

14º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2023

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: um protótipo sustentável aplicando conceito de Economia Circular

BRUNO A. MARTINS ¹, DIOGO V. DA SILVA ², JASSON R. DA SILVA ³, MARIA E. SANT'ANNA ⁴, THIAGO L. LIN ⁵, MILTON A BARBOSA ⁶

¹ Graduando Engenharia de Produção, IFSP, Câmpus Boituva, b.amaral@aluno.ifsp.edu.br.

² Graduando Engenharia de Produção, IFSP, Câmpus Boituva, diogo.v@aluno.ifsp.edu.br

³ Graduando Engenharia de Produção, IFSP, Câmpus Boituva, jasson.rodrigues@aluno.ifsp.edu.br

⁴ Graduando Engenharia de Produção, IFSP, Câmpus Boituva, sant'ana.m@aluno.ifsp.edu.br

⁵ Graduando Engenharia de Produção, IFSP, Câmpus Boituva, thiago.lin@aluno.ifsp.edu.br

⁶ Professor Engenharia de Produção, IFSP, Câmpus Boituva, mbarbosa@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.08.00.00-5 Engenharia de Produção

RESUMO: Nas próximas décadas, a criação e inovação de projetos sustentáveis com base em conceitos de Economia Circular (EC) será o desafio para o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). O desafio é pensar em um PDP abrangente na Cadeia de Suprimentos (CS) do segmento, desde a definição dos recursos, dos materiais, dos processos operacionais, da vida útil do produto, dos subprodutos e dos resíduos durante a fabricação e no fim de vida do produto. A estratégia das organizações é praticar um PDP inovador com base nos 6 Rs (repensar, recusar, reduzir, reparar, reciclar e reusar) da EC nas CS. Assim, o objetivo deste artigo é apresentar as etapas de um PDP que um grupo de alunos (a) de Engenharia de Produção utilizou para o desenvolvimento do protótipo de um patinete com base nos conceitos de EC aproveitando partes de um produto sucata. O método e material utilizado foi uma pesquisa bibliográfica de conceitos de PDP, EC, Gestão de Projetos (GP) e etapas de um projeto integrador multidisciplinar em equipe para desenvolvimento e execução do projeto do patinete. Os resultados demonstraram que os integrantes da equipe conseguiram aplicar os conceitos e desenvolver um produto com base nos conceitos de EC, desde a concepção do produto até os testes finais do protótipo.

PALAVRAS-CHAVE: Cadeia de Suprimentos; Economia Circular; Engenharia de Produção; Produto Sustentável.

PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS: a sustainable prototype applying the Circular Economy concept

ABSTRACT: In the coming decades, the creation and innovation of sustainable projects based on Circular Economy (CE) concepts will be the challenge for the Product Development Process (PDP). The challenge is to think of a comprehensive PDP in the segment's Supply Chain (SC), from defining resources, materials, operational processes, product useful life, by-products and waste during manufacturing and at the end of life of product. The organizations' strategy is to practice an innovative PDP based on the 6 Rs (rethink, refuse, reduce, repair, recycle and reuse) of CE in CS. Therefore, the objective of this article is to present the steps of a PDP that a group of Production Engineering students used to develop a prototype of a scooter based on CE concepts using parts of a scrap product. The method and material used was bibliographical research on PDP, EC, Project Management (PM) concepts and stages of a multidisciplinary team integrative project for the development and execution of the scooter project. The results demonstrated that management team members apply the concepts and develop a product based on CE concepts, from product conception to initial prototype testing.

KEYWORDS: Supply chain; Circular Economy; Production engineering; Sustainable Product

INTRODUÇÃO

Nas próximas décadas o grande desafio no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) é o requisito sustentável, cumprindo pilares da Economia Circular (EC) na escolha dos materiais, recursos, processos produtivos e descarte do produto fim de vida.

Assim, nas Instituições de Ensino Superior (IES), nas áreas das engenharias é importante propor projetos integradores multidisciplinares utilizando as metodologias de ensino ativas nas salas de aula para PDP, EC e Gestão de Projetos (GP).

Essa metodologia pode gerar ideias inovadoras sustentáveis nas IES que somam aos discentes para sua carreira quando egresso.

Esse projeto com base nos conceitos de EC, tem objetivo de proporcionar aos discentes uma oportunidade de cumprir na prática todas as etapas de um PDP sustentável, criando um protótipo para mobilidade urbana e divulgando para a sociedade conscientização sobre o reúso de materiais e energia limpa.

A partir das etapas de desenvolvimento do patinete, foram aplicados os conhecimentos básicos adquiridos no curso de Engenharia de Produção, reconhecendo a inter-relação dos componentes curriculares, transformando o conhecimento teórico em prática nos projetos.

Na sequência serão apresentados os conceitos de PDP, EC, GP e o desenvolvimento do protótipo com base nos conceitos de sustentabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Segundo (Vergara, 2009), a pesquisa aplicada é fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos, contemporâneos ou não. Tem, portanto, a finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, motivada basicamente pela curiosidade intelectual do pesquisador e situada sobretudo no nível de especulação.

O grupo aplicou o desenvolvimento do protótipo de um patinete com conceitos de Economia Circular utilizando projeto integrador multidisciplinar de PDP na área de Engenharia de Produção (Batalha, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PDP resume em cumprir as etapas desde a concepção da ideia de um produto, a escolha dos materiais, as especificações, os processos de fabricação e testes do produto para ser colocado em escala de produção.

Segundo (Rozenfeld et al, 2006), o desenvolvimento de produto segue etapas conforme figura 1:



FIGURA 1: Modelo do Processo de Desenvolvimento de Produto (Rozenfeld et al 2006)

Na etapa de pré-desenvolvimento, ocorre o planejamento estratégico do produto, que gera o conceito, as ideias de acordo com as especificações de entrada do escopo do projeto.

Na etapa de desenvolvimento, foram definidas as especificações dos materiais, recursos, desenho, detalhamento, processo de fabricação, testes e condições de produção em escala.

No desenvolvimento foi considerado a questão de utilizar um PDP com base em pilares da economia circular.

A economia circular diferente da economia linear postula que o circuito de produção deve ser fechado para que todo produto entre em ciclo para cumprir o conceito sustentável, fechado, eliminando a escassez de recursos futuros, equilibrando os pilares ambiental, social e econômico, reduzindo ao máximo o consumo desordenado de recursos, gastos de energias e impactos ambientais.

Segundo (Manavalan, 2019, p. 477), “o foco nos 6Rs, como Recuperar, Reutilizar, Remanufaturar, Reciclar, Redesenhar e Reduzir destacam-se as oportunidades disponíveis na transformação da economia linear para a economia circular, que melhora os direcionadores sociais, econômicos e ambientais da organização.” A figura 2 resume o conceito de sustentabilidade e as práticas para a economia circular.

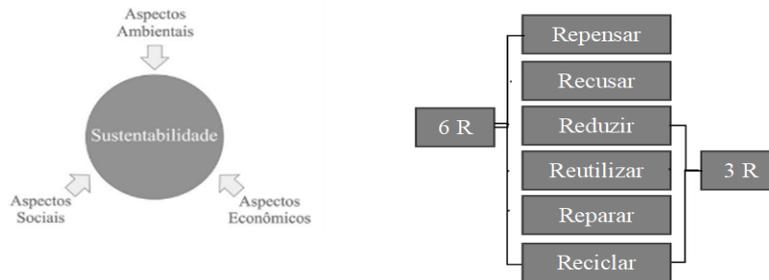


FIGURA 2: Triângulo da sustentabilidade e os 6Rs.

A economia linear tem um ciclo de exploração desordenada de recursos para consumo de produtos. Ao contrário, a economia circular tem um ciclo fechado de produção com economia e preservação de recursos para consumo de produtos. A figura 3 demonstra resumidamente a comparação entre economia linear e economia circular.

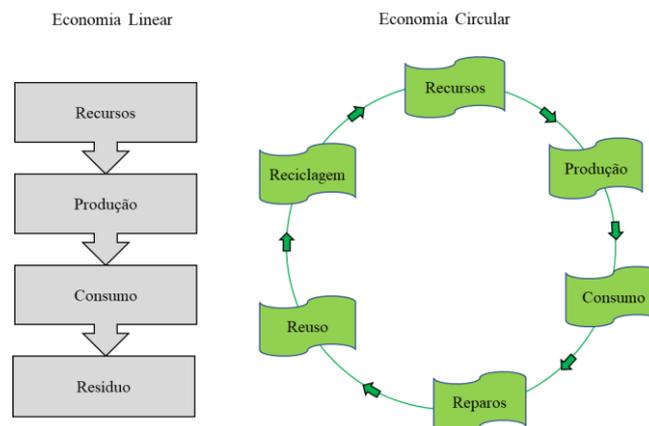


FIGURA 3: Comparação entre Economia Linear e Economia Circular

O Grupo gerenciou as etapas do PDP sustentável seguindo a sequência de especificar o produto de acordo com o escopo, as etapas cronológicas do prazo, a lista de materiais para aquisição com gestão de custo e teste de qualidade avaliando risco de aplicação. Os recursos humanos eram os discentes com suas funções, a comunicação da equipe com o tutor e a integração até a entrega final do protótipo (Oliveira, 2014).

Na etapa de planejamento, respeitando as entradas do escopo do projeto, o grupo desenvolveu a ideia de um produto que atendesse ao apelo da sustentabilidade no requisito de ser utilizado para mobilidade urbana reduzindo os aspectos e impactos ambientais de emissão de CO₂.

O grupo idealizou um produto inovador, útil, técnico-economicamente viável e de baixa complexidade (possibilidade de confecção de protótipos) utilizando conceito de economia circular.

Através da técnica de brainstorming e benchmarking o grupo pensou em um patinete com propulsão humana e possibilidade de eletrificação através de bateria abastecida com energia renovável para uso em ciclovias da cidade.

A partir de uma bicicleta que seria uma sucata o destino fim, desenvolveu a ideia do processo de fabricação de um patinete remanufaturado com mínimo de resíduos para descarte e menor consumo de energias para a fabricação do protótipo.

A figura 4, demonstra basicamente como foi desenvolvida a concepção da ideia com base em escopo e conceitos de EC para a sustentabilidade.

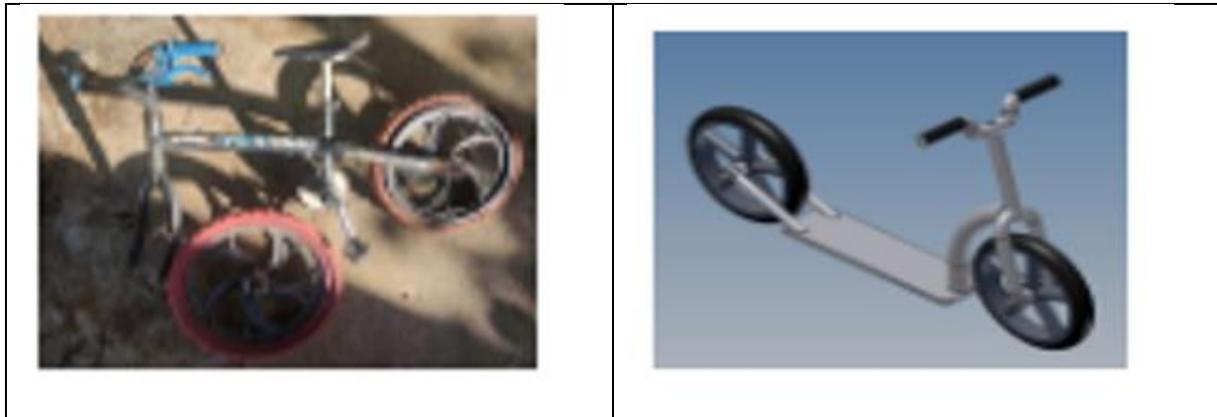


FIGURA 4: Concepção da Ideia

Definiu com base nos pilares da EC de recusar matérias primas novas, repensar na remanufatura para um patinete reutilizando um produto fim de vida que não fosse reparado para reuso.

Utilizou CAD para elaborar o desenho de conjunto do protótipo, detalhou os desenhos das partes e especificações aplicando conhecimento de desenho técnico mecânico.

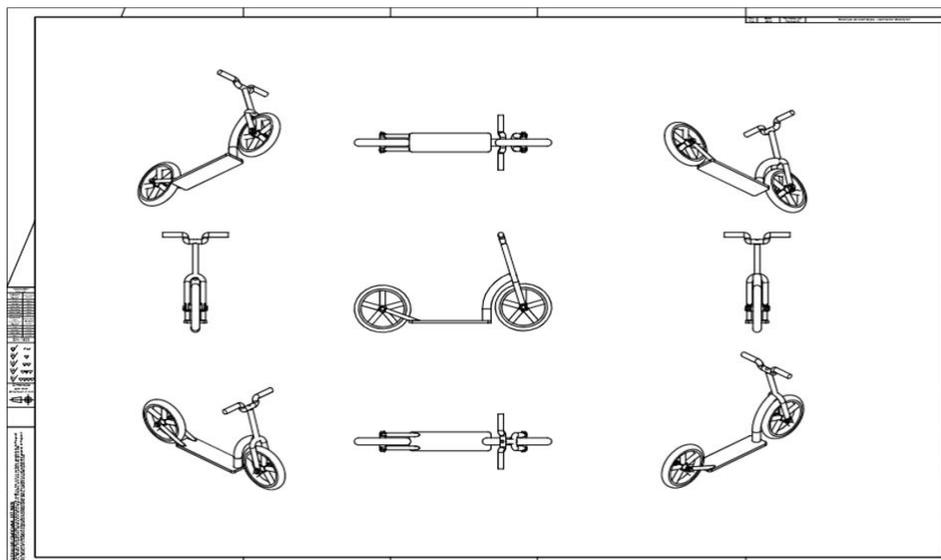


FIGURA 5 : Desenho de Conjunto 3D elaborado pelo grupo.

Criou em função do desenho detalhado uma estrutura no software MRP – Material Resources Planing, de planejamento de materiais, denominada de lista *BOM – Bill of Material*, conhecida como lista mestra de materiais no modelo arvore de produto (Guess, 1985).

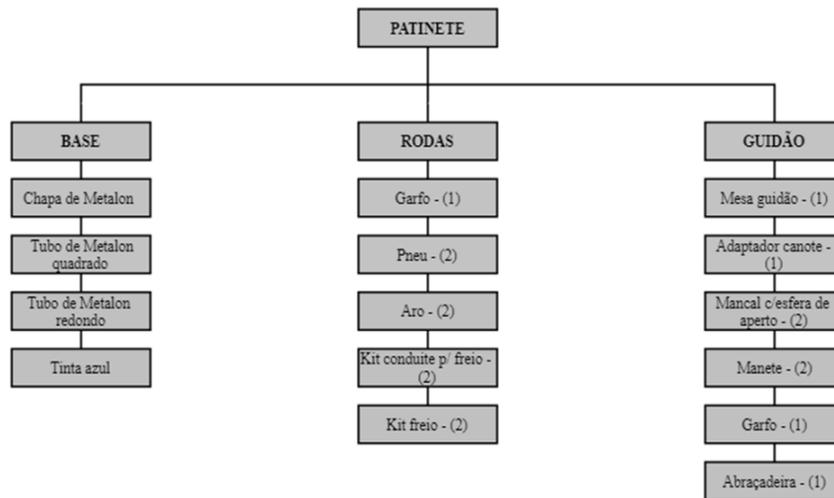


FIGURA 6 : Estrutura de Materiais

Após estrutura de materiais, utilizando a ferramenta de fluxograma foi elaborado as etapas do processo de fabricação para execução e confecção do protótipo aplicando conhecimento de máquinas e ferramentas em oficinas

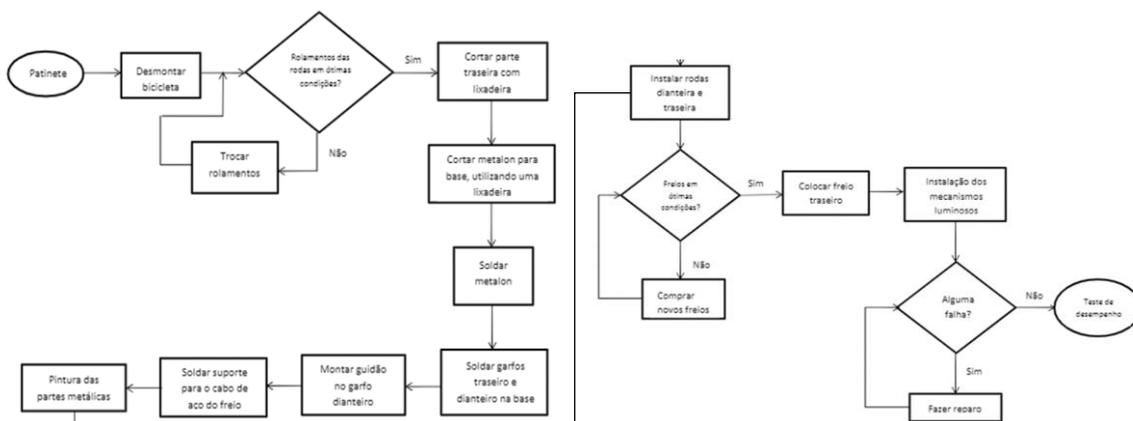


FIGURA 7 – Fluxograma das etapas do processo do Produto

Após fabricação do protótipo, foram realizados os testes dinâmicos (velocidade, peso, massa, carga distribuída, funcionabilidade etc.) e avaliou o protótipo quanto a riscos funcionais do projeto.

Durante os testes dinâmicos do protótipo, foram aplicados os conceitos de tipos de falhas funcionais possíveis e análise da severidade dos efeitos conforme tabela resumida.

FMEANº: 1		EQUIPE: Bruno, Diogo, Jasson, Maria e Thiago				Pág.: 1 de 1			
DATA: 04/04/2022						Rev: 1			
Produto analisado	Aspecto funcional analisado	Tipos de falhas potenciais	Efeitos	Causa potencial	Medidas preventivas	Índices			
						S	O	D	R
			Risco de colisão (desgaste dos componentes, traumas físicos, deslocamento irregular)	Rompimento da solda		9	1	2	18
				Rolamento travado (excesso de sujeira)	Inspeção da qualidade		9	1	3

FIGURA 8 : Exemplo de tabela com análise de falha

Na sequência, segundo (Toledo, 2006) foi elaborado um brainstorming com todas as possíveis falhas funcionais, identificaram quais eram as possíveis causas e aplicaram um plano de ação para evitar efeitos severos nos riscos calculados (severidade efeitos x possibilidade de ocorrência x forma de detectar e evitar) para mitigar efeitos severos.

Durante os testes funcionais do patinete, utilizou os EPI's – Equipamentos de Proteção Individual por questões de segurança pessoal contra acidentes, validou as características dinâmicas e funcionais do protótipo.

CONCLUSÕES

O projeto integrador apesar de básico, atingiu o objetivo de demonstrar de maneira sustentável a aplicação do conhecimento teórico, transformando materiais recicláveis em um produto novo.

O protótipo proporcionou à sociedade possibilidade potencial das práticas sustentáveis, juntamente com a promoção do bem-estar comum da mobilidade urbana sem emissão de gás estufa e ainda pode ser um meio de transporte elétrico em projetos futuros.

Na concepção da ideia cumprindo o escopo, recusou e reduziu o uso de matéria prima nova, só gastou energia para transformar um produto fim de vida (sucata) em um produto usual, projetaram o reuso de peças para um novo produto evitando o último estágio fim de vida sucata para reciclagem.

A construção foi realizada seguindo a rigor das especificações dadas previamente pelo avaliador do projeto, tais como: resistência, segurança e aplicabilidade, que foram avaliadas durante a evolução do projeto.

O trabalho contribuiu para fomentar entre os membros da equipe o espírito de liderança e trabalho em grupo, com base nas metodologias e dinâmicas utilizadas na elaboração do patinete.

Esse projeto integrador multidisciplinar pode ser melhorado e aplicado para trazer uma metodologia ativa ao discente, conforme recomenda as novas diretrizes do catálogo do MEC para cursos de engenharias.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

A contribuição dos alunos e autores do artigo foi desenvolver um PDP até a fase de testes e protótipos na prática com conceito de produto sustentável aplicando conceitos de Economia Circular.

AGRADECIMENTOS

Ao coordenador de Engenharia de Produção do ano de 2021 e aos alunos da 1a. Turma de Engenharia de Produção do IFSP Câmpus Boituva.

REFERÊNCIAS

BATALHA, Mario. **Introdução à engenharia de produção**. Elsevier Brasil, 2013.

GUESS, V. C. **APICS training aid: bills of material**. Revised edition. Falls Church: American Production and Inventory Control Society, 1985.

MANAVALAN, E. . E. A. An analysis on sustainable supply chain for circular economy. **Procedia Manufacturing**, p. 477-484, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.059>

OLIVEIRA, André Bernardo de; CHIARI, Renê. **Fundamentos em gerenciamento de projetos baseado no PMBOK 5ª edição**. 2014.

ROZENFELD Henrique; FORCELLINI Fernando. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para melhoria do processo**. 1ª. edição. Editora Saraiva, 2012. 576 p.

TOLEDO, José Carlos de; AMARAL, Daniel Capaldo. **FMEA-Análise do tipo e efeito de falha**. GEPEQ–Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade-DEP–UFSCar. Apostila, 2006.

VERGARA, S. C. **Começando a definir a metodologia. Projetos e relatórios de pesquisa me administração**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2009.