APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA ECONOMIA CIRCULAR EM UM PROJETO DE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EM UM CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Gabriella Vitorino Guimarães[1]

Resumo: As universidades assumem um papel importante na transição da economia linear para a economia circular, formando cidadãos/profissionais éticos, justos, ambientalmente responsáveis e capacitados tecnicamente. O objetivo deste trabalho é analisar a percepção dos alunos sobre a aplicação dos princípios da economia circular ao projeto de processo de desenvolvimento de produtos, a partir da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) da disciplina Engenharia do Produto do curso de Engenharia de Produção em uma universidade federal no estado do Pará. Para avaliar se o projeto proposto cumpriu com seus objetivos, foi aplicado um questionário junto aos alunos. Como resultados, teve-se que o trabalho realizado possibilitou a eles obterem conhecimento sobre ecodesign, reutilização, remanufatura, reciclagem e valorização de resíduos; a adoção de metodologias ativas tornou o trabalho mais desafiador e interessante; e, por fim, ressalta-se a importância da inclusão da temática em trabalhos pontuais ou na ementa de outras disciplinas do curso.

Palavras-chave: Economia circular; Abordagem baseada em projetos; Engenharia do Produto.

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail: gabriella.vitorino@ufersa.edu.br.
Link para o Lattes: http://lattes.cnpq.br/9982200019764308.

Abstract: Universities play an important role in the transition from the linear economy to the circular economy, training ethical, fair, environmentally responsible and technically capable citizens/professionals. The objective of this study is to analyze students' perceptions about the application of circular economy principles to product development process design, based on Project-Based Learning (PBL) in the Product Engineering discipline of the Production Engineering course at a federal university in the state of Pará. To assess whether the proposed project met its objectives, a questionnaire was applied to the students. The results showed that the work carried out enabled them to gain knowledge about ecodesign, reuse, remanufacturing, recycling and waste recovery; the adoption of active methodologies made the work more challenging and interesting; and, finally, the importance of including the theme in specific works or in the syllabus of other disciplines of the course is highlighted.

Keywords: Circular economy; Project-based learning; Environmental Education.

Introdução

Desde a revolução industrial a sociedade evoluiu de maneira significativa, com melhora na qualidade de vida, oferta de maior variedade de produtos, evolução dos sistemas de transporte, globalização, avanços tecnológicos e desenvolvimento de novos materiais e de processos de produção. No entanto, esse avanço se deu dentro de uma de economia linear, seguindo uma política de "pegar (recursos naturais) – fazer – consumir - descartar", provocando assim grandes impactos ambientais.

Em resposta às transformações causadas na sociedade e na natureza, no ano de 1968 as Organizações das Nações Unidas (ONU) lançaram o relatório "*Activities of United Nations Organizations and programmes relevant to the human environment*" (Atividades das Organizações das Nações Unidas e Programas Relevantes ao Meio Ambiente Humano), e em 1972, na primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que passou a ser a principal autoridade ambiental do mundo. Desde então, conferências, acordos e ações afirmativas foram sendo realizados em todo o mundo (UNEP, 2020).

Com o passar dos anos, foram surgindo escolas de pensamentos, das quais pode-se mencionar a economia de serviços/desempenho, biomimética, capitalismo natural, ecologia industrial e simbiose, economia azul, design regenerativo e *Cradle to Cradle* (BS 8001, 2017; Weetman, 2019). Esses conceitos foram amadurecendo, chegando ao que se conhece por economia circular, que converge e amplia as ideias até então discutidas. Esse novo modelo centra-se na gestão sustentável dos recursos, criando um sistema de circuito fechado dos componentes materiais.

No entanto, para que as ideias, conceitos e técnicas dessas escolas de pensamento sejam colocadas em prática, se faz necessário um empenho coletivo de várias esferas da sociedade: governos, universidades, empresas

privadas, organizações não-governamentais e indivíduos. A responsabilidade compartilhada e colaboração são imprescindíveis nesse processo.

Em relação às universidades, tem-se que o ensino, a pesquisa e a extensão na área de sustentabilidade são esperados nas instituições de ensino superior, de modo que os universitários tenham orientação técnica e formação para uma nova mentalidade sobre essa temática. Isso possibilita que os novos profissionais que são entregues para a sociedade tenham competências técnicas, além de serem eco responsáveis (Byrne, 2023).

Os engenheiros industriais (no Brasil denomina-se engenheiros de produção) têm papel central nos processos de inovação e sustentabilidade, devendo ter seu potencial desenvolvido para que possam contribuir com o desenvolvimento sustentável da empresa (Piwowar-Sulej, 2021). Para isso, faz-se necessário desenvolver competências desde a formação universitária, em disciplinas diversas, contemplando a multidisciplinaridade.

Muitos estudos vêm mostrando a importância da educação em sustentabilidade/economia circular nos currículos dos cursos de graduação (Tadesmir, Gazo, 2020; Serrano-Bedia & Perez-Perez, 2022; Nguyen *et al.*, 2022; Obrecht, *et al.*, 2022). Outros trabalhos enfatizam, ainda, que essa abordagem sustentável deve ir além da sala de aula, com uma mudança de perspectiva de gerenciamento dos campis como um todo (Mendonza *et al.*, 2019; Ribeiro *et al.*, 2021; Fissi *et al.*, 2021).

Neste contexto, o objetivo deste artigo é analisar a percepção dos alunos sobre a aplicação dos princípios da economia circular ao projeto de processo de desenvolvimento de produtos, a partir da integração da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABJ) no processo de ensino-aprendizagem da disciplina Engenharia do Produto do curso de Engenharia de Produção de uma universidade federal no estado do Pará.

O trabalho correspondeu ao projeto final da disciplina Engenharia do Produto, e teve a intenção de consolidar o aprendizado das metodologias/ferramentas ensinadas durante o período letivo aos conceitos sobre economia circular, composto por 04 relatórios, elaborados em grupo.

Com a aplicação dessa metodologia de aprendizagem baseada em projetos, este trabalho tem como objetivos específicos: i) divulgar uma metodologia de ensino em economia circular; e ii) conhecer a opinião dos alunos sobre o processo de aprendizagem sobre economia circular através da elaboração de projetos de novos produtos aplicando os seus princípios.

Além desde tópico introdutório, este artigo está dividido nas seguintes seções: i) revisão de literatura – abordando a educação em economia circular no ensino superior e o processo de desenvolvimento de produtos na economia circular; ii) metodologia, explicando a proposta de projeto final da disciplina e seu o processo de avaliação e explanação do questionário aplicado junto aos alunos; iii) resultados e discussões, mostrando as propostas de novos produtos

de cada um dos grupos e a análise das respostas obtidas com o questionários; e iv) por fim, são versadas as considerações finais do trabalho.

Referencial teórico

Breve contextualização sobre economia circular

O conceito de economia circular apareceu a primeira vez em 1966 pelo economista americano Kenneth Ewart Boulding, voltado para as questões ecológicas e ambientais (Gureva, Deviatkova, 2020). Em 1989, os economistas e ambientalistas britânicos David W. Pearce e R. Kerry Turner publicaram um artigo mostrando que a economia tradicional não levava em consideração a reciclagem, transformando o meio ambiente em um reservatório de resíduos (Ghisleni, 2023).

Desde a década de 1960 foram surgindo escolas de pensamentos, em que a junção delas deu origem ao que hoje denomina-se de economia circular, que converge e amplia as ideias até então discutidas, conforme demonstrado na figura 1:



Figura 1: Escolas de pensamento em economia circular.
Fonte: BS 8001:2017 (2017).

Na economia circular, as organizações repensam completamente a forma como os recursos são geridos, em que os materiais são tratados como matérias-primas com valor inerente, e assim os refugos de produção e os

produtos em final de vida útil não são mais descartados como resíduos. Os recursos são utilizados de forma otimizada, além de se promover a reutilização, a reparação, a renovação, a remanufatura e a reciclagem de materiais e produtos (BS 8001:2017, 2017).

As empresas, ao mudarem do modelo de negócio tradicional para um outro que tenha a inovação orientada para a circularidade, precisam estar preparadas para manter uns valores e mudar outros, e tendo o cuidado de realizar uma comunicação constante com os clientes e funcionários (Johnson, 2022).

Educação em economia circular no ensino superior

A educação ambiental é um dos primeiros passos para se adentrar no ensino sobre economia circular e outros aspectos mais técnicos que envolvem a sustentabilidade. Porém, estar cursando o nível superior não é sinônimo de conhecer essas temáticas. Romão et al. (2020) entrevistaram 98 alunos dos cursos de Engenharia Ambiental, Bioquímica, Física, Materiais, Produção e Química. O estudo mostrou que 53% dos entrevistados afirmaram que nunca tiveram contato com Educação Ambiental (EA).

Além disso, a maioria dos entrevistados relaciona a Educação Ambiental como uma prática das disciplinas de Ciências, Biologia e Geografia, cursadas em escola do ensino fundamental e médio, o que os fazem enxergar como algo distante da rotina profissional de um engenheiro (Romão *et al*., 2020). Diante dessa realidade, os professores do ensino superior têm o desafio, muitas vezes, de alfabetizar os estudantes em relação à sustentabilidade.

Carvalho e Cruz (2025) afirmam que em relação ao ensino básico, o tema economia circular ainda é pouco explorado em relação a seu uso para o ensino da educação ambiental. Os autores elucidam que isso reflete a falta de conhecimento e qualificação dos educadores e gestores, além da escassez de materiais didáticos de qualidade, o que dificulta a aplicação da interdisciplinaridade. Essa situação precisa de uma atenção especial, visto que a escola é o primeiro ambiente educacional para a construção do conhecimento.

Em se tratando da abordagem da temática em si sobre economia circular no ensino superior, Serrano-bedia e Perez-Perez (2022) analisaram 77 artigos revisados por pares, coletados na base de dados *Web of Science*, e identificaram que muitos proponentes de cursos e currículos de economia circular em Instituições de Ensino Superior exploraram o papel das metodologias de aprendizagem ativa, incluindo sala de aula invertida, aprendizagem baseada em desafios, minicursos, simulação e jogos, como ferramenta de aprendizagem para incorporação dos conceitos.

Dentre essas aplicações de aprendizagem ativa no ensino da economia circular, tem-se o uso de jogos (Whalen *et al.*, 2018; Salibi *et al.*,

2020), a abordagem baseada em projetos (González-Dominguez, 2020) e a abordagem baseada em problemas (Bragelien & Voldsund, 2023). Essas metodologias permitem que os estudantes possam participar de modo ativo do seu processo de aprendizagem, além de contribuir com o desenvolvimento de habilidades requeridas pelo mercado de trabalho, como argumentar com clareza e justificar procedimentos adotados na resolução de problemas (Elmôr Filho *et al.*, 2019).

Obrecht *et al.* (2022) buscaram entender como a sustentabilidade ambiental está inserida nas IES, identificando os tópicos prioritários ensinados e suas interseções e sobreposições. Para isso, analisaram 1.051 estudos em andamento em programas de instituições de ensino superior públicas (57) e privadas (49) da Eslovênia. Os três temas mais frequentes entre os currículos das disciplinas foram: verde/ambiental, ecologia e proteção ambiental; e os temas menos frequentes foram: economia circular, desenvolvimento sustentável e responsabilidade social.

A pesquisa também mostrou que os programas de mestrado contemplam mais os assuntos ligados à sustentabilidade, sendo esse o nível de ensino mais adequado para gestores ambientais e profissionais *experts*. Devido a isso, os autores ressaltam a importância de se incentivar a interdisciplinaridade no processo educacional, em que disciplinas relacionadas à temática poderiam ser ofertadas para todos os programas de estudo, sem haver a necessidade de cada um deles possuir um professor específico nesta área (Obrecht *et al.*, 2022).

Aprendizagem baseada em projetos (ABP)

A visão tradicional de ensino adota o método de transferência de conteúdos pelo professor para a construção do conhecimento. No entanto, o mercado exige cada vez mais um profissional que seja capaz de atuar de forma decisiva, dinâmica e especializada (Uzun *et al.*, 2018). Além disso, com o avanço tecnológico, os ciberespaços disponibilizam todo o conteúdo, o que requer dos professores a necessidade de buscar outras metodologias de ensino para engajar os alunos, através de uma aprendizagem ativa (Elmôr Filho *et al.*, 2019).

As metodologias ativas promovem um aprendizado consistente, em que o aluno é o responsável pela sua aprendizagem, visto que ele estará mais envolvido e será um processo de ensino-aprendizagem mais participativo (Uzun *et al.*, 2018). Elas são consideradas alternativas metodológicas no que tange à superação das dificuldades com a aprendizagem, além de poder contribuir com o desenvolvimento de habilidades e perfil profissional dos egressos dos cursos de Engenharia (Elmôr Filho *et al.*, 2019).

A abordagem baseada em projetos (*Project-Based Learning*) estimula o engajamento e a habilidade de solução de problemas a partir da formulação de hipóteses, além de trabalhar capacidades de comunicação e argumentação. O

professor assume o papel de orientador, bem como deve interagir e estimular os estudantes a pensarem e a refletirem sobre suas tomadas de decisão durante as atividades do processo (Cecílio, Tedesco, 2019).

Através da abordagem baseada em projetos os alunos têm a oportunidade de solucionar problemas reais e assim construir conhecimento em contextos profissionais autênticos. Os resultados gerados podem ser avaliados/medidos sob três perspectivas: resultados cognitivos – conhecimento e estratégias cognitivas; resultados afetivos – percepção sobre os benefícios e a experiência; resultados comportamentais – habilidades, engajamento e desempenho do artefato (Guo *et al.*, 2020).

Esta metodologia pode ser aplicada em diversas disciplinas do curso de Engenharia de Produção, a exemplo de "Projeto Integrado de Engenharia de Produção I" (Pereira *et al.*, 2017; Souza *et al.*, 2020; Nascimento *et al.*, 2020), "Projeto Integrado de Engenharia de Produção II" (Pereira *et al.*, 2017), "Projeto Integrado de Engenharia de Produção III" (Pereira *et al.*, 2017) e "Gestão da Qualidade" (Schiavi *et al.*, 2021), bem como em programas de pós-graduação (González-Domínguez *et al.*, 2020).

Metodologia

Proposta de projeto final da disciplina

Este trabalho foi desenvolvido na disciplina Engenharia do Produto no 10º período do curso de Engenharia de Produção, em uma universidade federal no estado do Pará. Os discentes foram incumbidos a desenvolver um projeto de processo de desenvolvimento de produtos (PDP) com base nos princípios da economia circular.

Para dar embasamento teórico para os alunos, foram realizadas duas aulas extras, em relação à ementa da disciplina, no início do semestre letivo, a saber: i) conceitos básicos de economia circular e ii) desenvolvimento de produtos sustentáveis. Em seguida, a turma, composta por 34 alunos, foi dividida em 7 grupos, em que cada um foi responsável por trabalhar com um dos seguintes setores: agronegócio; indústria têxtil; indústria alimentícia; setor moveleiro; mineração; construção civil; e setor de embalagens.

A ideia foi que cada grupo desenvolvesse um projeto de um produto para o respectivo setor, ou tratasse dos resíduos gerados no seu processo e assim desenvolvesse um produto para qualquer outro setor. O modelo de referência unificado do PDP adotado no referido projeto foi o proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), mostrado na figura 2.

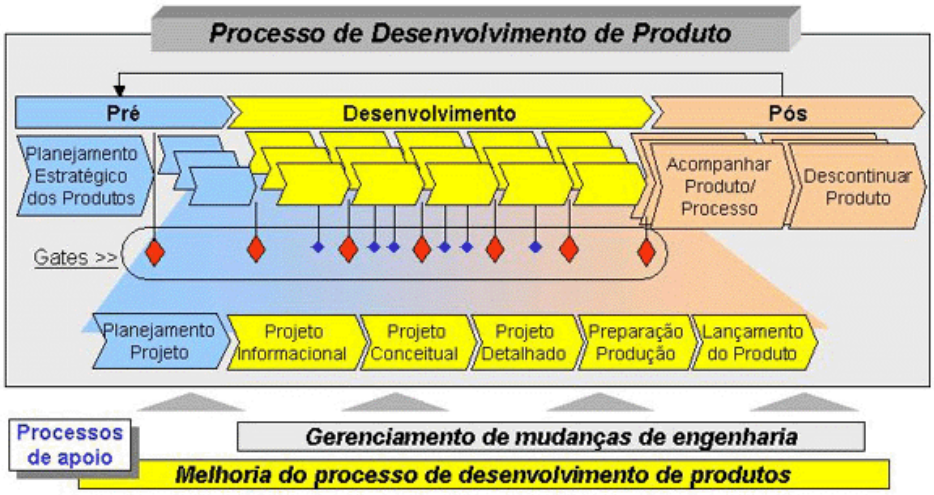


Figura 2: Visão geral do modelo de referência unificado do PDP.
Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

Porém, não em sua totalidade devido à questão do curto tempo do período letivo (15 semanas) e carga horária da disciplina (45 horas). Foram consideradas apenas as seguintes microfases: planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado. Porém, devido haver o pré-requisito de pensar em um projeto com base nos princípios da economia circular, a macrofase de pós-desenvolvimento foi englobada indiretamente.

O trabalho foi desenvolvido ao longo do período letivo à medida que o conteúdo foi sendo ministrado, a partir da elaboração de quatro relatórios:

1) **Relatório 01: Proposta do produto, estudo do setor, formulação do problema e Planejamento do Projeto -** Neste primeiro relatório é definido o produto a ser trabalhado no projeto (produto novo ou produto reformulado para atender aos princípios da economia circular). Para isso, faz-se necessário conhecer o setor a ser estudado, analisar aspectos tais como os tipos de resíduos que são gerados no processo produtivo, as matérias-primas e o pós-consumo. Em seguida, deverá ser feita a formulação do problema. Na fase de planejamento estratégico do produto deverão ser definidos, explicados e justificados: modelo comercial mais adequado, escopo do projeto e cronograma do desenvolvimento do projeto.
2) **Relatório 02: Projeto Informacional -** Detalhar o ciclo de vida do produto que será trabalhado no projeto; identificar os clientes externos dentro da perspectiva do processo de difusão da inovação; identificar os requisitos dos clientes dos produtos (aplicação da ferramenta Desdobramento da Função Qualidade - QFD); definir os requisitos técnicos do produto e especificações-meta; e fazer a representação inicial do produto (desenho) à mão livre, mostrando os detalhes do produto.

3) **Relatório 03: Projeto Conceitual –** As etapas a serem seguidas no terceiro relatório são: i) modelar funcionalmente o produto; ii) definir a arquitetura do produto; e iii) definir ergonomia e estética do produto. Assim, engloba as questões técnicas, como funções básicas, materiais utilizados e tecnologias envolvidas, além de contemplar aspectos estéticos, ergonômicos e focar nos problemas/necessidades dos clientes que precisam ser atendidos.
4) **Relatório 04: Projeto Detalhado -** Nessa etapa tem-se a criação dos detalhamentos dos planos de processos de fabricação e montagem (ficha de processo); determinar o volume de produção; elaborar uma lista detalhada das matérias-primas e/ou componentes externos necessários à fabricação do produto; definir como serão as embalagens do produto e especificar os materiais de cada uma delas; e, por fim, fazer o planejamento de fim de vida do produto.

Cada um dos relatórios tinha um formulário de avaliação, que retornava como feedback para o grupo após a correção. Ao final da disciplina, os alunos apresentaram o projeto em formato de seminário. A avaliação do trabalho foi dividida em duas partes: relatórios (04) e apresentação (slides, organização e domínio do conteúdo). Um total de 26 alunos participaram da pesquisa, se disponibilizando a responder o questionário, em que 09 deles não eram concluintes do curso.

Metodologia de pesquisa do artigo

O questionário aplicado aos alunos participantes do trabalho da disciplina de Engenharia do Produto foi adaptado de González-Domínguez (2020) (ver apêndice). Foram elaboradas 27 questões, divididas em duas (02) partes: 1) Parte I - características etnográficas (05 questões); e 2) Parte II – Economia circular e Engenharia do Produto, sendo dividida em três categorias: i) conhecimento prévio sobre economia circular; ii) processo de obtenção de conhecimento sobre economia circular; e iii) desenvolvimento de produtos circulares. As categorias têm 05, 08 e 09 questões, respectivamente.

As possibilidades de resposta da “Parte II” do questionário foram de acordo com a escala Likert, a saber: discordo totalmente; discordo; indiferente; concordo; e concordo totalmente. Os entrevistados (alunos) especificaram o seu nível de concordância com cada afirmativa.

As questões foram adaptadas do questionário original para se adequar aos objetivos e à metodologia do trabalho proposto na disciplina; porém, sem modificar a proposta inicial. A aplicação se deu no último dia de aula, após todos os grupos finalizarem as apresentações de seus projetos de desenvolvimento de produtos. O questionário foi aplicado através da ferramenta *Google Forms*, ficando disponível por uma (01) semana. As respostas foram analisadas a partir de estatística descritiva no Microsoft Office Excel.

Resultados e discussões

No primeiro relatório os grupos já teriam que definir o produto a ser projetado, que teriam embasamento no estudo realizado pelo grupo sobre o setor a ser trabalhado. As propostas de projetos de produtos desenvolvidas para cada setor foram:

- **Setor moveleiro: caixas para presentes.** O produto seria confeccionado a partir de madeira reciclada moída, tendo a matéria-prima oriunda da indústria moveleira da cidade de Parauapebas-PA.
- **Setor de embalagens: isopor ecológico.** Utilização da bucha chamada Luffa Cylindrinca, conhecida como bucha vegetal, em substituição ao isopor utilizado pela indústria e comércio na embalagem de produtos, e substituindo também o plástico-bolha, como material protetor para transporte.
- **Indústria alimentícia: embalagem de biscoito ecológica.** Confecção de embalagens biodegradáveis e compostáveis a partir da casca do milho.
- **Indústria têxtil: bolsas e carteiras têxteis.** Os produtos teriam como matéria-prima uniformes corporativos usados e reciclados.
- **Setor da construção civil: lixeiras.** A matéria-prima principal do produto seria sacos de cimento.
- **Setor agrícola: adubo de açaí.** O produto seria desenvolvido a partir da compostagem do caroço do açaí, que é o principal resíduo proveniente da produção da polpa dessa fruta.
- **Setor de mineração: dispositivo enrolador de correia.** O intuito desse produto é realizar o recolhimento correto de correias transportadoras utilizadas no setor de mineração, possibilitando garantir a integridade do material e possibilitar a revenda do material para alguma empresa recicladora.

Respostas do questionário

Os próximos tópicos trazem os resultados obtidos com a aplicação do questionário junto aos alunos da disciplina de Engenharia do Produto.

Parte I - Características etnográficas

Dos 26 entrevistados, 17 deles (68%) são homens e 08 são mulheres (32%), com idades entre 22 e 53 anos, porém com 86% entre 22 e 33 anos, e 64% (16 alunos) eram concluintes do curso no referido período letivo. Em relação ao status de emprego, 48% (12) dos estudantes são contratados ou têm emprego temporário e 24% (06) têm emprego celetista, conforme mostrado no gráfico 1.

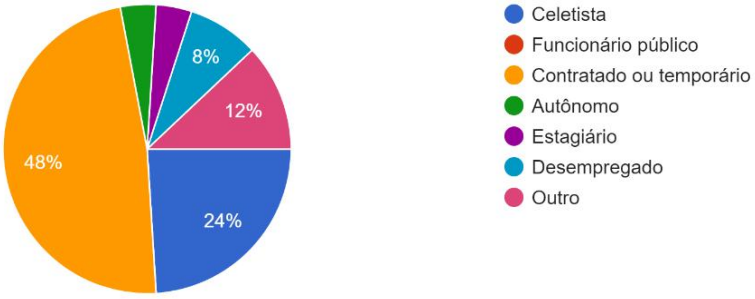


Gráfico 1: Status de emprego dos estudantes entrevistados.
Fonte: A autora (2025).

Parte II – Economia circular e Engenharia do Produto

Conhecimento prévio sobre economia circular

Apenas 40% dos entrevistados (10 alunos) afirmam que tinham conhecimento prévio sobre economia circular antes da disciplina, e 44% (11 alunos) sobre ecodesign; 44% deles já haviam usado esses conceitos no curso e/ou no trabalho. Esperava-se que essa porcentagem fosse maior pelo fato da maioria dos estudantes estarem no último período do curso, além de assuntos que envolvem a sustentabilidade estarem cada vez mais presentes em estudos e discussões ao redor do mundo.

Em relação à afirmativa "conhecer sobre economia circular em disciplinas anteriores teria modificado as perspectivas dadas aos trabalhos realizados durante o curso", teve-se que 60% concordam com a afirmação e 12% concordam totalmente; e ainda 60% afirmam que teriam modificado o projeto desenvolvido na disciplina (8% discordaram e 32% afirmaram ser indiferentes).

Esses dois resultados mostram a importância de inserir essa temática nas ementas das disciplinas do curso, para que assim os estudantes tenham uma versão mais integrada dos assuntos relacionados à sustentabilidade e outras áreas do curso.

Processo de obtenção de conhecimento sobre economia circular

O processo de obtenção de conhecimento em economia circular é considerado fácil por 76% dos entrevistados, indiferente para 20% deles e apenas 01 estudante (4%) discordou da afirmativa.

Para desenvolver o projeto pedido na disciplina, os alunos tiveram que pesquisar sobre o conceito de economia circular aplicada à concepção e desenvolvimento de projetos de produtos; nesse processo, 60% dos estudantes concordaram que existe bibliografia especializada sobre o assunto, 28% foram indiferentes e 12% discordaram da afirmativa.

Dada a complexidade que envolve integrar conceitos, 72% dos entrevistados não consideram que aplicar os princípios de economia circular ao projeto de desenvolvimento de produtos seja uma tarefa simples, contra 8% que diz ser indiferente e 20% concordam com a afirmativa. O gráfico 2 mostra esses resultados.

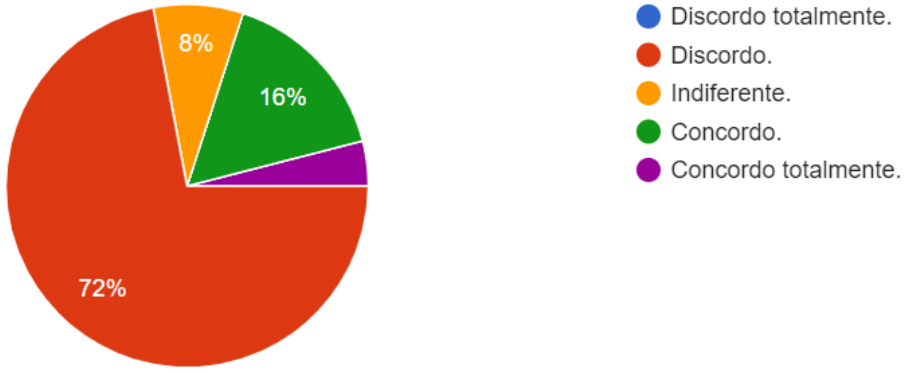


Gráfico 2: Aplicar os princípios de economia circular ao projeto de desenvolvimentos de produtos é uma tarefa simples.
Fonte: A autora (2025).

Como resultado positivo do trabalho, tem-se que 84% dos estudantes afirmam ter aprendido sobre ecodesign, e apenas 8% são indiferentes e outros 8% discordaram disto. Quando questionados sobre a aquisição de conhecimentos sobre reutilização, remanufatura, reciclagem e valorização de resíduos ao elaborar esse trabalho, 96% concordaram, contra apenas 4% que dizem não ter aprendido.

Desenvolvimento de produtos circulares

Todos os entrevistados concordaram que o conhecimento sobre economia circular apresentado na disciplina “Engenharia do Produto” é adequado para a concepção e desenvolvimento de produtos sustentáveis, e que a metodologia adotada (aprendizagem baseada em projetos) aumenta o seu interesse em ampliar o conhecimento sobre economia circular. Apenas 01 aluno marcou a opção “indiferente” quando questionado se a referida disciplina teria aumentado seu interesse por esse assunto; 60% marcaram “concordo” e 36% marcaram “concordo totalmente”.

Esses três resultados demonstram que o trabalho desenvolvido na disciplina tem contribuído para que os alunos se interessem e absorvam a temática em questão. A multidisciplinaridade permite que os alunos tenham uma visão ampla dos conceitos abordados nas disciplinas envolvidas, reunindo-os de modo a atingir o seu objetivo central.

Para 84% dos estudantes entrevistados, a aplicação dos princípios da economia circular modificou o processo de concepção e desenvolvimento de produto, conforme pode ser visualizado no gráfico 3. Além disso, foi unanimidade entre eles que o nível de qualidade dos produtos da solução de engenharia projetada para o produto melhora a partir da aplicação dos princípios da economia circular.

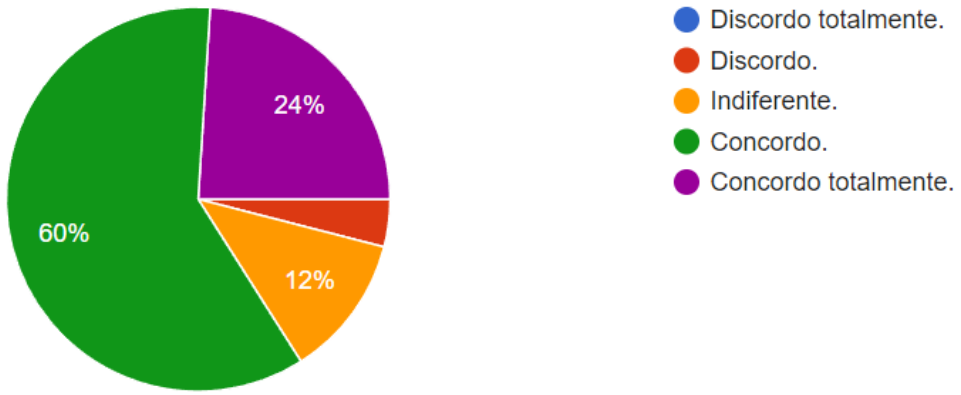


Gráfico 3: A aplicação dos princípios da economia circular modificou o processo de concepção e desenvolvimento de produtos.
Fonte: A autora (2025).

Todos concordam (68%) ou concordam totalmente (32%) que a aprendizagem baseada em projetos contribui para consolidar o conhecimento da economia circular aplicada ao desenvolvimento de produtos.

O projeto solicitado para os alunos integrou os conceitos de economia circular e o processo de desenvolvimento de produtos. Quando questionados se essas são abordagens complementares, a maioria dos estudantes concordaram (76%), conforme mostrado no gráfico 4.

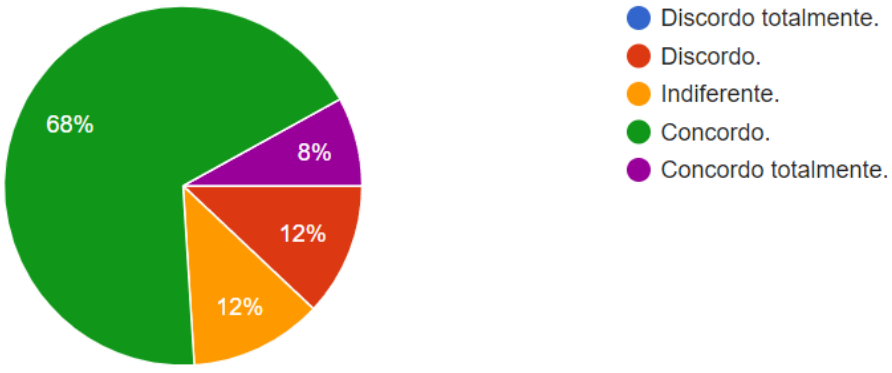


Gráfico 4: A economia circular e o processo de desenvolvimento de produtos são abordagens complementares.
Fonte: A autora (2025).

Além disso, eles concordam que os princípios de economia circular são essenciais para projetos de concepção e desenvolvimento de produtos, em que apenas 01 entrevistado respondeu “indiferente”.

Quando questionados que a abordagem adotada no estudo (aplicação dos princípios de economia circular) aumenta a carga de trabalho necessária para a elaboração do projeto de concepção e desenvolvimento de produtos, 60% dos estudantes concordaram, 32% responderam “indiferente” e 08% discordaram.

Os estudantes, em sua totalidade, consideram que o conhecimento sobre economia circular é útil para o Engenheiro de Produção que atuará na área de Engenharia do Produto no exercício da profissão. E, por fim, 96% dos entrevistados consideram que o entendimento sobre metodologias de processo de desenvolvimento de produtos aumenta a capacidade de análise e implementação de estratégias de economia circular no projeto. Um (01) aluno respondeu “indiferente” (4%).

Conclusões

O trabalho alcançou seu objetivo de analisar a percepção dos alunos sobre a metodologia adotada na disciplina Engenharia do Produto (Aprendizagem Baseada em Projetos - ABJ), integrando os princípios da economia circular e a metodologia de processo de desenvolvimento de produtos. Para isso, foi aplicado um questionário ao final da disciplina, que abordou os seguintes aspectos: i) características etnográficas; e ii) economia circular e engenharia do produto - Conhecimento prévio sobre economia circular, processo de obtenção de conhecimento sobre economia circular e desenvolvimento de produtos circulares.

Embora a maioria dos alunos tenham afirmado não ter conhecimento prévio sobre economia circular e ecodesign, ou mesmo já ter usado esses conceitos no curso e/ou no trabalho mesmo no final do curso, eles consideraram fácil o processo de obtenção de conhecimento nessa área. Porém, quando demandados para integrar o conceito de economia circular ao projeto de desenvolvimento de produtos, a percepção foi diferente, em que não consideraram uma tarefa simples, pois a interdisciplinaridade exige maior esforço e entendimento do assunto.

Ao final do trabalho, a grande maioria dos estudantes afirmaram ter obtido conhecimento sobre ecodesign, reutilização, remanufatura, reciclagem e valorização de resíduos; e isso pode ser considerado um aspecto bastante positivo da disciplina. Outro aspecto que ajudou nesse processo foi a metodologia adotada (aprendizagem baseada em projetos), que aumentou o interesse dos estudantes em ampliar o conhecimento sobre economia circular.

Isso reforça o fato de que a adoção de metodologias ativas no ensino de economia circular, e em outros temas relacionados à sustentabilidade, é

uma estratégia a ser utilizada para aumentar o interesse dos estudantes, e posterior obtenção de conhecimento, nessa área.

Em relação à disciplina específica de Engenharia do Produto, objeto de estudo deste artigo, foi verificado, tanto na prática em sala de aula, quanto a partir das respostas do questionário, que unir os dois temas (metodologias de processo de desenvolvimento de produtos e economia circular) tornou o trabalho final mais desafiador e interessante. Outras disciplinas do curso podem realizar atividades similares, visto que inserir sustentabilidade nos processos produtivos é uma demanda atual e urgente do mercado.

Exemplos de disciplinas do curso de Engenharia de Produção que podem unir seus conteúdos com o de economia circular são “gestão de operações”, “planejamento, programação e controle da produção”, “empreendedorismo”, “logística e cadeia de suprimentos”, “engenharia econômica” e “gestão de projetos”. Essa interdisciplinaridade pode se dá a partir de trabalhos pontuais desenvolvido com os estudantes, ou com a inserção de conteúdo relacionados à sustentabilidade na ementa das referidas disciplinas.

Por fim, pode-se concluir que essa experiência de ensino-aprendizagem foi bastante rica tanto para o professor quanto para os alunos. Espera-se que realmente tenha despertado o interesse dos estudantes em buscar aplicar esses conceitos no mercado de trabalho, bem como em suas ações enquanto cidadãos. Como desafio para sua execução, teve-se que a disciplina é do 10º semestre letivo, período do curso em que os estudantes estão sobrecarregados (05 disciplinas e o trabalho de conclusão do curso – em um curso noturno), e naturalmente estão mais dispersos pelo desejo de concluir mais essa etapa acadêmica e de vida.

Referências

Gureva, M.A., Deviatkova, Y.S. (2020). **Formação do conceito de uma economia circular.** Revista S&G 15, 2, 156-169. Disponível em: <https://revistasg.emnuvens.com.br/sg/article/view/1656>. Acessado em: 03 de junho de 2023.

Byrne, E. P. **The envolving engineer; professional accreditation sustainability criteria and societal imperatives and norms.** Education for Chemical Engineers, vol. 43, 2023.

Carvalho, K. J. B.; Cruz, G. A. S. **Economia circular como ferramenta para educação ambiental no ensino básico.** Revista Brasileira de Educação Ambiental. São Paulo, Vol. 20, nº 1: 389-404, 2025. Disponível em: < https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/19332/13393>. Acessado em: 10 de maio de 2025.

Cecílio, W. A. G. Tedesco, D. G. **Aprendizagem baseada em projetos: relato de experiência na disciplina de geometria analítica.** Revista Docência do ensino superior. Belo Horizonte, Vol. 9, p. 1-20, 2019.

Elmôr Filho, G. *et al.* **Uma nova sala de aula é possível: aprendizagem ativa na educação em engenharia.** 1ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Fissi, S. *et al.* **The path toward a sustainable green university: the case of the University of Florence. Journal of Cleaner Production.** Vol. 275, 2021.

Ghisleni, C. **O que é economia circular?** ArchDaily. Disponível em: < https://www.archdaily.com.br/br/996608/o-que-e-economia-circular>. Acessado em: 22 de fevereiro de 2024.

González-Domínguez, J. *et al.* **Application of circular economy techniques for design and development of products through collaborative project-based learning for industrial engineer teaching.** Sustainability. Vol. 12, 2020.

Guo, P. *et al.* **A review of project-based learning in higher education: student outcomes and measures.** International Journal of Education Research. Vol. 102, 2020.

Johnson, E. **Closing competency gaps for circularity: exploring partner dynamics for circular-oriented innovation.** Sustainable Production and Consumption. Vol, 34, 2022.

Mendonza, J. M. *et al.* **A methodological framework for the implementation of circular economy thinking in higher education institutions: towards sustainable campus management.** Journal of Cleaner Production. Vol. 226, 2019.

Nascimento, A. L. *et al.* **Construção de um filtro de água da chuva associado a teto ecológico a partir de aprendizagem baseada em projetos.** XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu-PR-Brasil, 2020.

Nguyen, A. N. *et al.* **Assessing teacher training programs for the prevalence of sustainability in learning outcomes, learning content and didactic approaches.** Journal of Cleaner Production. Vol. 365, 2022.

Obrecht, M. *et al.* **Assessment of environmental Sustainability integration into higher education for future experts and leaders.** Journal of Environmental Management. Vol. 316. 2022.

Pearce, D. W.; Turner, R. K. **Economics of natural resources and the environment.** Johns Hopkins University Press, 1990. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/31662420_Economics_of_natural_resources_and_th e_environment_DW_Pearce_RK_Turner. Acessado em: 22 de fevereiro de 2024.

Pereira, M. A. C. *et al.* **Aprendizagem baseada em projetos: o case da escola de engenharia de Lorena – USP.** XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville-SC-Brasil, 2017.

Ribeiro, J. M. P. *et al.* **Green Campus initiatives as sustainable development dissemination at higher education institutions: student's perceptions.** Journal of Cleaner Production. Vol. 312, 2021.

Romão, E. L.; et al. **Percepção ambiental de alunos de graduação em engenharia sobre a importância da educação ambiental.** Revista Brasileira de Educação Ambiental. São Paulo, Vol. 15, nº 1: 194-208, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/10060/7498>. Acessado em: 15 de maio de 2025.

Rozenfeld, H. *et al.* **Gestão de Desenvolvimento de Produto: uma referência para a melhoria do processo.** 1ª edição. São Paulo: Saraiva, 2006.

Salibi, J. G. O. R. *et al.* **O ensino da economia circular através de jogos – uma revisão bibliográfica.** XXVII SIMPEP. Novembro, 2020.

Schiavi, A. C. P. A. *et al.* **Proposta de um sistema de tratamento de águas cinzas para uso na agricultura a partir da aprendizagem baseada em projetos.** XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu-PR-Brasil, 2021.

Serano-Bedia, A. Perez-Perez, M. **A review of the role of higher education as a key supporting stakeholder in Web of Science.** Sustainable Production and Consumption. Vol. 31, p. 82-96, 2022.

Souza, N. P. *et al.* **Proposta de um sistema de tratamento de águas cinzas para uso na agricultura a partir da aprendizagem baseada em projetos.** XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu-PR-Brasil, 2020.

Tadesmir, C. Gazo, R. **Integrating Sustainability into higher education curriculum through a transdiciplinary perpective.** Journal of Cleaner Production. Vol. 265, 2020.

UNEP. **Marcos ambientais: linha do tempo dos 75 anos da ONU.** 2020. Disponível em: < https://www.unep.org/pt-br/news-and-stories/story/environmental-moments-un75-timeline>. Acessado em: 11 de fevereiro de 2024.

Uzun, M. L. C. *et al.* **Aprendizagem baseada em projetos na perspectiva dos alunos.** Revista Profissão Docente. Uberaba – MG, vol. 18, n. 39, p. 403-414, jul/dez, 2018.