



INTEGRAÇÃO ENTRE PESQUISA-ENSINO-EXTENSÃO: APLICAÇÃO NA DISCIPLINA DE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

INTEGRATION BETWEEN RESEARCH, TEACHING, AND EXTENSION: APPLICATION IN THE PRODUCT
DEVELOPMENT PROCESS DISCIPLINE

Camila Fabrício Poltronieri¹, Nelson Dias da Costa Júnior²,
José Carlos de Toledo³, Maico Roris Severino⁴

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v43p208-227.2024

RESUMO: Os cursos de Engenharia têm apresentado um número considerável de evasão, ao mesmo tempo a utilização de metodologias ativas tem se propagado e pode ser um dos meios de amenizar a desistência dos alunos desses cursos. Outra forma a ser considerada é a inserção da extensão ao longo do curso como forma de proporcionar ao aluno a experiência prática, incentivando-o, mesmo antes de se formar, a aplicar os conhecimentos adquiridos. Em busca de tornar o ensino mais dinâmico e proporcionar a junção entre ensino-pesquisa-extensão, este artigo relata um projeto que ocorreu dentro da disciplina de Processo de Desenvolvimento de Produtos do curso de Engenharia de Produção em uma universidade pública brasileira localizada no Centro-Oeste do país, o qual envolveu uma comunidade extrativista. Por meio disso, os alunos puderam colocar em prática o conhecimento teórico aprendido durante a disciplina, além de desenvolver a habilidade de trabalho em grupo, de se comunicar de forma clara, passando seus conhecimentos para a comunidade externa que não tinha o conhecimento teórico que eles tinham, além de ampliar a percepção do foco de atuação de um engenheiro de produção. Para a comunidade, foi importante essa participação, pois juntamente com o projeto de pesquisa e com as contribuições vindas dos alunos da disciplina, está em fase de desenvolvimento equipamentos que irão trazer maior produtividade e segurança para eles. Por fim, apresenta-se uma proposição de integração entre ensino-pesquisa-extensão que pode servir de apoio para aplicação em outras disciplinas.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia de Produção; metodologia ativa; Processo de Desenvolvimento de Produtos.

ABSTRACT: Engineering courses have seen a considerable dropout rate, while the use of active methodologies has been spreading and can be one of the means to retain students in engineering courses. Another consideration is the integration of extension throughout the course to provide students with practical experience, encouraging them to apply the knowledge acquired even before graduation. In an effort to make teaching more dynamic and to promote the integration of teaching, research, and extension, this article reports on a project that took place within the Product Development Process discipline of the Production Engineering course at a public university in the Midwest region of Brazil, involving an extractive community. Through this project, students were able to put into practice the theoretical knowledge learned during the course, as well as develop teamwork skills and clear communication, conveying their knowledge to the external community that lacked the theoretical knowledge they possessed. Additionally, it expanded the perception of the focus of a production engineer's work. For the community, this participation was important as, together with the research project and contributions from the students in the discipline, equipment is being developed to bring greater productivity and safety to them. Finally, a proposal for integrating teaching, research, and extension is presented, which can serve as support for application in other disciplines.

KEYWORDS: Production Engineering; active methodology; Product Development Process.

¹ Professora, Doutora, Universidade Federal de Goiás (UFG), camilafabricio@ufg.br

² Técnico, Mestre, Universidade Federal de Goiás (UFG), nelson.junior@ufg.br

³ Professor, Doutor, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), toledo@dep.ufscar.br

⁴ Professor, Doutor, Universidade Federal de Goiás (UFG), maico_severino@ufg.br



INTRODUÇÃO

Segundo o INEP (INEP, 2023), no último ciclo mensurado, de 2018 a 2022, dos pouco mais de 292 mil ingressantes de Engenharia no Brasil, aproximadamente 170 mil desistiram antes de completar o curso. No recorte das universidades públicas, o percentual de desistentes chega a quase 44%. Essa crescente evasão nos cursos de Engenharia aponta para a necessidade de se repensar as práticas educativas, de forma que as metodologias ativas emergem como uma das respostas a esses desafios, possibilitando uma aprendizagem mais envolvente e podendo ser também um importante instrumento para integrar as dimensões de ensino, pesquisa e extensão. A iniciativa CDIO (*Conceiving — Designing — Implementing — Operating*) é um exemplo de busca por uma abordagem educacional mais integrativa a partir de metodologias ativas, pois é centrada na formação de engenheiros e profissionais capazes de conceber soluções, projetá-las, implementá-las e operá-las de maneira eficiente (CDIO, 2024; CRAWLEY et al., 2014).

Esse processo de formação também se conecta com as demandas tecnológicas da quarta revolução industrial, pois há a necessidade de os estudantes de Engenharia serem capazes de combinar a aprendizagem técnica com outras aprendizagens culturais, antropológicas e sociológicas (MAPALING; LOURENS, 2022). Isso vai ao encontro das conclusões de Silveira et al. (2022), que apontaram a necessidade de deixar o puro tecnicismo de lado e preparar os futuros engenheiros para contribuir com a qualidade de vida da sociedade.

As atividades de extensão podem, portanto, fazer parte dessa estratégia, pois são atividades que constituem processos interdisciplinares e podem promover a interação transformadora entre as Instituições de Ensino Superior e outros setores da sociedade, e em articulação permanente com o ensino e a pesquisa (CNE, 2018; SILVEIRA et al., 2022). No contexto brasileiro, surge a proposta do Conselho Nacional de Educação de inserir formalmente nos currículos as atividades de extensão com a finalidade de contribuir para a formação de profissionais engajados, conscientes e promovendo a aplicação do conhecimento em situações do mundo real (CNE, 2018). Experiências relatam que esse tipo de método permite despertar interesse e motivação dos discentes no processo de aprendizagem (COLANZI et al., 2023).

Apesar disso, Wint e Nyamapfene (2023) identificaram um contexto desfavorável a estudos em Educação em Engenharia, apontando a falta de fomento e financiamento de programas mais estruturados de pesquisa. Segundo



os autores, esse tipo de pesquisa, especialmente na Europa, em geral é conduzido por acadêmicos que são pessoalmente motivados e envolvidos com essa temática, necessitando de maiores incentivos para que se crie um ambiente de pesquisa na área mais robusto e bem estruturado.

O presente trabalho tem como objetivo descrever uma experiência educacional, integrando ensino, pesquisa e extensão, na disciplina de Processo Desenvolvimento de Produtos do curso de Engenharia de Produção de uma universidade pública localizada no Centro-Oeste do Brasil.

REFERENCIAL TEÓRICO

No âmbito da Educação em Engenharia, a busca por métodos pedagógicos eficazes tem se manifestado em diversas abordagens inovadoras. A literatura revela um panorama em que as metodologias ativas emergem como protagonistas em aplicações que transcendem as fronteiras tradicionais da educação. Assim, essa revisão bibliográfica busca apresentar a iniciativa CDIO, uma importante referência acerca de novas práticas educacionais no ensino superior em Engenharia, além de mapear aplicações diversificadas na integração entre ensino, pesquisa e extensão universitária.

Concepção, Projeto, Implementação e Operação (*Conceive, Design, Implement, Operate* – CDIO)

A iniciativa CDIO prevê uma abordagem da educação definida pelas quatro letras que ela carrega: concepção, projeto, implementação e operação de produtos, processos e sistemas (CDIO, 2024). As características marcantes da visão dessa abordagem são os resultados de aprendizagem claramente articulados, um currículo integrado, experiências de básicas a avançadas em projeto-implementação, aprendizagem ativa e experiencial, monitoramento robusto de aprendizagem e avaliação dos cursos de engenharia (CRAWLEY et al., 2014).

O contexto atual da prática de engenharia inclui fatores em evolução como sustentabilidade, globalização, inovação, liderança e empreendedorismo. A justificativa para adotar o CDIO é que ele descreve o que os engenheiros fazem e é a base para alcançar o conhecimento, as habilidades e as atitudes desejadas pelas partes interessadas no Ensino de Engenharia (CRAWLEY et al., 2014).



Tentativas práticas para implementar currículos alinhados com a abordagem CDIO são realizadas em diversos trabalhos com contextos e localidades distintas. É possível vislumbrar aplicações em cursos graduação e pós-graduação e em vertentes como Engenharia de Software (TANVEER; USMAN, 2022), Engenharias Elétrica e Eletrônica (ZHANG; SHEN; WANG, 2021), Engenharia Marítima (SOUPPEZ; AWOTWE, 2022), Engenharia Logística (LIU et al., 2021), Engenharias de Minas e Civil (MASFERRER et al., 2021) e até mesmo no ensino de Informática para Engenharia (SONG, 2022; SUN; FU, 2021; WANG; CUI; WANG, 2022). Edström (2020) apresenta um apanhado histórico dessa temática nos Estados Unidos e na Europa e defende a necessidade de equilibrar a dualidade entre didática e consideração para uso, ou seja, parte dos desafios giram em torno do nível de complexidade dos problemas a serem estudados e da conexão deles com a realidade prática.

Integração ensino, pesquisa e extensão

As dimensões de ensino, pesquisa e extensão, em geral, no Brasil, são colocadas como desafios pouco integrados no ensino superior; alguns autores abordam a temática partindo dessa perspectiva (OLIVEIRA; SANTOS, 2022). Nos últimos anos essa integração tem sido discutida com maior profundidade, levando o Conselho Nacional de Educação a propor o que ficou conhecido como curricularização da extensão, regulamentando que as atividades de extensão devem compor, no mínimo, dez por cento do total da carga horária curricular estudantil dos cursos de graduação (CNE, 2018).

Além disso, a combinação entre a difusão de tecnologias da Indústria 4.0 e a pandemia da COVID-19 criou um sentido de urgência em direção a colaborações entre as universidades e a sociedade, no que tange à formação de profissionais, criação de conhecimento e inovação tecnológica (PISTRUI; KLEINKE; DAS, 2022). Nesse contexto, apresenta-se a também necessidade de organização do processo educacional de forma a estimular o discente a ser mais autônomo e permitir seu desenvolvimento pessoal e profissional (SOARES; PESSOA; SANTOS, 2023). Assim, Pistrui, Kleinke e Das (2022) propuseram um modelo de ensino para que os estudantes desenvolvessem competências na resolução de problemas reais e complexos na indústria. Esse tipo de interação entre aprendizado e mundo real se torna cada vez mais necessário, visto que casos hipotéticos e simulados em sala de aula podem não corresponder ao nível de complexidade exigido quando o profissional em formação se depara com casos reais.



Isso é corroborado pelo relato de Colanzi et al. (2023), que apresentaram uma integração entre extensão universitária e uma metodologia de aprendizagem ativa. Entre os pontos positivos elencados ao final, os autores destacaram a motivação dos discentes e a oportunidade de desenvolver *soft skills*. A aquisição desse tipo de habilidade também é ressaltada por Pereira et al. (2023), destacando-se resolução de problemas, trabalho em equipe, gerenciamento de tempo, reflexão crítica e relacionamento interpessoal, sem deixar de lado as *hard skills*, tais como conhecimentos de produtos e processos, interpretação de resultados, conhecimentos matemáticos, implantação de técnicas da qualidade e execução de projetos.

Durante esse processo, um ponto importante a ser observado é o interesse dos estudantes em se engajar em projetos mais práticos e interativos. Para isso, tem-se tentado a utilização de metodologias ativas (COLANZI et al., 2023), que buscam complementar ou até mesmo substituir o ensino tradicional em sala de aula. Exemplos disso, apresentados por Erp (2023), são o aprendizado baseado em projeto (*Project Based Learning – PBL*), aprendizado baseado em pesquisa (*Research Based Learning – RBL*) e aprendizado baseado em caso (*Case Based Learning – CBL*).

Abordagem recorrente no contexto das metodologias ativas (COLANZI et al., 2023; ERP, 2023; OLIVEIRA; SANTIAGO, 2023), o PBL foi analisado por Hagedorn, Theresa e Rainer (2023) no andamento do projeto semestral de Engenharia do Departamento de Tecnologia da Informação Industrial da Technische Universität Berlin. O projeto foi concebido para treinar estudantes em conhecimentos de engenharia, integrar conhecimentos interdisciplinares e promover a cooperação em equipes multidisciplinares. Essas equipes passaram por todo o processo de desenvolvimento de produto, desde a concepção inicial até a implementação de um protótipo (ou *digital twin*). Oliveira e Santiago (2023) chamam atenção à necessidade de formação continuada de docentes para não gerar um descompasso no processo de ensino-aprendizagem que tem por base o PBL.

Além disso, é possível integrar variados tipos de abordagem para atingir os objetivos de aprendizado desejados. O próprio trabalho de Erp (2023) propõe uma estrutura de educação em Engenharia de Produção baseada na combinação entre PBL, RBL e CBL. Entre os resultados, a autoavaliação dos alunos mostrou um aumento nas habilidades e competências para o gerenciamento de projetos complexos. Outro tipo de abordagem possível é a gamificação, que consiste em implementar jogos ao longo do processo educacional, de forma a gerar engajamento, competição e cooperação. Um exemplo é abordado por Urgo et



al. (2022), que propõe uma estrutura de jogos no ensino de Engenharia de Produção para projeto e análise de sistemas de manufatura.

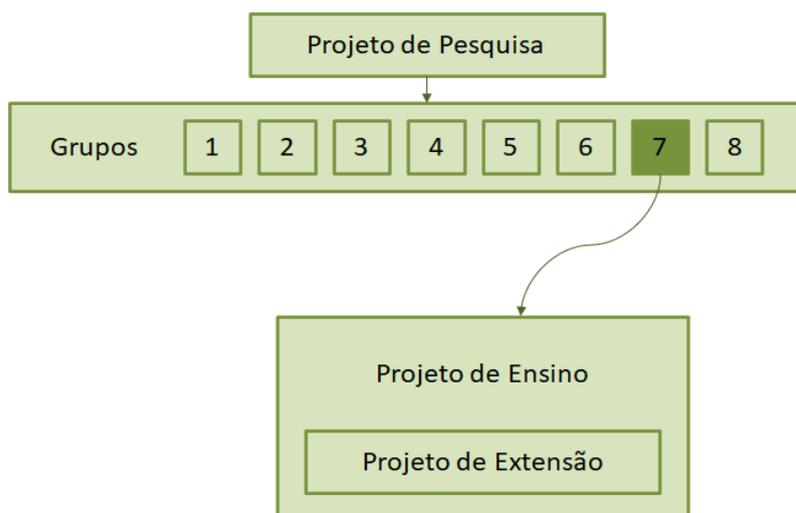
É importante que esse processo educacional apresente, desde sua origem, objetivos de aprendizagem claros, que possam ser mensurados e avaliados ao final. É o que propõem Behrenbeck et al. (2020), que ministraram um curso de desenvolvimento de produtos com dez objetivos de aprendizagem e indicadores comportamentais, tais como previsão de mudanças, avaliação de riscos futuros, identificação de oportunidades, aprendizado com a falha, valorização do trabalho em equipe, curiosidade, atenção e aproveitamento de recursos disponíveis. À medida que estes processos vão sendo construídos e aprimorados conjuntamente com as metodologias ativas, o processo ensino-aprendizagem concebe autonomia aos discentes e complementa o seu desenvolvimento cognitivo (SOARES; PESSOA; SANTOS, 2023).

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Nesta seção, apresenta-se o passo a passo para integração de pesquisa e extensão junto à disciplina de Processo de Desenvolvimento de Produtos do curso de Engenharia de Produção de uma universidade pública no Centro-Oeste do Brasil.

O projeto de pesquisa em questão teve início em abril de 2022 e recebeu financiamento da FAPEG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás). A partir disso, surgiu a oportunidade de integrar tal projeto com a disciplina citada anteriormente, tendo como participação estudantes da disciplina, membros do projeto de pesquisa e da comunidade foco da pesquisa, tornando-se assim um projeto de extensão realizado dentro da disciplina e em conjunto com o projeto de pesquisa (Figura 1). O projeto de pesquisa é formado por oito grupos, que serão explicados a seguir. O grupo que será relatado no presente artigo é o grupo 7, o qual é destinado ao desenvolvimento de equipamentos para extração de partes dos frutos.

Figura 1 – Relação entre ensino-pesquisa-extensão



Fonte: elaborada pelos autores.

O projeto de pesquisa tem como foco o estudo de cadeias de suprimentos sustentáveis de produtos com valor agregado de frutos do Cerrado para uso industrial e geração de renda para comunidades extrativistas do nordeste de Goiás. Para desenvolvê-lo, foi feita uma divisão em oito grupos, tendo cada um deles um enfoque e uma equipe diferente. A equipe é formada por discentes da graduação e pós-graduação, bem como docentes e pesquisadores de diferentes áreas, tais como Engenharia de Produção, Química, Farmácia e Nutrição. Além disso, estão envolvidos nesse projeto três diferentes universidades federais, sendo duas do estado de Goiás e uma do estado de São Paulo. O enfoque de cada um dos grupos é: 1. estudo socioeconômico e sociobiodiversidade; 2. extração das partes subexploradas/residuais e dos pigmentos; 3. caracterização dos componentes químicos; 4. avaliação do potencial nutricional e de bioacessibilidade; 5. avaliação enzimática para identificar agentes antienvhecimento e clareadores da pele; 6. estudo do potencial antioxidante e de citotoxicidade; 7. projeto e manufatura de uma tecnologia social para obtenção de insumos industriais a partir dos frutos do Cerrado; e 8. estudo da cadeia de suprimentos sustentável.

O grupo descrito neste artigo é o grupo 7, o qual é responsável pelo desenvolvimento dos equipamentos para extração das partes dos seguintes frutos do cerrado que estão sendo estudados no projeto: pequi, cajuzinho, mangaba, buri, buriti e jatobá. Devido às características sensoriais atrativas e aos valores nutricionais, geralmente esses frutos são comercializados informalmente por comunidades extrativistas locais para consumo *in natura* ou minimamente



processados. Portanto, busca-se com o projeto explorar o patrimônio genético de forma sustentável, agregando valor às cadeias dos produtos, conservando o meio ambiente, bem como gerando renda para as comunidades extrativistas. Para que se possa contribuir para a geração de renda, há a necessidade de se desenvolver, juntamente com a comunidade local, equipamentos de fácil manuseio e de baixos custos de aquisição e de operação, e que envolvam tecnologias em prol da conservação da natureza e valorização da sociobiodiversidade. Foi para resolver esse aspecto que o grupo 7 – composto por cinco membros, sendo dois professores e três alunos de graduação – se dedicou ao desenvolvimento de equipamentos para cada um dos frutos abordados no projeto de pesquisa.

Durante o desenvolvimento do projeto de pesquisa, surgiu a oportunidade de envolver os alunos da disciplina de Processo de Desenvolvimento de Produtos, fazendo com que os produtos que eles tinham que desenvolver durante a disciplina fossem os equipamentos que o projeto de pesquisa estava desenvolvendo. Dessa forma, seriam mais pessoas pensando em uma solução. Além disso, os alunos teriam a oportunidade de aprender os conceitos da disciplina ao mesmo tempo que desenvolviam um produto que teria utilidade de fato. Como os alunos da disciplina estavam auxiliando no desenvolvimento de um produto para uma comunidade externa à universidade, o projeto foi cadastrado como de extensão.

Antes do início da integração entre ensino-pesquisa-extensão, foram realizadas algumas reuniões com todos os membros do grupo 7 do projeto de pesquisa para que pudesse ser feito o planejamento, bem como foi elaborado um cronograma a ser seguido pelos alunos da disciplina e foi realizado o cadastrado do projeto de extensão.

A disciplina teve um total de 16 semanas, com três aulas de 1 hora e 40 minutos por semana. A parte referente ao desenvolvimento do produto em si do equipamento ocupou aproximadamente 50% da carga horária. Na Figura 2 é possível observar quantas aulas foram dedicadas ao projeto de desenvolvimento dos equipamentos, bem como os tópicos abordados em cada uma delas (a explicação e o detalhamento de cada um deles serão apresentados no item de resultados deste artigo). O final do projeto ocorreu na semana oito, contando com a apresentação dos projetos dos equipamentos para os membros do projeto de pesquisa e da comunidade alvo da pesquisa.



Figura 2 – Quantidade de aulas por tópicos abordados

Semana	Quantidade de aulas	Tópico
1	3	Introdução/explicação do trabalho
2	3	Planejamento do projeto
3	3	Projeto informacional
4	3	Projeto conceitual
5	3	Projeto detalhado
6	3	Preparação produção/ lançamento/ acompanhar/ descontinuar
7	2	Finalizar e criar apresentação
8	2	Apresentação

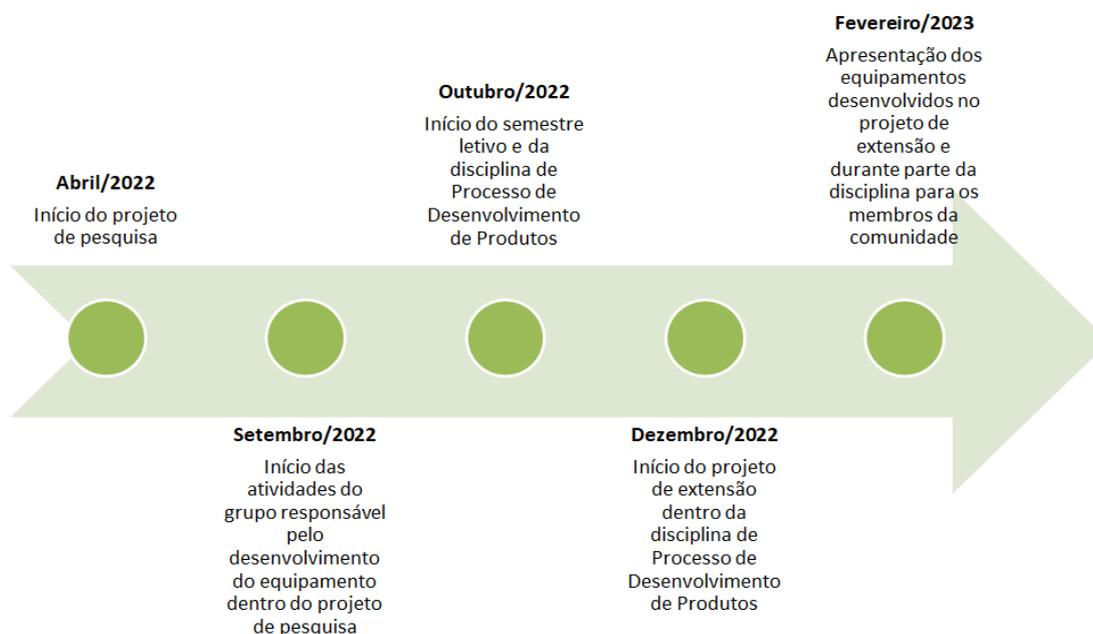
Fonte: elaborada pelos autores.

Um total de 22 alunos de graduação participaram da disciplina e do projeto de extensão, sendo 20 alunos da disciplina de Processo de Desenvolvimento de Produtos, três membros do projeto de pesquisa e um deles membro do projeto de pesquisa e ao mesmo tempo aluno da disciplina. O total de professores envolvidos foi de dois, sendo que eles atuaram tanto no projeto de pesquisa quanto na extensão; um dos professores também foi o professor da disciplina. Com base nos resultados obtidos na disciplina, foi possível dar continuidade para que os equipamentos fossem aprimorados e de fato construídos, tendo a possibilidade de resultar em patente, novos artigos e o principal para a comunidade que são os equipamentos para que eles possam ganhar em produtividade e segurança.

A seguir é apresentada a linha do tempo (Figura 3) em que é possível acompanhar a evolução ao longo do tempo dos procedimentos adotados para integração entre ensino, pesquisa e extensão.



Figura 3 – Evolução ao longo do tempo



Fonte: elaborada pelos autores.

Durante a apresentação final dos equipamentos desenvolvidos ao longo de parte da disciplina e do projeto de extensão foram geradas sugestões de melhorias. Essas sugestões partiram tanto dos integrantes dos outros grupos do projeto de pesquisa quanto da comunidade em questão. A partir dessas informações, os participantes do grupo 7 do projeto de pesquisa responsável pelo desenvolvimento dos equipamentos começaram a trabalhar para que os equipamentos fossem aprimorados e conseqüentemente construídos. Como a disciplina terminou juntamente com a apresentação do trabalho, os alunos da disciplina não acompanharam os próximos passos para a construção dos equipamentos.

RESULTADOS

A integração entre pesquisa-ensino-extensão produziu ganhos e aprendizados para todas as partes interessadas, ou seja, alunos, pesquisadores e comunidade envolvida. A seguir será detalhado como ocorreu a integração.

No início de dezembro de 2022 foi realizada uma apresentação para os discentes da disciplina de Processo de Desenvolvimento de Produtos de como seria



a metodologia que uniria o ensino, a pesquisa e a extensão. Essa apresentação também contou com a participação do professor coordenador do projeto de pesquisa e com os estudantes de Iniciação Científica (IC) participantes do projeto de pesquisa. Nela foram apresentados o projeto de pesquisa em si, seus objetivos, além de se passar informações coletadas diretamente na comunidade em questão durante uma visita *in loco* que aconteceu com parte dos membros do projeto de pesquisa, fazendo com que os alunos da disciplina pudessem compreender melhor os desafios e a realidade da comunidade em questão. Infelizmente não seria possível que todos os estudantes da disciplina fizessem essa visita devido à longa distância, de aproximadamente 500 km do local em que os discentes estavam. Portanto, esse contato inicial com o coordenador do projeto de pesquisa e com os estudantes de IC que visitaram a comunidade foi de grande importância para que os discentes pudessem entrar em contato com a realidade na qual os equipamentos a serem desenvolvidos seriam utilizados.

A participação dos alunos de IC não ficou restrita apenas à apresentação inicial; eles atuaram como uma espécie de tutores e acompanharam os discentes da disciplina durante todo o projeto de extensão, ficando cada um deles responsável pelo acompanhamento de dois grupos diferentes. No total, foram formados seis grupos contendo cada um deles de três a quatro membros, e cada um dos grupos ficou responsável pelo desenvolvimento do equipamento para um fruto diferente: pequi, baru, buriti, mangaba, cajuzinho do cerrado e jatobá. Nesse mesmo dia já foi apresentado o fruto com o qual o grupo iria trabalhar, bem como quem seria o tutor responsável por auxiliar o grupo. Além disso, pediu-se para que eles definissem como seria o contato com o monitor, qual a periodicidade, se seria de forma presencial, *on-line* entre outros detalhes.

O projeto desenvolvido durante a disciplina representou 75% da nota final e o detalhamento da nota ficou da seguinte forma: 35% nota referente às entregas semanais realizadas durante as etapas do projeto de extensão, 35% nota referente à apresentação final do projeto para a comunidade e 5% referente à avaliação dos pares. As entregas semanais serão detalhadas no tópico a seguir, no qual será explicada a dinâmica das aulas. O grupo que apenas enviasse a apresentação via sistema, mas não a apresentasse, ficaria com zero. Cada grupo contou semanalmente com dez minutos para realizar a apresentação e cinco minutos para questionamentos. A avaliação da apresentação final foi composta pela nota da professora responsável pela disciplina, coordenadora do projeto de extensão e membro do projeto de pesquisa, bem como pelo professor coordenador do projeto de pesquisa e vice-coordenador do projeto de extensão. A apresentação



final foi realizada de forma *on-line* para que pudesse contar com a participação dos membros da comunidade e com os demais membros participantes do projeto de pesquisa que estão locados em outras universidades. No dia da apresentação final estiveram presentes não só os dois professores que atribuíram as notas, mas também os três tutores e alunos de IC, bem como nove pessoas externas, as quais eram da comunidade que será beneficiada diretamente pelo projeto, e membros do projeto de pesquisa em questão. Esses membros do projeto de pesquisa eram pessoas que atuavam em outros grupos dentro do projeto de pesquisa e, portanto, não acompanharam o desenvolvimento dos equipamentos, porém, tinham grande conhecimento dos frutos em questão e puderam contribuir bastante com sugestões e questionamentos sobre os equipamentos desenvolvidos. A avaliação dos pares foi constituída por uma avaliação realizada no final da disciplina em que cada um dos membros do grupo de alunos deu uma nota de 0 a 10 para cada um dos membros de sua equipe, inclusive para si próprio, bem como por uma justificativa para a nota e apresentação de um ponto positivo e de um ponto a ser melhorado para cada um dos membros, não sendo permitido ter mais do que duas notas iguais.

Aspectos abordados durante a disciplina

Os alunos puderam vivenciar na prática como se dá o processo de desenvolvimento, sendo que, semanalmente, era designada uma aula para teoria ministrada pela professora, de forma expositiva; uma aula para que os alunos pudessem desenvolver os tópicos passados pela professora aquela semana; e uma aula para realizar a apresentação do que foi desenvolvido na semana anterior. Por exemplo, de acordo com a Figura 2, na semana 3, uma das três aulas ministradas naquela semana era de teoria sobre projeto informacional. Durante a aula expositiva a professora, além de passar os conceitos teóricos sobre projeto informacional e dar exemplos, também destacava quais os aspectos do projeto deveriam ser desenvolvidos pelos alunos para que se pudesse concluir nessa etapa a entrega. A metodologia seguida teve como base o livro *Gestão de Desenvolvimento de Produtos* (ROZENFELD et al., 2006). Na segunda aula da semana 3, os discentes tinham que desenvolver em grupos o que foi proposto pela professora na aula 1 daquela semana, e o que não fosse possível finalizar deveria ser terminado após a aula, dentro do prazo de uma semana, devendo ser entregue via sistema digital uma apresentação com os resultados na aula da semana seguinte. No caso específico do projeto informacional, os alunos deveriam



aproveitar essa segunda aula da semana 3 para revisar e atualizar o escopo, pesquisar produtos concorrentes e similares, bem como fazer o QFD. Na aula 3 da semana 3, os alunos se dedicavam a apresentar o que havia sido desenvolvido na semana 2 referente ao Planejamento do Projeto. Assim seguiu-se ao longo de todo projeto, contando com uma aula para teoria e exemplos, uma aula para realizar o projeto e contar com a ajuda da professora para tirar dúvidas e uma aula para apresentação, sendo que entre a aula em que a teoria foi dada e os alunos iniciaram o desenvolvimento e a apresentação em si transcorria uma semana.

A seguir são apresentados (Quadro 1) os principais tópicos abordados em cada uma das etapas segundo o modelo de desenvolvimento de produto desenvolvido por Rozenfeld et al. (2006). A única etapa que foi dada só a parte teórica preconizada pelo modelo utilizado foi a do Planejamento estratégico do produto pelo fato de que não havia uma empresa e que os produtos já estavam definidos. As demais etapas do modelo de Rozenfeld et. al (2006) foram abordadas na disciplina e os alunos precisaram desenvolver atividades para cada uma delas, embora nem todas as subetapas tenham sido alvo de atividades. Isso ocorreu em razão de que o próprio modelo expõe que cada empresa e cada aplicação deve adaptar o modelo desenvolvido pelos autores e foi isso que foi feito na disciplina, por intermédio da professora, que definiu previamente o que os alunos deveriam desenvolver, embora ela tenha passado todo o conteúdo do modelo de Rozenfeld et al. (2006).

Quadro 1 – Detalhamento das entregas de cada uma das etapas

Etapa	Entregas
Planejamento do projeto	Definir as partes interessadas
	Definir o escopo do produto
	Avaliar os riscos (SWOT)
	Definir indicadores de desempenho para acompanhamento dos grupos
Projeto informacional	Revisar e atualizar o escopo: Pesquisar padrões / normas, patentes e legislação; pesquisar produtos concorrentes e similares em sites
	Fazer o QFD: definir requisitos dos clientes, transformar os requisitos dos clientes em requisitos do produto, estabelecer especificações meta
Projeto conceitual	Modelar funcionalmente o produto
	Desenvolver princípios de solução para as funções e desenvolver as alternativas de solução para o problema (Matriz morfológica)
	Definir a arquitetura do produto
	Analisar sistemas, subsistemas e componentes (SSC)
	Levantar o preço dos componentes do equipamento
Projeto detalhado	Analisar as possíveis falhas dos componentes do produto (FMEA do produto)



	Desenvolver um manual sobre como utilizar o produto
	Planejar fim de vida de produto
Preparação da produção	Definir o que seria necessário (em termos de estrutura da fábrica) para produção do produto
Lançamento do produto	Desenvolver processo de venda e distribuição
	Promover o marketing de lançamento
Acompanhar produto e processo	Montar plano para avaliar a satisfação dos clientes
Descontinuar o produto	Avaliar o projeto como um todo

Fonte: elaborado pelos autores.

Resumindo, os alunos tinham uma semana para finalizar o desenvolvimento de cada uma das etapas e enviar via sistema uma apresentação. Toda terceira aula da semana os discentes tinham que apresentar, sendo que todos os membros do grupo precisavam participar da apresentação. No final da apresentação eles precisavam apresentar o desempenho dos indicadores criados por eles na fase de planejamento do projeto. Esses indicadores serviam para avaliar geralmente o desempenho dos membros do grupo quanto ao comprometimento e entregas, bem como quanto ao desenvolvimento das entregas durante as aulas definidas para isso.

Na apresentação final, realizada na semana 8, que aconteceu em fevereiro de 2023, cada grupo teve que preparar um vídeo de no máximo 10 minutos. O vídeo teve que ser enviado para uma pasta compartilhada entre a professora e os discentes até o dia anterior à apresentação. Depois a professora enviou os vídeos para seu canal no *YouTube*, sendo que somente as pessoas com o *link* teriam acesso. A apresentação final ocorreu no formato *on-line* justamente para facilitar a participação dos membros externos. A dinâmica da aula foi a seguinte: apresentação do vídeo pela professora seguida de questionamentos por parte dos professores, membros externos, monitores e demais discentes. A maior participação se deu por parte dos professores e público externo que contribuiu bastante e ajudou sugerindo novas ideias a partir dessa interação. No total, foi programado para que cada grupo tivesse 30 minutos, sendo 10 da apresentação do vídeo e 20 para questionamentos. Os *links* para os vídeos foram compartilhados com os membros externos que tiveram interesse em rever posteriormente.

Avaliação por parte dos alunos

De acordo com a avaliação feita com os alunos no final do semestre, por meio de perguntas via *Google Forms* (Quadro 2), foi possível notar que, dos 18 alunos



que participaram da pesquisa, 10 deles gostaram muito da forma de avaliação adotada com entregas frequentes, bem como 7 alunos destacaram a metodologia utilizada em que se buscou integrar teoria e prática. Como as perguntas eram abertas, considera-se esse resultado positivo, tendo em vista que foi somente perguntado quais seriam os pontos que deveriam ser mantidos em futuras turmas e quais deveriam ser melhorados, sem se ter dado opções para que os alunos escolhessem, mas procurando gerar neles uma visão crítica quanto à avaliação do processo de aprendizagem deles. Essa avaliação foi feita após as notas terem sido liberadas para que não tivesse nenhuma influência e os alunos se sentissem mais à vontade para emitir suas opiniões. Um dos alunos chegou a relatar: *“ver a teoria de desenvolvimento de produto e aplicar esses conceitos e conhecimentos simultaneamente em um projeto é muito produtivo e fixa melhor tudo o que foi visto”*. Um outro aluno relatou que as entregas frequentes contribuíram muito para não acumular vários conteúdos a serem apresentados de uma vez só, além de forçar os alunos a não deixarem para última hora a realização da atividade.

Um ponto foi divergente, sendo ele a questão do tempo de execução das etapas. Três alunos relataram que acharam o tempo dado muito bom, mas 9 disseram que para algumas etapas o tempo não foi suficiente. Um dos participantes chegou a destacar que isso poderia ter sido resolvido por meio de conversa com a docente, tendo em vista que havia semanas em que estavam mais ocupados com outras atividades além da disciplina em questão. Essa é uma questão que merece ser avaliada melhor nas futuras turmas. Outros dois pontos levantados como sugestões para próximas turmas, sendo que cada um deles foi levantado por apenas uma pessoa, foram: a questão de se ter uma parte na aula que aborde como fazer o desenho do equipamento através de *software* e o outro a respeito de se realizar uma pesquisa de mercado no início do projeto. Na verdade, eles utilizaram informações para desenvolver o equipamento passadas pelo professor coordenador do projeto de pesquisa, bem como por parte dos três alunos envolvidos no projeto de pesquisa que atuaram como tutores da disciplina, sendo que todos esses envolvidos fizeram viagem de campo até o local onde se encontra a comunidade alvo da pesquisa. Uma sugestão que surgiu dos *feedbacks* dados pelos alunos foi a ideia de se criar um campeonato, em que o grupo que realizar a melhor entrega semanal ganharia pontos, ajudando a motivar os alunos durante as entregas semanais.



Quadro 2 – Avaliação dos alunos

Pontos a serem mantidos	Pontos a serem melhorados
Forma de avaliação com entregas frequentes	Tempo de entrega de algumas etapas
Tempo de execução das etapas	Programa para desenhar o protótipo
Metodologia - desenvolvimento de um produto (teoria e prática)	Pesquisa de mercado no início

Fonte: elaborado pelos autores.

Um ponto que chamou a atenção se refere ao produto desenvolvido. Durante as apresentações, alguns alunos relataram que gostaram bastante da ideia de terem trabalhado para o desenvolvimento de um equipamento que teria grande potencial de ser produzido tendo em vista que estava atrelado a um projeto de extensão e de pesquisa. Todavia, na pesquisa feita no *Google Forms*, alguns alunos relataram que gostariam de ter tido a oportunidade de escolher o produto com o qual iriam trabalhar. Vale a pena ressaltar que no início do semestre foi escolhido por parte dos professores e tutores quais seriam os equipamentos com os quais cada grupo iria trabalhar, dando a oportunidade dos grupos apenas de escolherem quem seriam os membros da equipe com quem iriam trabalhar. Isso aconteceu justamente por se tratar de um desenvolvimento atrelado a um projeto de extensão e de pesquisa; portanto, a demanda já vinha por parte desses projetos. Vale ressaltar, porém, que se isso tivesse acontecido, eles não teriam tido a oportunidade de participar do projeto de extensão e pesquisa de que alguns relataram ter gostado. Percebe-se que esse também é um ponto importante na formação do aluno. Este, ao ir para o mercado de trabalho, na maioria das vezes, não poderá realizar esse tipo de escolha, muito menos com quem irá trabalhar, embora nesse caso esse último ponto tenha sido respeitado.

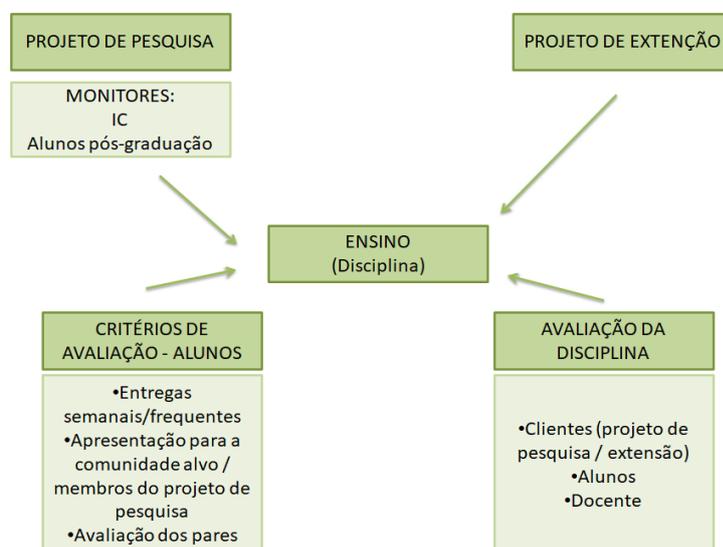
Também foi destacado que no final da disciplina houve uma palestra com uma engenheira de produção que trabalha com desenvolvimento de produto em uma multinacional que fabrica equipamentos voltados para construção, mineração entre outros. Segundo relato da palestrante, quando ela foi trabalhar nessa área da empresa, ela não tinha conhecimento algum sobre esse tipo de produto; ou seja, ao colocar os discentes para desenvolver algo que veio de uma necessidade externa, isso fez com que eles pudessem simular o que poderão vivenciar na prática. Segundo o depoimento de um dos alunos “o pensamento de desenvolver um produto que possa de fato ser criado é uma excelente ideia”.

Proposição de integração ensino-pesquisa-extensão

Apresenta-se, na Figura 4, uma proposta que poderá guiar novas integrações entre ensino-pesquisa-extensão. O ponto central é o docente da disciplina levantar possíveis parcerias com projetos de pesquisa e/ou extensão já existentes ou a serem desenvolvidos, verificando a possibilidade de incluir outros docentes. Caso tenha algum projeto de pesquisa com o qual seja possível realizar a parceria, a sugestão é usar os alunos envolvidos no projeto como monitores da disciplina. Caso não seja possível envolver um projeto de pesquisa, pode-se partir para a comunidade externa à academia para que uma parceria seja feita, surgindo a partir disso um projeto de extensão.

Um ponto importante é a avaliação tanto da disciplina em si quanto dos alunos da disciplina. A avaliação dos alunos seria constituída de entregas frequentes, nota da apresentação para a comunidade que recebeu o projeto e avaliação entre os próprios alunos. Caso tenha sido envolvido um projeto de pesquisa, participariam também os membros do projeto. Já a avaliação da disciplina seria uma avaliação final para avaliar em que ela poderia ser melhorada visando futuras turmas e, nesse caso, haveria o *feedback* dos próprios "clientes", que seriam as pessoas da comunidade no caso do projeto de extensão e os pesquisadores do projeto de pesquisa, bem como os próprios alunos, que poderiam dar sugestões de melhorias, e o docente, que poderia fazer uma autoavaliação com base em suas percepções e observações em sala de aula.

Figura 4 – Proposição para integração entre ensino-pesquisa-extensão



Fonte: elaborada pelos autores.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo buscou relatar a integração entre ensino, pesquisa e extensão envolvendo uma disciplina da graduação do curso de Engenharia de Produção, um projeto de extensão realizado dentro da disciplina, bem como um projeto de pesquisa envolvendo discentes da graduação, pós-graduação, docentes e pesquisadores de três diferentes universidades brasileiras localizadas em dois estados do país.

O aprendizado resultante dessa ação foi significativo. Por parte dos discentes da graduação foi importante essa iniciativa por diversos motivos: i) oportunidade de aprender a teoria do desenvolvimento de produtos e colocá-la em prática; ii) ao terem que apresentar para uma comunidade externa e que não tinham conhecimento sobre desenvolvimento de produtos, tiveram que desenvolver a habilidade de comunicação de forma que todos pudessem entender; iii) desenvolvimento da habilidade de trabalho em equipe, aprendendo a avaliar seus pares de trabalho assim como muitas vezes vão se deparar no mercado de trabalho; iv) desenvolvimento de um olhar sobre o prisma social, avaliando uma realidade que muitas vezes está distante do que estão acostumados a se deparar; e v) capacidade de ampliar a percepção de focos de atuação de um engenheiro de produção, não necessariamente indo trabalhar em indústrias, mas em ONGs e outras instituições do terceiro setor.

Com relação à comunidade em questão, foi interessante porque puderam contribuir com suas opiniões sobre o desenvolvimento dos equipamentos, expondo suas dificuldades, anseios e necessidades. Também foi interessante e valiosa essa integração entre os membros da academia com os membros da comunidade, provocando um crescimento pessoal e profissional de ambos os lados. Além disso, após o avanço alcançado durante a disciplina e o projeto de extensão, a próxima etapa do projeto de pesquisa, que é a finalização e construção dos equipamentos, ficará mais fácil de ser executada graças aos avanços já alcançados.

Como limitações do trabalho, pode-se citar o fato dele não ter sido aplicado em outras disciplinas e em outros semestres dessa mesma disciplina envolvendo outros projetos de pesquisas, portanto, sendo restrito a apenas um caso. Quanto a sugestões de trabalhos futuros, pode-se citar que mais iniciativas como essa sejam realizadas, não apenas em universidades brasileiras públicas, mas também nas privadas, bem como em outros países.



REFERÊNCIAS

- BEHRENBECK, J. et al. A Behavior-Centric Concept for Engineering Education in New Product Development. **Proceedings...** NordDesign, aug. 2020, Lyngby, Denmark. Disponível em: <https://www.designsociety.org/publication/42525/A+BehaviorCentric+Concept+for+Engineering+Education+in+New+Product+Development>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- CDIO. **What is a CDIO-based education?** Disponível em: <http://cdio.org/cdio-vision>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- CNE. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução no. 07/2018**. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regimenta o disposto na Meta 12.7 da Lei nº 13.005/2014, que aprova o Plano Nacional de Educação - PNE 2014-2024 e dá outras providências. 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secretaria-de-regulacao-e-supervisao-da-educacao-superior-seres/30000-uncategorised/62611-resolucoes-cne-ces-2018>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- COLANZI, T. E. et al. Practicing the Extension in Software Engineering Education: an Experience Report. **Proceedings...** XXXVII Brazilian Symposium on Software Engineering, 25 set. 2023, Campo Grande, Brazil. 2023. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3613372.3614196>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- CRAWLEY, E. F. et al. **Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach**. 2 ed. Springer: London, 2014.
- EDSTRÖM, K. The role of CDIO in engineering education research: Combining usefulness and scholarliness. **European Journal of Engineering Education**, v. 45, n. 1, p. 113-127, 2020.
- ERP, T. Combining Research-, Project-, and Case-Based Learning in Higher Manufacturing Engineering Education. In: Kohl, H., Seliger, G., Dietrich, F. (eds). Global Conference on Sustainable Manufacturing (GCSM), 2022. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, p. 1016-1024, Springer: Cham, 2023.
- HAGEDORN, L.; THERESA, R.; RAINER, S. Project-based learning in Engineering Education: Developing digital twins in a case study. **Proceedings...** International Conference on Engineering Design (ICED), Bordeaux, France. v. 3, p. 2975-2984, 2023.
- INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira Inep. **Indicadores de Fluxo da Educação Superior**, Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/indicadores-educacionais/indicadores-de-fluxo-da-educacao-superior>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- LIU, Y. et al. Practical Personnel Training Mode of Logistics Engineering Specialty Based on CDIO Concept Under the Background of Emerging Engineering Education. In: HU, Z. et al. (eds). The International Conference on Artificial Intelligence and Logistics Engineering (ICAILE), 2021. **Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies**, v. 82, p. 190-199, Springer: Cham, 2021.
- MAPALING, C.; LOURENS, A. Positioning an integrated engineering education unit within a School of Engineering in the South African context. **Proceedings...** World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC), Cape Town, South Africa, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9996232>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- MASFERRER, J. A. R. et al. Experiences in CDIO Methodology in Mining Engineering and Civil Engineering. **Proceedings...** VI International Conference on Learning, Innovation and Cooperation, Madrid, Spain, 2021. Disponível em: <https://ceur-ws.org/Vol-3129/paper114.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2024.



- OLIVEIRA, C. M. R.; SANTOS, M. S. F. Educação em Engenharia de Produção: ensino, pesquisa e extensão em uma IES do Nordeste. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 41, p. 16-28, 2022.
- OLIVEIRA, G. M. F.; SANTIAGO, M. M. L. Metodologia PBL e a importância da formação continuada em serviço nos cursos de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 42, p. 258-274, 2023.
- PEREIRA, L. et al. Análise das habilidades desenvolvidas no curso de Engenharia de Produção na visão de seus egressos. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 42, p. 54-69, 2023.
- PISTRUI, D.; KLEINKE, D.; DAS, S. The Third Path: A New Approach to Industry-based Undergraduate Engineering and Technical Education in the United States. **Proceedings...** ASEE Annual Conference and Exposition, 23 aug. Minneapolis, USA, 2022. Disponível em: <https://peer.asee.org/41864>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- SILVEIRA, G. T. R. et al. Importância da curricularização da extensão no curso de Engenharia Civil. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 41, p. 276-283, 2022.
- SONG, X. Application Research of CDIO Education Initiative in Reforming Online-Offline Hybrid Teaching of "Software Testing" Course. **Proceedings...** IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE), Hung Hom, Hong Kong, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10148451>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- SOARES, J. C. V.; PESSOA, F. A.; SANTOS, R. Mapeamento de contextos educacionais para a implementação de estratégias de metodologias ativas em cursos de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 42, p. 348-361, 2023.
- SOUPPEZ, J.-B. R. G.; AWOTWE, T. W. The Conceive Design Implement Operate (CDIO) Initiative: An Engineering Pedagogy Applied To The Education Of Maritime Engineers. **International Journal of Maritime Engineering**, v. 164, n. A4, p. A405-A413, 2022.
- SUN, Y.; FU, R. IKP-CDIO: exploration and practice on teaching framework of embedding ideological education into engineering curriculum. **Proceedings...** 5th International Conference on Education and E-Learning (ICEEL), 2021. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3502434.3502455>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- TANVEER, B.; USMAN, M. An Empirical Study on the Use of CDIO in Software Engineering Education. **IEEE Transactions on Education**, v. 65, n 4, p. 684-694, nov. 2022.
- URGO, M. et al. Design of serious games in engineering education: An application to the configuration and analysis of manufacturing systems. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 36, p. 172-184, 2022.
- WANG, X.; CUI, L.; WANG, S. Research on the Application of CDIO Engineering Education Model Under the Background of Big Data. **Proceedings...** International Conference on Computer Applications Technology (CCAT), Guangzhou, China, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10006780>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- WINT, N.; NYAMAPFENE, A. The development of engineering education research: a UK based case study. **European Journal of Engineering Education**, v. 48, n. 2, p. 197-220, 2023.
- ZHANG, M.; SHEN, X.; WANG, D. Research on the Reform "Electrical Engineering and Electronics" Based on the CDIO Education Model. **Proceedings...** IEEE Conference on Telecommunications, Optics and Computer Science (TOCS), Shenyang, China, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9688903>. Acesso em: 05 mar. 2024.