

**SISTEMATIZAÇÃO DO PROJETO DE UM CARRO ELÉTRICO PARA COLETA
SELETIVA COM BASE EM MODELOS DE REFERÊNCIA PARA
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

Amaranta Hayata (amarantahaya@gmail.com) - Faculdade de Tecnologia / Universidade de Brasília

Sanderson Barbalho (scmbbr@yahoo.com.br) - Universidade de Brasília

Roberto Canedo Rosa (engcanedorosa@gmail.com) - Universidade de Brasília

RESUMO

O desenvolvimento de um produto envolve diversas etapas que devem ser cumpridas, objetivando a produção de um item que represente os reais requisitos exigidos e seja passível de produção de forma a agregar valor ao mercado. Nesse sentido, muito se tem propalado sobre Processo de Desenvolvimento de Produtos como meio dinâmico e prático de sistematizar informações para construir um esquema básico de produto, garantindo os principais vínculos entre objetivos, planejamento, implementação e verificação. O presente trabalho tem por finalidade apresentar a sistematização do processo de desenvolvimento de um veículo elétrico projetado por uma equipe de estudantes universitários para apoiar centros de catadores de material reciclável. Aspectos dos processos de definição dos requisitos, geração de alternativas e análise de valor, assim como do projeto conceitual do produto são apresentados.

Palavras chave: *Carro elétrico; Processo de desenvolvimento de produtos; Modelo de referência mecatrônico*

1. INTRODUÇÃO

A importância da área de desenvolvimento de produto vem se ampliando significativamente nas últimas décadas, uma vez que o aumento da competitividade no cenário comercial demanda a modernização dos processos gerenciais das empresas envolvidas, objetivando por um lado, melhorias na qualidade dos produtos e, por outro, a redução de custos e aumento de produtividade. Não por menos, o desempenho da capacidade de inovar e desenvolver produtos tem sido visto como ponto estratégico para a competição em diversos segmentos industriais.

As rápidas mudanças nas preferências e necessidades dos consumidores e a agilidade no surgimento de novas ideias de produtos são realidades que provocam uma redução significativa no ciclo de vida dos produtos. Assim, em uma economia globalizada, o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) é considerado um fator crítico para manutenção da competitividade organizacional e sobrevivência da organização, uma vez que tal processo garante a capacidade de manter linhas de produtos atualizadas e condizentes com o dinâmico nível de exigência dos consumidores. De tal modo, o PDP de produtos cada vez mais complexos estabelece um gerenciamento integrado que envolve capacidades multifuncionais, para fazer frente à evolução tecnológica.

Devido sua importância competitiva, muitos autores e especialistas propõem os denominados modelos de referência, que visam determinar meios para desenvolver produtos que tenham potencial de sucesso mercadológico. Assim, ao estabelecerem procedimentos, técnicas, metodologias e ferramentas, os modelos de referência definem premissas e diretrizes ditas necessárias para o sucesso do desenvolvimento de novos produtos.

Projetos de produtos desenvolvidos em ambiente universitário apresentam limitações em diferentes aspectos e, conseqüentemente, muitos dos modelos de referência da literatura não contemplam especificidades importantes associadas ao contexto no qual o desenvolvimento das competências técnicas e transversais dos envolvidos visa a produção apenas de protótipos destinados a estudos e pesquisas, diferentemente das organizações que desenvolvem produtos para serem comercializados. Todavia, vale ressaltar que apesar de não ser objetivo principal dos projetos de pesquisas universitários, os produtos desenvolvidos no âmbito de pesquisa

podem vir a apresentar grandes potenciais competitivos, podendo posteriormente dar origem a projetos empresariais.

Perante a necessidade de criar um referencial de gestão de conhecimento para projetos universitários, o presente trabalho tem como principal enfoque de estudo o Ciclar, projeto desenvolvido por uma equipe de estudantes universitário da Universidade de Brasília. O principal objetivo do Ciclar é fabricar um protótipo de veículo elétrico destinado a realizar a coleta de material reciclável descartado no campus Darcy Ribeiro. De tal modo, o Ciclar visa não somente o desenvolvimento tecnológico, mas também o papel social e ambiental dos estudantes como futuros profissionais atuantes na área tecnológica.

O objetivo geral deste trabalho é sistematizar a documentação de desenvolvimento de um veículo elétrico projetado e fabricado por um grupo de estudantes universitários, baseando-se nas melhores práticas de desenvolvimento de produto estabelecidas em modelos de referência. A seção seguinte apresenta o referencial de pesquisa utilizado, posteriormente a metodologia empresa e enfim, os resultados alcançados e conclusões.

2. MODELOS DE REFERÊNCIA EM PDP

Atualmente, o modelo unificado de PDP proposto por Rozenfeld *et al.* (2006) é um dos mais empregados como referência, uma vez que é considerado um modelo genérico voltado para o setor de manufatura de bens de consumo. Neste modelo, o processo de desenvolvimento de produtos é dividido em macro fases, que são subdivididas em fases e que, por sua vez, são divididas em atividades, conforme apresentado na Figura 1.

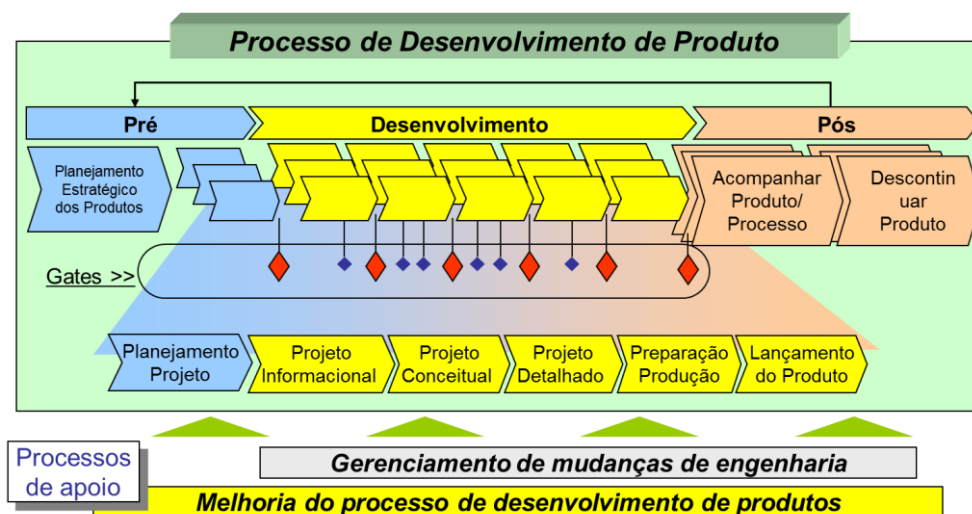


Figura 1. Visão geral do modelo unificado de Rozenfeld et al (op. cit., p. 44)

A macro fase de pré-desenvolvimento visa garantir que o portfólio de projeto a ser desenvolvido seja condizente com as oportunidades e restrições, com as expectativas dos envolvidos e, principalmente, com as estratégias da empresa. Fazem parte desta macro fase as fases de planejamento estratégico do produto, processo gerencial que orienta os demais processos de negócio da organização direcionando os estudos para um escopo menor; e planejamento do projeto, que realiza o planejamento macro de um dos projeto de novo produto identificados na fase anterior. O pré-desenvolvimento é a macro fase que trabalha com o conjunto que apresenta maior quantitativo de projetos e, a partir de então, o número de projetos a serem desenvolvidos diminui a cada fase resultando em apenas alguns lançamentos.

A segunda macro fase é a denominada desenvolvimento, caracterizada por enfatizar os aspectos tecnológicos necessários para a definição do produto, suas características e sua forma de produção. Ao final desta macro fase, pretende-se obter informações técnicas detalhadas do produto, definição dos meios de produção e delimitações comerciais do produto desenvolvido, visto que neste ponto, os protótipos já foram aprovados e o produto já foi lançado. O desenvolvimento é composto pelas fases de projeto informacional (cujo objetivo é definir especificações meta do produto a partir de informações levantadas no pré-desenvolvimento), projeto conceitual (busca, criação, representação e seleção de soluções viáveis para o problema e/ou oportunidade identificado do projeto), projeto detalhado (visa desenvolver e finalizar todas as especificações do produto levantadas até o momento para encaminhamento à manufatura), preparação da produção (engloba a fabricação do lote piloto, a definição dos processos produtivos e a manutenção) e lançamento do produto (consiste nas atividades da cadeia de

suprimento voltadas para a colocação do produto no mercado, compreendendo o desenho dos processos de venda e distribuição, o atendimento ao cliente e assistência técnica, e as campanhas de marketing do produto).

Por fim, a fase de pós-desenvolvimento apresenta como atividades centrais o acompanhamento sistemático do produto no mercado, bem como documentação das melhorias identificadas ao longo do ciclo de vida do produto. Ademais, esta macro fase também é responsável pelo processo de retirada do produto do mercado e avaliação de todo seu ciclo de vida, para que as experiências sirvam de referência para os desenvolvimentos futuros. Assim, o pós-desenvolvimento abrange as fases de acompanhar produto/processo e descontinuar produto.

Apesar do modelo unificado de Rozenfeld et al (*op. cit.*) ser utilizado nesse trabalho, em função da característica do produto em foco, que sendo um carro elétrico demanda tecnologias de várias áreas, como mecânica, elétrica e software, optou-se por compor o quadro teórico também com o modelo definido por Barbalho (2006) que apresenta um foco em desenvolvimento de produtos mecatrônicos, possibilitando não somente a comercialização do produto, como também melhoria nos indicadores de custo, controle de prazos e redução de reclamações dos setores produtivos com relação às especificações da engenharia.

Assim como o modelo unificado de Rozenfeld et al. (*op. cit.*), o Modelo de Referência Mecatrônico (MRM) de Barbalho (*op. cit.*) é estruturado em fases organizadas cronologicamente que transformam as entradas em documentos de saída por meio de um conjunto de atividades definidas. A sequência das fases do MRM é baseada na técnica de agregação de valor e é definida conforme mostrado na Figura 2.

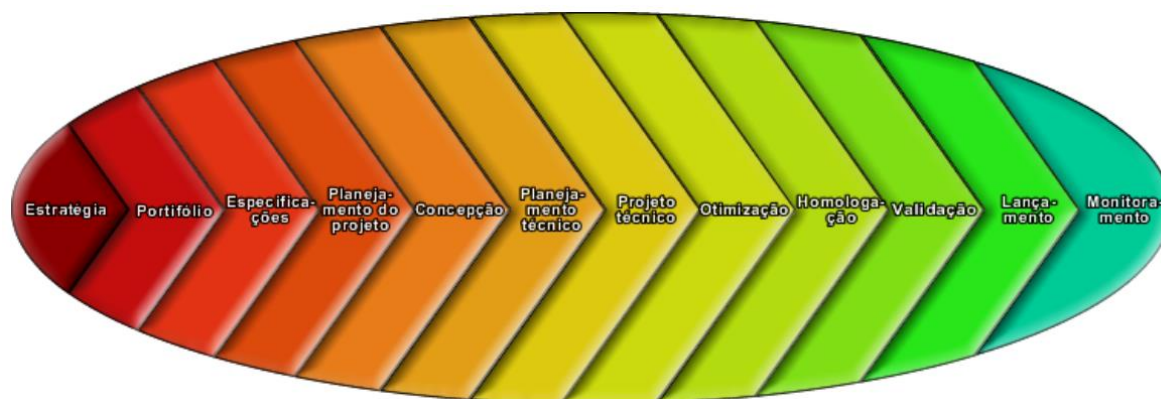


Figura 2. Fases do modelo MRM (Barbalho e Rozenfeld, 2013)

A utilização da técnica de cadeia de valor agregado dá diretrizes para a implementação do modelo em contextos que apresentem reduzidos recursos disponíveis, adequando-se a projetos didáticos oriundos de iniciais universitárias. Ademais, o modelo estruturado permite o paralelismo entre atividades de diferentes fases, desde que este paralelismo não implique em falta de recursos para a conclusão das atividades centrais identificadas no período. Por outro lado, a forma elíptica na qual o modelo foi estruturado também evidencia a maior duração das fases centrais do desenvolvimento do produto, na qual o escopo técnico e o esforço da empresa demandam maior volume de atividades dos diferentes atores que nas fases extremas.

A primeira fase do MRM é a fase de estratégia, que consiste em definir os objetivos estratégicos que se almejam atingir com linhas de produtos a serem desenvolvidos, tomando como base informações do mercado e do plano estratégico da organização. Em seguida, a fase de portfólio identifica os produtos potenciais para cada linha de produto levantada na fase anterior, propondo projetos de desenvolvimento que se adequem às diretrizes estabelecidas na estratégia do produto. Os requisitos dos clientes, requisitos normativos e critérios de projeto são levantados na fase de especificações, auxiliando o processo de transformação estas informações em valores meta das métricas de qualidade do produto. No planejamento do projeto os recursos são alocados e o PDP é planejado de acordo com suas estruturas de trabalho e cronograma.

Com o objetivo de definir os princípios de solução para as funções principais do produto e seus principais componentes, a fase de concepção levanta alternativas de soluções técnicas que são submetidas a um processo de seleção. Posteriormente, o planejamento técnico detalha o plano de projeto com base na alternativa definida na fase de concepção, consolidando a arquitetura do produto. No projeto técnico, cada área técnica desenvolve soluções para as funções primárias do produto de forma integrada e inter-relacionada. Assim, chega-se à fase de otimização que, a partir de teste e análises de soluções para funções secundárias do produto, é capaz de aumentar a robustez e confiabilidade do produto. As fases de homologação e validação resultam na homologação do processo de fabricação e de montagem, e na validação e certificação do produto de acordo com os requisitos normativos, com o objetivo de viabilizar sua comercialização. Por fim, no lançamento e monitoramento do produto, as estratégias de lançamento dão início à comercialização do produto e seus resultados são acompanhados, gerenciando o desempenho do produto e as modificações necessárias, até sua descontinuação.

A partir dos dois modelos apresentados foi selecionado um modelo de referência base para o desenvolvimento da sistematização, conforme apresentado no capítulo quatro.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho é classificado como pesquisa aplicada do ponto de vista de sua natureza, visto que se caracteriza pelo interesse prático e aplicado dos conhecimentos desenvolvidos ao longo dos estudos. Por sua vez, no que se trata de seus objetivos, o trabalho é do tipo exploratório, uma vez que envolve atividades de levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulam a compreensão. Quanto à abordagem metodológica, a presente pesquisa é um estudo de caso qualitativo, pois, com o foco no processo e nas análises indutivas, busca-se ampliar os conhecimentos do problema proposto para que então seja realizado um estudo prático e profundo de um projeto específico.

Os estudos de casos são capazes de gerar resultados com alto potencial de impacto, levando a novas e criativas percepções que possibilitem o desenvolvimento de novas teorias. Devido sua importância, Yin (2010) define, a partir dos objetivos propostos, três tipos predominantes de estudo de caso: exploratório, explorar uma situação pouco conhecida; descritivo, objetiva evidenciar a realidade como ela é, descrevendo-a; e explanatório, que visa explicar uma situação em termos de causas e efeitos.

Logo, pode-se considerar que o presente projeto consiste em um estudo de caso exploratório, visto que sua estrutura é composta pelo estudo detalhado de um determinado objeto e que, ao final, busca-se identificar as melhorias do processo, os instrumentos que deverão ser refinados e as hipóteses que deverão ser reformuladas, tomando como base os resultados do estudo de caso.

Segundo Miguel (2007) o método de condução de estudo de caso deve seguir as atividades conforme estabelecido na Figura 3.

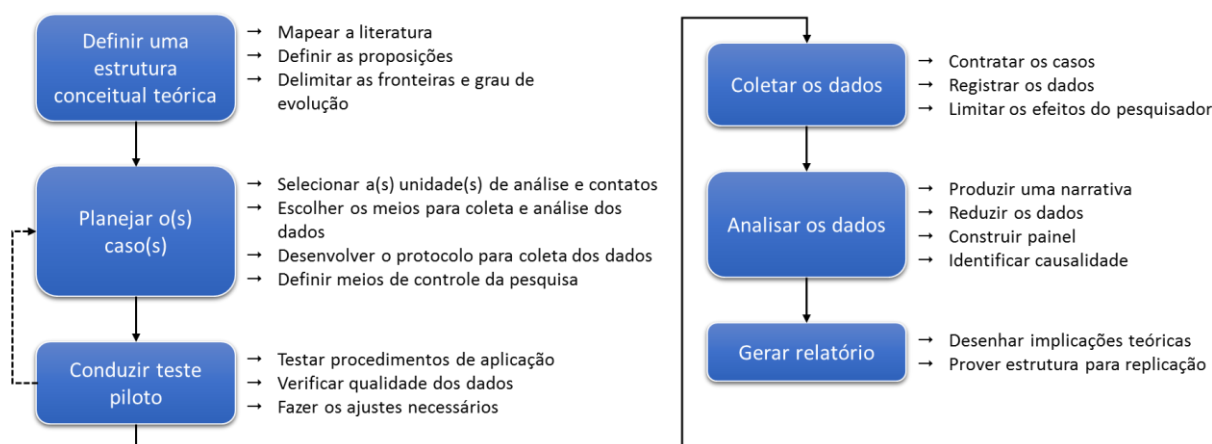


Figura 3. Fases de condução do estudo de caso

Fonte: Adaptado de Miguel op. cit.

A investigação de um estudo de caso inicia-se com a definição de um referencial conceitual teórico, resultando em uma estrutura mapeada da literatura sobre o assunto. A fase de definir uma estrutura conceitual teórica também engloba a delimitação das fronteiras da pesquisa, estabelecendo o suporte teórico e explicando o grau de evolução sobre o tema estudado. Em seguida, a fase de planejar o(s) caso(s) consiste na definição da quantidade de unidades a serem analisados e sua seleção propriamente dita. Assim, selecionado(s) o(s) caso(s), determina-se os métodos e técnicas que serão utilizados tanto para a coleta como para a análise dos dados, estabelecendo meios de controle para a condução da investigação.

Apesar de não ser uma atividade muito comum em estudo de caso, a condução de um teste piloto visa verificar os procedimentos de aplicação de forma a propor correções e melhorias no planejamento estabelecido. Após a validação da estrutura e métodos definidos, inicia-se a etapa de coleta de dados por meio da utilização dos instrumentos definidos no planejamento. Em seguida, a análise de dados consiste na redução dos dados coletados de forma a incluir na análise somente o essencial e que tem ligação com os objetivos propostos. A síntese das etapas conduzidas, bem com os resultados e respostas a questões anteriores são apresentadas no relatório final da pesquisa. Desta forma, vale ressaltar que o estudo de caso deve ser pautado na confiabilidade e validade, critérios fundamentais para julgar a qualidade da pesquisa desenvolvida. Nesse caso, todas as etapas de sistematização foram validadas com a gerente do projeto, o gerente adjunto, ambos alunos da Universidade de Brasília, e com os três professores envolvidos no projeto.

No presente trabalho, as etapas de definição da estrutura conceitual teórica e de

planejamento do caso a ser estudado estão baseadas nos modelos de referência analisados na seção anterior. Em seguida, a descrição dos resultados da pesquisa consolida o estudo do caso propriamente dito e a coleta de dados realizadas. Por fim, a fase de análise dos dados consta nas considerações finais do artigo.

4. RESULTADOS

4.1. REQUISITOS E NECESSIDADES DOS CLIENTES

Os projetos decorrentes de iniciativas universitárias são caracterizados, em sua maioria, por apresentar diversos limitantes, e a identificação destes limites é insumo fundamental para definir as especificações do produto. Assim sendo, a identificação das restrições do projeto foi fundamentada em basicamente três fatores: recursos financeiros, infraestrutura disponível e tecnológica acessível. Por outro lado, por se tratar de um veículo elétrico, o desenvolvimento de tal produto requer especial atenção aos requisitos normativos, de forma a viabilizar seu tráfego em vias públicas.

Além dos requisitos normativos e restrições do projeto, as necessidades dos clientes também são um importante insumo para o levantamento das métricas de qualidade do produto. Neste aspecto, por se tratar de um veículo elétrico destinado a apoiar a coleta seletiva no campus universitário, foram levantadas necessidades referentes ao cotidiano dos usuários finais, bem como necessidades mínimas identificadas pelos professores envolvidos no projeto.

Como resultado, a Tabela 1 mostra os requisitos, restrições e necessidades dos clientes identificadas. Estes fatores dão base para a determinação das características técnicas do veículo elétrico.

Tabela 1. Restrições do projeto, necessidades dos clientes e requisitos normativas

Restrição	Minimizar os custos dos sistemas mecânicos
	Ser fabricado por processos convencionais
	Utilizar painel solar
	Utilizar componentes comercializados no Brasil
	Promover inovações
	Baixa exigência técnica de fabricação e montagem
	Fácil fabricação e montagem
	Baixo custo de fabricação e montagem
Necessidades dos clientes	Carregar 5.000 kg de resíduo por semana
	Capacidade para mais de uma pessoa
	Minimizar riscos de falhas por má utilização
	Elevada resistência e durabilidade
	Fácil operação
	Facilidade de recarga das baterias
	Baixo custo de manutenção
	Dispositivos de segurança para acesso aos componentes
	Proporcionar segurança durante o uso
Requisitos normativos	Atender aos limites de velocidade das vias urbanas
	Atender ao código de trânsito brasileiro

Assim, observa-se que as restrições se concentram no aspecto do custo e da facilidade de manufatura, além do uso de painel solar. Do ponto de vista da necessidade dos clientes, os requisitos funcionais estão balizados pela necessidade de carregar 5000 Kg por semana, o que significa 1000 Kg por dia útil no Campus. Os demais requisitos são trabalhados de maneira a atender esse dois.

4.2. MÉTRICAS DA QUALIDADE DO PRODUTO

Após a identificação dos requisitos normativos, das restrições do projeto e das necessidades dos clientes, tais aspectos são traduzidos em características técnicas do produto (Tabela 2), denominadas métricas de qualidade do produto (Barbalho, 2006).

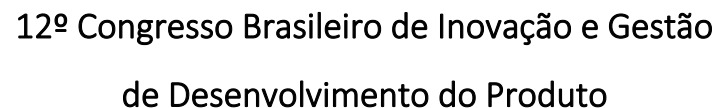


Tabela 2. Métricas da qualidade do produto

[illegible]

Assim, por exemplo, o requisito de “carregar 5000 kg por semana” é desdobrado nas características técnicas de “capacidade de carga”, “capacidade de pessoas”, “velocidade”, “autônoma”, “vida útil do veículo”, “custo por quilômetro rodado” e assim por diante para todas as restrições, requisitos e aspectos normativos.

Uma vez conhecidas as métricas de qualidade do produto, são identificadas as especificações apresentadas pelos modelos existentes no mercado. Para tal, foi considerada uma análise tecnológica levando em conta tanto os veículos elétricos já presentes no mercado competitivo, como também suas prospecções tecnológicas. Como o veículo objeto de estudo deste projeto visa apoiar a coleta seletiva realizando o transporte do material desde seu ponto descarte até o centro de coleta das cooperativas, foi dada uma maior ênfase nos veículos elétricos cuja finalidade principal é o transporte de carga.

4.3. ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO

Tendo identificado os parâmetros de concorrentes em relação às características técnicas definidas, parte-se então para a determinação das especificações do produto em desenvolvimento. Assim, a Tabela 3 mostra o resultado da determinação dos valores meta de cada característica técnica identificada como fundamental para atender aos requisitos e necessidades dos envolvidos.

Tabela 3. Especificações meta do produto

Métricas da qualidade do produto	Valores-meta
Custo de produção	R\$ 50.000
Capacidade de carga	200kg no veículo + 1000kg no reboque
Conforto	Acomodação mínima de 90% da população
Capacidade de pessoas	2 pessoas
Velocidade	Até 75 km
Autonomia	100 km
Interfaces de comunicação com o usuário	No mínimo 1 interface visual
Vida útil do veículo	10 anos
Componentes disponíveis no mercado local	70%
Componentes móveis protegidos	100%
Componentes eletrônicos protegidos	90%
Componentes fabricados por processos convencionais	80%
Material de alta resistência	65%
Cantos vivos e arestas cortantes	0
Custo por km rodado	Até 0,06 R\$/km
Matéria prima disponível no mercado local	80%
Nível de ruído	Até 40 dB
Ocorrência de falhas durante operação	Até 1 falha (manutenção corretiva) a cada 6 meses
Peças intercambiáveis	65%
Cumprir checklist de normas regulamentadoras	100%

Uma vez definidas as métricas de qualidade do produto, é importante identificar as características NUD (novas, únicas e difíceis) para auxiliar o planejamento dos parâmetros críticos do projeto (Barbalho, 2006). Neste sentido, a partir das métricas definidas para o veículo elétrico, identifica-se como característica NUD o custo de produção, a autonomia, a disponibilidade dos componentes no mercado local e a intercambiabilidade de peças, devido a não popularidade dos veículos elétricos no Brasil.

4.4. CONCEITO DO PRODUTO

Assim sendo, foi determinada a utilização de um motor brushless 10 hp e baterias de lítio de 200 Ah, visando atender as especificações meta estabelecidas. Baseando-se nesta seleção, foram identificadas duas alternativas preliminares de produto. A primeira alternativa de conceito é o estilo pick-up, com quatro rodas e caçamba inclinada, facilitando a remoção da carga. Sua suspensão é independente na dianteira com eixo rígido atrás, com freio a disco dianteiro e traseiro. Ademais a tração é traseira podendo aparecer em duas configurações, motor central e redução por diferencial ou um motor em cada roda e redução por engrenagens com controle eletrônico de rotação em curva. Uma vantagem deste conceito é a simplicidade estrutural e a similaridade com os veículos comumente utilizados tornando dispensável a mão

de obra especializada para operar o veículo. Esta alternativa foi baseada nos veículos elétricos utilizados para coleta de resíduos e pode ser melhor visualizada na Figura 4.



Figura 4. Conceito do veículo estilo pick-up para transporte de carga

Fonte: <www.veiculoselétricos.com.br>

Por outro lado, o segundo conceito é o estilo rebocador, composto por um veículo trator com duas rodas dianteira e uma traseira que puxa o reboque com a carga desejada. Este conceito se baseia em veículos utilizados por indústrias para movimentação de material, como o apresentado na Figura 5. Entretanto, é importante observar que o conceito aqui proposto inverte a disposição das rodas no veículo, passando de um veículo de duas rodas traseira e uma dianteira, como ilustrado na figura, para um veículo de duas rodas dianteiras e uma traseira.



Figura 5. Conceito do veículo estilo rebocador para transporte de carga

Fonte: <www.veiculoselétricos.com.br>

O veículo elétrico estilo rebocador apresenta tração traseira com redução por correntes,

suspensão independente na dianteira e mono-choque na traseira e freio a disco em todas as rodas. Ademais, este conceito é caracterizado pela redução de custos com a transmissão e redução do raio de curvatura, proporcionando maior estabilidade em curvas. Por se tratar de um rebocador, o veículo é versátil, podendo ser utilizado sem a unidade rebocadora, ou até mesmo, utilizar unidades rebocadoras destinadas para fins diferentes, como por exemplo, para o transporte coletivo de pessoas. Visto que são duas unidades diferentes, esta alternativa proporciona o desenvolvimento de um veículo mais leve e com maior capacidade de carga.

Deste modo, a redução de custos e a maior capacidade de carga foram aspectos fundamentais para escolha do conceito rebocador, uma vez que, devido a suas características, este conceito apresenta maior facilidade para atingir as especificações meta estabelecidas. Outro ponto importante levado em consideração é a versatilidade do veículo, podendo ser utilizado para transporte de pessoas, patrulhamento ou até mesmo para fins comerciais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que um produto represente os reais requisitos exigidos e seja passível de produção, o desenvolvimento de sua concepção envolve diversas etapas que devem ser realizadas, de forma a atender o mercado. Com efeito, o Processo de Desenvolvimento de Produtos visa sistematizar informações e construir um esquema básico de produto, respeitando a integração entre objetivos, planejamento e implementação, especialmente quando se usa os denominados modelos de referência.

Por sua vez, a busca por novos métodos de aprendizagem tem resultado em uma valorização da aprendizagem colaborativa, dado o caráter definitivo que a troca de informações e de experiências exerce no desenvolvimento de competências. Neste sentido, o conceito de aprendizagem colaborativa foi aplicado como uma referência ao *modus operandi* na construção do conhecimento de uma equipe de estudantes universitários para o desenvolvimento do projeto Ciclar, o qual propõe o desenvolvimento e fabricação de um veículo elétrico destinado a apoiar a coleta seletiva do campus universitário.

Devido suas particularidades, a implementação do PDP no âmbito deste projeto requer utilização conjunta de modelos de referência visando atender a todas as particularidade e restrições do contexto específico.

Os projetos em ambiente universitário têm por objetivo o desenvolvimento e aplicação

de competências técnicas e transversais, proporcionando a formação de profissionais mais capacitados e preparados para o mercado de trabalho. Assim, conclui-se que um dos principais benefícios da sistematização do processo aplicado ao Ciclar é a melhoria no gerenciamento do conhecimento. A externalização e combinação dos conhecimentos gerados a partir do desenvolvimento do veículo elétrico são demonstrados no presente trabalho, possibilitando assim, a internalização destes conhecimentos por outras pessoas que darão continuidade ao projeto. A documentação resultante, além de facilitar o controle e acesso das informações, auxilia no processo de integração dos envolvidos, uma vez que o compartilhamento do conhecimento por meio da troca de experiências agrega mais valor aos conhecimentos gerados e, conseqüentemente, resulta em documentos mais completos e sistêmicos.

Nesse artigo, apenas a fase de especificação do produto em que são gerados os requisitos e o conceito básico do produto, é apresentada. Porém, todas as fases dela decorrentes, até a otimização do produto e o desenvolvimento de análises de confiabilidade, foram sistematizadas. Sua descrição, porém, foge ao escopo do presente trabalho. Uma vez sistematizados os requisitos, a equipe pode gerenciar sua mudança ao longo dos anos, à medida que novos membros entram no projeto e os antigos se graduam e vão para o mercado de trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- Barbalho, S. C. M. *Modelo de referência para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos: proposta e aplicações*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2006.
- Barbalho, S. C. M.; Rozenfeld, H. *Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos (MRM): validação e resultados de uso*. Gestão & Produção, v. 20, p. 162-179, 2013.
- Miguel, P. A. C. *Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução*. Produção, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 216-229, jan/abr 2007.
- Rozenfeld, H. et al. *Gestão de desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo*. 1. São Paulo: Saraiva, 2006.
- Turrioni, J. B.; C. H. P. Mello. *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção: Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas*. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, 2012.

Yin, R. K. *Estudo de caso*: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookmann, 2010.