



Augusto Leonardo Lorenzson

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PROTEÇÃO PARA A TRANSMISSÃO DE UM
VEÍCULO BAJA SAE**

Horizontina - RS

2017



Augusto Leonardo Lorenzson

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PROTEÇÃO PARA A TRANSMISSÃO DE UM
VEÍCULO BAJA SAE**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina, sob orientação do Professor Me. Guilherme Jost Beras.

Horizontina - RS

2017

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**“DESENVOLVIMENTO DE UM PROTEÇÃO PARA A TRANSMISSÃO DE UM
VEÍCULO BAJA SAE”**

Elaborado por:

Augusto Leonardo Lorenzton

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

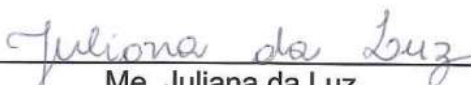
Aprovado em: 20/11/2017
Pela Comissão Examinadora



Me. Guilherme Jost Beras
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Me. Jonathan Felipe Camargo
FAHOR – Faculdade Horizontalina



Me. Juliana da Luz
FAHOR – Faculdade Horizontalina

**Horizontalina - RS
2017**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Adão Lorenzson e Maria Odete Mosquer Lorenzson, e aos meus irmãos Humberto Samuel Lorenzson e Tomas Henrique Lorenzson, que sempre me apoiaram nessa caminhada, e pelo incentivo e carinho incondicional que recebi durante toda a minha vida.

AGRADECIMENTO

Ao professor Orientador Guilherme Jost Beras, pelo apoio, paciência e orientação do projeto, além de todo o conhecimento passado aos alunos.

É necessário também agradecer a todos os professores da FAHOR que estiveram presentes na minha vida acadêmica, e que contribuíram de alguma forma para o meu aprendizado.

Aos meus amigos e colegas desta caminhada, onde pude contar com a amizade e apoio, pela troca de experiências e conhecimentos, pelo suporte nos momentos difíceis, e pela alegria e descontração durante toda essa jornada, em especial, Augusto Garbrecht, Bruno Anderle, Eduardo dos Santos, Leonardo Arndt da Silva e Mateus Lorenzson.

“Julgue seu sucesso pelas coisas que você teve que renunciar para conseguir”.

Dalai Lama

RESUMO

A constante busca por melhores resultados dentro das competições do Baja SAE, faz com que as equipes participantes apresentem a cada etapa carros com melhor performance. Para isso, é necessário que as mesmas busquem aperfeiçoar cada sistema de veículo, desenvolvendo novas tecnologias. O presente projeto teve por objetivo o desenvolvimento de uma proteção da transmissão de um veículo Baja da Equipe Sinuelo FAHOR. A proposta do trabalho foi desenvolver o produto seguindo uma metodologia de desenvolvimento de produto (PDP), utilizando as fases de projeto informacional, conceitual e detalhado, garantindo assim um produto que atendesse os requisitos do cliente, além de, assegurar alta qualidade e desempenho. Para auxiliar a metodologia PDP na modelagem do produto, utilizou-se o *software SolidWorks*. Os resultados obtidos a partir deste trabalho foram considerados satisfatórios, já que puderam atender de forma completa todos os requisitos levantados, além de atender todas as normas SAE.

Palavras-chave: Baja. SAE. Projeto de Produto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Motor Briggs & Stratton Intek Pro de 10 HP	17
Figura 2 – Polias do Sistema de Transmissão CVT	18
Figura 3 – Normas para a proteção da CVT em veículos Baja SAE	19
Figura 4 – Equipe Sinuelo durante a competição nacional do Baja SAE Brasil	20
Figura 5 – Fases do Desenvolvimento do Produto.....	23
Figura 6 – Diagrama de Mudge.....	33
Figura 7 – Ferramenta QFD (Matriz da casa da Qualidade)	35
Figura 8 – Fluxograma da função global do produto	38
Figura 9 – Estrutura funcional simplificada.....	38
Figura 10 – Estrutura funcional definida.....	39
Figura 11 – Concepção alternativa 1.....	42
Figura 12 – Concepção alternativa 2.....	42
Figura 13 – Concepção alternativa 3.....	43
Figura 14 – Concepção final do produto	44
Figura 15 – Dimensões básicas da concepção	44
Figura 16 – Leiaute preliminar.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Identificação dos clientes ao longo do Ciclo de Vida.....	30
Quadro 2 – Identificação das necessidades dos clientes.....	31
Quadro 3 – Requisitos de Projeto	32
Quadro 4 – Classificação dos requisitos por grau de importância.....	33
Quadro 5 – Requisitos primários	36
Quadro 6 – Requisitos secundários	36
Quadro 7 – Descrição das Funções	39
Quadro 8 – Matriz morfológica	40
Quadro 9 – Combinação dos princípios de solução	41
Quadro 10 – Matriz de decisão	43
Quadro 11 – Lista de verificação dos erros e fatores de perturbação.....	47
Quadro 12 – Lista de componentes manufaturados.....	48
Quadro 13 – Lista de componentes comprados.....	48
Quadro 14 – Lista de verificação.....	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	TEMA	12
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.4	OBJETIVOS	13
1.4.1	Objetivo geral	13
1.4.1	Objetivos específicos	13
1.5	JUSTIFICATIVA	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	BAJA SAE	15
2.1.1	Regulamentos da Competição	15
2.1.2	Objetivos da Competição	16
2.1.3	Subdivisões de um veículo Baja	16
2.1.3.1	Sistemas de transmissão em veículo Baja	16
2.1.3.2	CVT em veículo Baja	17
2.1.3.3	Proteção de CVT	18
2.1.3.4	Normas da proteção para CVT em veículos Baja SAE	18
2.1.4	Equipe Sinuelo	19
2.2	PROJETO DE PRODUTO	20
2.2.1	Projeto Informacional	21
2.2.2	Projeto Conceitual	21
2.2.3	Projeto Detalhado	22
3	METODOLOGIA	23
3.1	PROJETO INFORMACIONAL	23
3.1.1	Ciclo de Vida e seus Clientes	24
3.1.2	Identificar as necessidades dos Clientes	24
3.1.3	Definir os requisitos de Projeto	24
3.1.4	Hierarquizar os Requisitos	25
3.1.5	Estabelecer as especificações do Projeto	25
3.2	PROJETO CONCEITUAL	26
3.2.1	Verificação do Escopo do Problema	26
3.2.2	Estabelecer a Estrutura Funcional	26
3.2.3	Pesquisar por Princípios de Solução	27
3.2.4	Combinar Princípios de Solução	27

3.2.5 Selecionar Combinações	27
3.2.6 Evoluir em Variantes de Concepção.....	28
3.3 PROJETO DETALHADO	28
3.3.1 Elaborar Leiautes Preliminares e Desenhos de Formas.....	29
3.3.2 Elaborar Leiautes Detalhados e Desenhos de Formas.....	29
3.3.3 Finalizar as Verificações	29
3.3.4 Revisar Projeto.....	29
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	30
4.1 PROJETO INFORMACIONAL	30
4.1.1 Definição do ciclo de vida e seus clientes.....	30
4.1.2 Identificação das necessidades dos clientes	31
4.1.3 Definição dos requisitos do projeto	32
4.1.4 Hierarquização dos requisitos do projeto	32
4.1.5 Estabelecimento das especificações do projeto	35
4.2 PROJETO CONCEITUAL.....	37
4.2.1 Verificação do escopo do problema.....	37
4.2.2 Estabelecimento da estrutura funcional	38
4.2.3 Pesquisa dos princípios de solução.....	40
4.2.4 Combinação dos princípios de solução	40
4.2.5 Seleção das combinações	43
4.2.6 Evoluir em variantes de solução	44
4.3 PROJETO DETALHADO	46
4.3.1 Elaboração dos leiautes preliminares e desenhos de forma.....	46
4.3.2 Elaboração dos leiautes detalhados e desenhos de forma.....	46
4.3.3 Finalização das verificações	47
4.3.4 Revisão do projeto.....	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS.....	51
APÊNDICE A – DESENHOS DETALHADOS DA PROTEÇÃO DA CVT	53

1 INTRODUÇÃO

A Sociedade dos Engenheiros Automotivos (SAE) promove várias competições pelo mundo com o intuito de desenvolver e aprimorar conhecimentos dos estudantes em relação à engenharia automotiva. As competições Baja SAE são muito tradicionais pelas instituições que dela participam, sendo realizadas desde a década de setenta nos Estados Unidos.

As equipes participantes desta competição devem desenvolver, construir e testar um veículo *off road* que seja capaz de enfrentar e resistir à obstáculos em condições adversas de terreno e clima. A equipe Baja SAE Sinuelo da Faculdade Horizontina – FAHOR, localizada em Horizontina – RS, participa anualmente de duas etapas do evento, sendo uma delas em âmbito regional e a outra nacional.

Devido à constante necessidade de apresentar um veículo competitivo, a cada etapa da competição as equipes participantes buscam o aperfeiçoamento e o desenvolvimento de novas tecnologias. Além disso, o veículo precisa estar apto a atender diversas normas exigidas pela SAE.

1.1 TEMA

A partir dessas informações, a problemática deste trabalho aborda a necessidade de garantir o melhor dimensionamento de uma proteção para a CVT (*Continuously Variable Transmission*) do veículo Baja SAE, utilizando uma metodologia de Projeto de Produto, identificando requisitos e desenvolvendo um projeto que seja capaz de atender à estas necessidades passando pelas etapas de projeto informacional, conceitual e detalhado.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se na aplicação de um processo de desenvolvimento de produtos (PDP), para a realização do projeto informacional, conceitual e detalhado de uma proteção para uma CVT de um veículo Baja SAE da Faculdade Horizontina - FAHOR.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A competição Baja SAE exige altos padrões de desempenho, e por isso, se faz necessário que as equipes busquem melhorias em sistemas do veículo. Dentro deles, está o sistema de transmissão onde a proteção atual da CVT da Equipe Sinuelo possui oportunidades de melhoria, como a implantação de um sistema de arrefecimento, bem como um design mais compacto. A identificação dessas oportunidades se dá através da coleta dos requisitos do cliente. Para Amaral (2006), a obtenção dos requisitos se constitui na primeira decisão física sobre o projeto. A partir disso, essa fase se torna muito importante já que definirá características definitivas do produto final.

Nesse sentido, faz-se necessário responder a seguinte questão de pesquisa: A utilização da metodologia de desenvolvimento de produtos será capaz de entregar uma solução para a proteção da CVT do veículo Baja Sinuelo?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Desenvolver um novo conceito de proteção para uma CVT de um veículo Baja SAE através da utilização de uma metodologia de desenvolvimento de produto (PDP).

1.4.1 Objetivos específicos

- Definir os requisitos do projeto da Equipe Sinuelo;
- Pesquisar e identificar novos conceitos para o sistema de proteção da CVT;
- Entender e assegurar o cumprimento das normas da SAE para a o desenvolvimento e construção de componentes de CVT de veículos Baja.

1.5 JUSTIFICATIVA

De acordo com Amaral (2006), o desenvolvimento de produtos é considerado cada vez mais crítico e pode influenciar diretamente no desempenho do produto no mercado, bem como na eficiência e qualidade dos processos escolhidos. Neste contexto, dada a busca constante pela competitividade entre as equipes Baja SAE, essa fase de desenvolvimento, voltado à melhoria contínua, se torna muito importante, uma vez que esta pode se tornar determinante durante a competição.

É importante ressaltar que a área de desenvolvimento de produtos exige profissionais qualificados que tenham a capacidade de assumir projetos desde a sua fase inicial até o lançamento e acompanhamento do mesmo, sendo assim uma ferramenta de grande importância na vida dos engenheiros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordadas informações relevantes que auxiliarão no desenvolvimento do trabalho, como a apresentação do veículo SAE Baja, bem como o sistema de transmissão utilizado pelo mesmo (CVT) e sua proteção, a qual é o tema principal da pesquisa. Além disso, será abordado referencial sobre o processo de desenvolvimento de produtos.

2.1 BAJA SAE

As competições do Baja SAE consistem-se em desafios lançados aos estudantes de Engenharia que necessitam desenvolver um veículo *off road*, desde a sua concepção, construção, realização dos testes até a participação na competição. Para os alunos, participar do programa é uma chance de aplicar na prática os conhecimentos adquiridos durante o curso, incrementando suas preparações para o mercado de trabalho (PORTAL SAE BRASIL, 2017).

2.1.1 Regulamentos da Competição

Os Regulamentos Baja SAE Brasil (RBSB) são os conjuntos de regras impostas aos competidores que definem o escopo do projeto e suas atividades relacionadas. Esses regulamentos são desenvolvidos pelas seções regionais da SAE Brasil, comitê Baja SAE Brasil, além da Gerência de Associação e dos programas estudantis. Qualquer revisão dentro dos RBSB devem ser aprovadas pela Gerência dos Programas Estudantis e pelo comitê Baja SAE Brasil (PORTAL SAE BRASIL, 2017).

Os RBSB são divididos em capítulos nos quais são definidos em: Definições; Competição Baja SAE Brasil; Requisitos Gerais do Veículo; Requisitos Mínimos de Segurança; Avaliações e Pontuação; e Procedimentos da Competição (PORTAL SAE BRASIL, 2017).

2.1.2 Objetivos da Competição

O objetivo da competição é proporcionar aos estudantes um projeto desafiador no qual envolve tarefas de projeto, planejamento e fabricação que são encontradas ao introduzir um novo produto em um mercado consumidor. As equipes competem uma contra a outra, seja em uma pista de enduro ou em avaliações individuais de sistemas dos veículos. Os alunos também devem trabalhar como equipes para promover o veículo dentro dos limites das regras, além de gerar seu próprio apoio financeiro e gerenciar suas prioridades educacionais (SAE INTERNATIONAL, 2017).

2.1.3 Subdivisões de um veículo Baja

O projeto Baja é subdividido em áreas técnicas e administrativas com o intuito de permitir uma melhor divisão e controle das tarefas. São elas: *Power Train*, Freio, Suspensão, *Design*, Cálculo Estrutural, Eletroeletrônica, *FMEA*, Plano de Negócio, Gestão e *Marketing*. Dessa forma, cada área busca atender seus requisitos e alcançar os objetivos do projeto (EQUIPE SINUELO, 2017).

2.1.3.1 Sistemas de transmissão em veículo Baja

De acordo com o RBSB, os veículos Baja devem possuir motorização padronizada. O regulamento da SAE Brasil (2017), exige que o motor utilizado seja o *Briggs & Stratton Intek Pro* de 10 HP conforme ilustrado na Figura 1. Devido a essa padronização no motor, as equipes buscam aumento de desempenho em outros subsistemas do veículo, e então surge o sistema de transmissão (*Power Train*) no qual é um dos que se obtém maiores resultados (BRESOLIN, 2012).

Figura 1 – Motor Briggs & Stratton Intek Pro de 10 HP



Fonte: Briggs & Stratton (2017).

Durante os últimos anos, as equipes utilizaram e testaram diversos tipos de transmissão. Bresolin (2012), cita que devido à pequena faixa de rotação em que o motor padrão é capaz de operar (1800 a 3800 rpm), é necessário que várias relações de transmissão sejam disponibilizadas para que o Baja atinja a velocidade esperada. A partir dessa realidade, as equipes vem utilizando um conjunto composto por uma transmissão continuamente variável (CVT), sendo assim capaz de atender às várias relações de transmissão que são necessárias para o Baja atingir a velocidade esperada.

2.1.3.2 CVT em veículo Baja

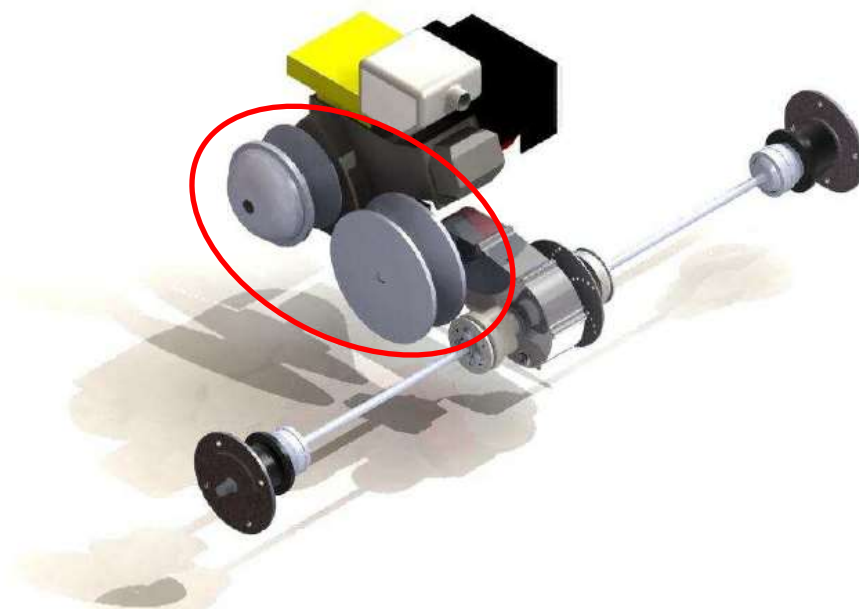
A CVT é um tipo de transmissão que não dispõe de um nível previamente definido para cada opção de marcha. A característica principal do sistema é a possibilidade de variar continuamente a relação de transmissão, proporcionando ao motor seu funcionamento na rotação mais adequada conforme solicitado seja na rotação do pico de potência ou a de maior torque do motor (DIAS, 2010).

Bresolin (2012, p.9), cita “Até hoje, as CVT utilizadas em protótipos Baja são exclusivamente do tipo composto por polias cônicas e correias de borracha em V”. De acordo com o mesmo autor, existem outros tipos de CVT disponíveis no mercado, porém as mesmas apresentam impasses à utilização em veículos Baja, como a adaptação de formas geométricas até ao alto custo e a baixa disponibilidade.

2.1.3.3 Proteção de CVT

Sabe-se que sistemas de transmissão apresentam movimentos rotativos e devido à essa realidade, seus componentes apresentam riscos de esmagamento quando expostos. Riscos de desacoplamento da capa da CVT devido às vibrações do sistema também são possíveis e requerem cuidados. Nesse contexto, a proteção da CVT de um veículo Baja SAE é um ponto importante já que o mesmo também é normatizado, precisando estar adequado aos requisitos impostos pelas regras da competição da SAE Brasil. A Figura 2, ilustra as polias do sistema de transmissão CVT, nas quais apresentam movimentos rotativos (PORTAL SAE BRASIL, 2017).

Figura 2 – Polias do Sistema de Transmissão CVT



Fonte: Dias (p.16, 2010).

2.1.3.4 Normas da proteção para CVT em veículos Baja SAE

Conforme já comentado anteriormente, a proteção da CVT para veículos Baja SAE é normatizada. Essas normas são regulamentadas pelo RBSB 7, e dizem respeito principalmente à proteções e blindagens.

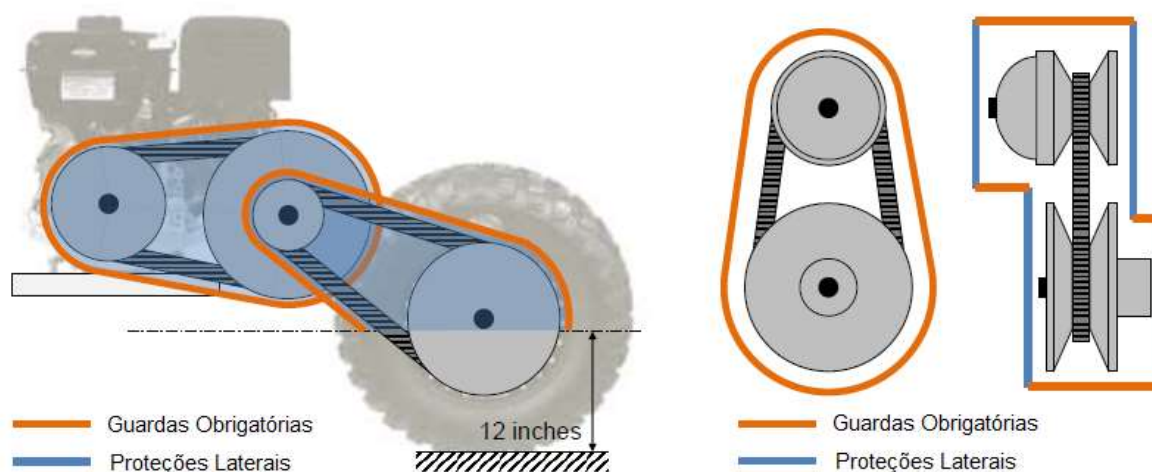
Para a proteção superior é necessário que a mesma estenda-se ao longo de todo o perímetro das polias e correias, evitando e protegendo as pessoas de possíveis componentes que desprendam da proteção devido à força centrífuga. Além disso, é necessário que a proteção superior seja feita com aço 1010 de pelo

menos 1,524 milímetros de espessura, ou algum outro material de mesma capacidade de absorção à ruptura com o dobro de espessura (PORTAL SAE BRASIL, 2017).

As proteções laterais também são necessárias, tendo como principal função evitar possíveis contatos de pessoas com as partes móveis da transmissão. Além disso, não é permitido utilizar materiais não rígidos para a fabricação lateral da proteção e proteções integrais serão aceitas (PORTAL SAE BRASIL, 2017).

O estudo e utilização destes requisitos é mandatório durante o desenvolvimento deste tipo de componente e é representado conforme a Figura 3.

Figura 3 – Normas para a proteção da CVT em veículos Baja SAE



Fonte: Adaptado de PORTAL SAE BRASIL (2017).

2.1.4 Equipe Sinuelo

A Equipe Sinuelo FAHOR é formada por 25 acadêmicos voluntários que fazem parte dos cursos de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia de Controle e Automação da FAHOR. Através da iniciativa do Professor Daniel Werner Zacher, membro da diretoria da SAE Brasil – Seção Porto Alegre, a equipe foi criada em 2006 com o incentivo de participar de competições e eventos, tendo como foco principal a competição Baja SAE Brasil (EQUIPE SINUELO, 2017).

A Figura 4 ilustra a Equipe Sinuelo durante a competição nacional do Baja SAE realizada em 2016.

Figura 4 – Equipe Sinuelo durante a competição nacional do Baja SAE Brasil



Fonte: Página da Equipe Baja Sinuelo Fator no Facebook (2016).

2.2 PROJETO DE PRODUTO

Segundo Amaral (2006), novos produtos são demandados e desenvolvidos a partir das necessidades do mercado, considerando as estratégias competitivas do produto para a empresa. Por essa razão é cada vez mais importante a realização eficaz de um desenvolvimento de um produto.

De acordo com o mesmo autor, a identificação dos requisitos do cliente se torna um ponto chave na constituição das características do produto. A partir dessas informações, são definidas as especificações de projeto, que proporcionam uma orientação nas concepções para o produto.

O desenvolvimento de produto precisa ser um processo eficaz e eficiente para realmente cumprir sua missão de favorecer a competitividade da empresa. O desempenho do PDP depende, fundamentalmente, do modelo geral de gestão das empresas, que por sua vez determinam sua capacidade de controlar o processo e de como aperfeiçoar o produto para que haja interações com o mercado e com as fontes de inovações tecnológicas. Diante dessa realidade, faz-se necessário a utilização de uma metodologia de PDP a qual é dividida em três fases: Projeto Informacional, Projeto Conceitual e Projeto Detalhado (AMARAL, 2006).

2.2.1 Projeto Informacional

O projeto informacional tem o objetivo de desenvolver um conjunto de informações chamado de especificações-meta do produto, que por sua vez fornecem orientação para a geração de soluções e fornecem uma base sobre a qual serão desenvolvidas as avaliações de tomada de decisões. A definição inadequada dessas informações iniciais, poderá causar uma sequencia de decisões que desenvolverão uma solução diferente daquela que é desejada com o desenvolvimento do produto (AMARAL, 2006).

Para Rezende (2012), esta subfase dentro do desenvolvimento resultará nas especificações de metas, a partir de valores e informações qualitativas.

2.2.2 Projeto Conceitual

O projeto conceitual trata da busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. A observação de produtos concorrentes ou similares é comum nesta fase de projeto. A seleção de soluções é realizada com base em métodos apropriados que estão alinhados com os requisitos definidos na fase informacional (AMARAL, 2006).

Dentro desta fase é desenvolvida a estrutura de funções do produto, que posteriormente será exposta à vários princípios de soluções para satisfazer cada uma das funções identificadas. A combinação de diversos princípios de solução desenvolverão alternativas que serão nomeadas em concepções. As concepções obtidas são consideradas descrições aproximadas das tecnologias, princípios de funcionamento e a forma do produto (AMARAL, 2006).

Baxter (2000), cita que há dois segredos para o sucesso nesta fase do projeto, as quais são o desenvolvimento do maior número de possíveis conceitos e a outra é a seleção correta do melhor conceito. O mesmo autor ainda ressalta a importância de manter as portas abertas para a geração de conceitos, desde que os mesmos sejam realistas, dentro das possibilidades técnicas e econômicas.

2.2.3 Projeto Detalhado

O projeto detalhado tem como objetivo desenvolver e finalizar todas as especificações do produto, sendo assim, o produto estar apto a ser produzido, por meio de definições de forma, dimensões e tolerâncias dos componentes. Ainda dentro desta fase, dependendo da característica do projeto, ocorrem atividades de planejamento do processo de fabricação e montagem, bem como a avaliação de recursos (AMARAL, 2006).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, serão demonstrados os métodos e técnicas utilizados para o desenvolvimento do projeto do produto, a fim de atingir aos resultados desejados que venham a atender aos requisitos da equipe Sinuelo.

Para a elaboração deste trabalho, utilizou-se uma metodologia específica para projetos de produto. Essa metodologia é o resultado de uma compilação de conhecimentos de alguns autores, dos quais fazem parte Amaral (2006), Back (2008) e Baxter (2011). Para complementar o trabalho, utilizou-se também os estudos de Remor (2012), Paluchowski (2012), Tormes (2012) e Michels (2012). Conforme já mencionado anteriormente, a metodologia supõe a divisão do desenvolvimento de produtos em três fases: Projeto Informacional, Projeto Conceitual e Projeto Detalhado, conforme adaptado na Figura 5.

Figura 5 – Fases do Desenvolvimento do Produto



Fonte: Adaptado de Amaral (2006).

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

É a primeira fase do desenvolvimento do produto. O objetivo dessa fase é desenvolver um conjunto de informações nas quais contém especificações sobre o produto, que além de orientar na geração de soluções, também se tornam uma base de tomadas de decisão que podem ser utilizadas posteriormente. A primeira atividade da fase é partir para a definição do problema de projeto do produto na qual esta se buscando um entendimento claro e completo sobre o assunto (AMARAL, 2006).

3.1.1 Ciclo de Vida e seus Clientes

Essa é a primeira atividade em que se utiliza um levantamento de dados do produto. Com o problema definido, inicia-se o mapeamento do ciclo de vida do produto, definindo seus clientes (pessoas ou organizações) envolvidos em cada fase desse ciclo. O ciclo de vida do produto depende de vários fatores e que cada produto possui seu próprio ciclo de vida. O mesmo autor ainda cita que existem três tipos de clientes, sendo eles Internos, Intermediários e Externos, e o produto sempre deve buscar o estabelecimento de suas necessidades (AMARAL, 2006).

3.1.2 Identificar as necessidades dos Clientes

Nesta atividade, segundo Amaral (2006), procura-se obter as necessidades dos clientes de cada fase do ciclo de vida do produto. Para obter essas necessidades, podem ser desenvolvidas listas de verificação, entrevistas, observações diretas ou qualquer outro método de interação com os clientes. Posteriormente à obtenção das necessidades dos clientes, é conveniente que os mesmos sejam agrupados de acordo com as fases do ciclo de vida, assim evitando necessidades repetidas e oferecendo a possibilidade de remover aquelas com pouca relevância no projeto.

Back (2012), comenta ainda sobre o agrupamento das necessidades, destacando a possibilidade de contar com a aplicação de atributos da qualidade do produto, podendo ser classificados como: qualitativos ou quantitativos; obrigatórios ou preferenciais; do ciclo de vida ou específicos.

3.1.3 Definir os requisitos de Projeto

A definição dos requisitos do projeto se dá através da transformação dos requisitos dos clientes, e os mesmos constituem a primeira decisão física do produto. É necessário que ocorra uma comunicação precisa durante o desenvolvimento do produto, sendo assim que as informações estejam em linguagem técnica de engenharia. Esse procedimento definirá parâmetros mensuráveis, que estarão associados às características finais do produto (AMARAL, 2006).

3.1.4 Hierarquizar os Requisitos

Dando prosseguimento à fase informacional, Amaral (2006), informa que a partir da definição dos requisitos de projeto, se faz necessário a classificação dos mesmos, sendo assim identificando os requisitos com maior importância, visando soluções em caso de limitações e conflitos entre eles.

A metodologia de Amaral (2006), sugere a utilização de duas ferramentas, o Diagrama de Mudge e o QDF (*Quality Function Deployment*). O Diagrama de Mudge tem a função de realizar uma comparação direta entre os requisitos, desta forma expondo qual dos requisitos tem maior valor para a concepção. Já a ferramenta QFD permite inserir as expectativas dos clientes em relação à valorização dos requisitos, possibilitando ao projeto final, maior qualidade em determinados requisitos, visando atender as expectativas dos clientes. Ambas as ferramentas buscam a identificação dos requisitos de maior importância, seja na comparação entre eles ou entre as maiores expectativas de qualidade.

3.1.5 Estabelecer as especificações do Projeto

Após a utilização dessas ferramentas, torna-se mensurável o grau de importância de cada requisito. Essas informações se tornam muito relevantes já que influenciarão diretamente nas fases posteriores do desenvolvimento do produto. Conhecendo os requisitos mais importantes, é necessário a classificação por grau de importância, subdividindo os requisitos em três grupos.

O próximo passo é o estabelecimento das especificações de projeto aos requisitos.

Nessa etapa os requisitos de projeto deverão ser redigidos de forma mais detalhada para que sejam compreensíveis aos diferentes usuários, sendo que na etapa anterior requisitos foram descritos de forma resumida. Além disso, para cada requisito de projeto devem ser previstas grandezas mensuráveis e métodos de verificar se a solução a ser desenvolvida atenderá a esse requisito, assim como verificar a ocorrência de possíveis efeitos negativos ou riscos decorrentes da busca de soluções para implementar a respectiva especificação. (PALUCHOWSKI apud BACK, 2012, p.26)

3.2 PROJETO CONCEITUAL

Após o desenvolvimento de toda a fase do projeto informacional, o projeto passa para a próxima fase do desenvolvimento do produto, o projeto conceitual. Segundo Paluchowski apud Forcellini (2012), o projeto conceitual é considerado a fase mais importante do desenvolvimento de produtos, devido às decisões que são tomadas nesta fase influenciam diretamente as fases subsequentes.

Essa fase consiste na transformação dos requisitos do cliente/projeto que foram determinados no Projeto Informacional, em concepções, combinando princípios de soluções para cada função identificada (AMARAL, 2006).

3.2.1 Verificação do Escopo do Problema

A primeira atividade dentro da fase conceitual é a verificação do escopo do problema. Segundo Remor apud Mantovani (2012), o objetivo dessa etapa é realizar um estudo compreensivo do problema de uma forma abstrata, a fim de manter o foco na essência do problema e não na solução imediata.

3.2.2 Estabelecer a Estrutura Funcional

Nessa etapa, o primeiro passo é a busca pela descrição da função total, ou função global, do produto. Para Amaral apud Gomes Ferreira (2006), todos os produtos possuem uma função mais importante, e essa é um resumo do que deve se esperar funcionalmente do produto. O mesmo autor cita que a função total é normalmente é obtida pela análise dos requisitos funcionais do produto.

Amaral (2006), ressalta que achar uma solução direta para a função global é de extrema dificuldade, razão pela qual é necessário realizar uma decomposição da função total em funções de complexidade menor. A decomposição da função total do produto também pode auxiliar na busca por soluções e principalmente proporcionar um melhor entendimento sobre o problema de projeto.

Definido a função total, parte-se para a elaboração da estrutura de funções. A estrutura de funções é desenvolvida pela agregação de fluxos e funções auxiliares ao fluxo principal, e também pelo fracionamento das funções existentes em funções com mais baixo nível de complexidade (AMARAL, 2006).

3.2.3 Pesquisar por Princípios de Solução

Nessa etapa, inicia-se a transformação das ideias abstratas em concretas, e das funções em formas. Para cada uma das funções desenvolvidas na estrutura funcional realizadas anteriormente, poder ser atribuídas um ou mais princípios de solução (AMARAL, 2006).

O mesmo autor ainda comenta que os princípios de solução devem representar formas aproximadas dos elementos e não devem referenciar os materiais específicos a serem utilizados. Diante disso, percebe-se que os princípios de solução são ideias aproximadas. A obtenção desses princípios pode ser realizada por meio de catálogos e bancos de dados.

3.2.4 Combinar Princípios de Solução

A partir da definição dos princípios de solução que compõem a estrutura funcional do produto, a próxima etapa é realizar uma combinação entre eles formando assim as chamadas concepções. Para realizar as combinações dos princípios de solução, utiliza-se a ferramenta Matriz Morfológica. Essa ferramenta consiste na disposição simultânea das funções e suas diversas possibilidades de solução. Além disso, a mesma possibilita uma análise das possíveis configurações para o produto. Diante disso, é possível explorar meios alternativos e combinações para atender as funcionalidades (AMARAL, 2006).

3.2.5 Selecionar Combinações

Passado a etapa do desenvolvimento das concepções, se faz necessário a seleção da melhor concepção a qual atenda todos ou o máximo de requisitos possíveis. Amaral (2006), cita que essa tarefa apresenta informações técnicas ainda limitadas e abstratas, tornando-se uma dificuldade na seleção.

Com o intuito de selecionar a melhor concepção, Amaral (2006), recomenda a utilização do chamado Método de Pugh ou Método da Matriz de Decisão.

Nesse método, uma das concepções geradas é escolhida como referência, e todas as outras concepções são comparadas com essa referência. Para cada critério de avaliação, o julgamento poderá indicar que a concepção é “melhor que”, “igual a” ou “pior que” a concepção de referência. Ao final desse processo, um escore é montado para cada concepção alternativa (coluna). (AMARAL, 2006, p.282)

Ao final dessa etapa, será possível identificar o valor das concepções, e conseqüente será possível perceber qual a melhor escolha para o produto.

3.2.6 Evoluir em Variantes de Concepção

Essa etapa consiste no refinamento da concepção escolhida anteriormente, na qual serão identificados e analisados os aspectos críticos do produto. Em outras palavras, a atividade compreende no detalhamento do conceito para viabilizar a estimativa de cálculo aproximado dos custos, pesos e dimensões aproximadas (AMARAL, 2006).

3.3 PROJETO DETALHADO

Passada a fase do projeto conceitual, o desenvolvimento do produto da continuidade avançando para a sua última etapa, o projeto detalhado. Essa fase consiste no desenvolvimento do produto a partir da concepção identificada anteriormente. O objetivo principal dessa fase é a evolução do modelo do produto de sua concepção até seu leiaute definitivo. Esse processo é suportado diretamente pela utilização de ferramentas da engenharia como o CAD, CAE, entre outros. Vale lembrar, que dentro dessa fase ainda ocorre a disposição do produto ao cliente final (TORMES, 2012).

Segundo Tormes apud Mantovani (2012), essa fase é considerada como a análise final do projeto, já que as dimensões do produto são finalizadas, bem como os materiais definidos. “A etapa ainda representa a verificação de normas que o equipamento necessita respeitar, bem como a construção de protótipos, visando testar algum princípio de solução ou mesmo acelerar a finalização do projeto.”

3.3.1 Elaborar Leiautes Preliminares e Desenhos de Formas

A primeira etapa dentro da fase do Projeto Detalhado é a elaboração dos leiautes preliminares e desenhos de formas. Segundo Reis (2012), essa etapa consiste em algumas tarefas:

- Identificação de requisitos determinantes;
- Produção de desenhos de forma;
- Desenvolvimento dos leiautes preliminares.

3.3.2 Elaborar Leiautes Detalhados e Desenhos de Formas

Nessa etapa, a primeira tarefa é realizar a definição de quais funções auxiliares essenciais serão necessárias. Para atender à essas funções, tem se a preferência em utilizar soluções já conhecidas, como peças padronizadas ou de catálogo (BACK, 2012).

O próximo passo é a incorporação das soluções das funções auxiliares no leiaute e nos desenhos de forma. Ainda dentro dessa etapa, são realizados os cálculos detalhados dos parâmetros envolvidos com o projeto (REIS, 2012).

3.3.3 Finalizar as Verificações

Reis (2012), cita que dentro dessa etapa, as principais atividades desenvolvidas são o aperfeiçoamento e a finalização dos desenhos de forma, bem como a verificação dos erros e fatores de perturbação, e por fim o desenvolvimento da lista de partes preliminares e documentos iniciais para a produção.

3.3.4 Revisar o Projeto

A revisão do projeto é a ultima tarefa desenvolvida dentro da fase do projeto detalhado. Essa revisão consiste na verificação junto ao produto se o mesmo atende as normas e especificações estabelecidas durante o projeto informacional (MICHELS, 2012).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia de projeto de produto estabelecida anteriormente, em que será desenvolvida através de uma ordem cronológica, apresentando os dados bem como a evolução do projeto.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

4.1.1 Definição do ciclo de vida e seus clientes

A primeira atividade a ser desenvolvida no projeto informacional é a determinação do ciclo de vida do produto, além do estabelecimento da relação de cada ciclo com seus respectivos clientes.

Para a identificação desse ciclo de vida, foram atribuídas algumas fases do produto, como o projeto, a fabricação, testes, utilização e por fim o descarte do mesmo. A partir da metodologia aplicada, os clientes foram classificados como internos, intermediários e externos e foram associados conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Identificação dos clientes ao longo do Ciclo de Vida

Fases do Ciclo de Vida	Clientes ao longo do Ciclo de Vida		
	Internos	Intermediários	Externos
Projeto	Time de Desenvolvimento da Equipe Baja Sinuelo FAHOR e o Autor		SAE
Fabricação	Time de Manufatura e Desenvolvimento da Equipe Baja Sinuelo FAHOR		Fornecedores de Matéria Prima e de Serviços
Testes	Equipe Baja Sinuelo FAHOR	FAHOR	
Utilização	Equipe Baja Sinuelo FAHOR		Competição Baja SAE
Descarte	Equipe Baja Sinuelo FAHOR		Ferro Velho / Empresas de Descarte

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Primeiramente, o time de desenvolvimento da equipe Baja Sinuelo FAHOR, juntamente com o autor e a SAE compõem os clientes de projeto. Com o projeto desenvolvido, o time de manufatura inicia a fabricação do produto, tendo a

necessidade de clientes externos como fornecedores de matéria prima e fornecedores de serviços. A partir de produto pronto, a equipe Baja Sinuelo e a FAHOR irão validar e realizar os testes pertinentes às suas aplicações. Uma vez que o produto for aprovado, o mesmo estará disponível para ser utilizado pela equipe durante a competição Baja SAE. Por fim, a fase de descarte inclui a própria equipe que pode se relacionar com empresas de descarte.

4.1.2 Identificação das necessidades dos clientes

Com o objetivo de obter as necessidades dos clientes, realizou-se uma reunião de foco com o time de desenvolvimento de equipe Baja Sinuelo FAHOR. A partir dessa reunião, foi possível definir as principais necessidades dos clientes que estão ilustradas no Quadro 2.

Quadro 2 – Identificação das necessidades dos clientes

Fase do Ciclo de Vida	Necessidade dos Clientes
Projeto	Ser desenvolvido em Software compatível com o da equipe
	Possuir sistema para entrada de ar
	Apresentar design compacto
	Atender as normas SAE
Fabricação	Ter baixo custo
	Ser de fácil fabricação
	Ter baixo peso
Testes	Realizar verificação de montagem
Utilização	Apresentar alta resistência
	Apresentar fácil manutenção
	Apresentar montagem/desmontagem simples
Descarte	Utilizar material reciclável

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

As necessidades então foram classificadas e agrupadas conforme a fase do ciclo de vida, possibilitando evitar repetições das necessidades e removendo as com pouca importância.

4.1.3 Definição dos requisitos do projeto

A partir da definição dos requisitos dos clientes, partiu-se para o estabelecimento dos requisitos de projeto. Essa definição iniciou-se através da conversão nas necessidades dos clientes em características técnicas mais específicas do produto, buscando atender o que o cliente necessita. A partir dessa transformação dos requisitos, os mesmos foram classificados de acordo com os atributos do produto, divididos em gerais e específicos.

Utilizando essa sistemática já mencionada, foram definidos 18 requisitos de projeto, conforme apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Requisitos de Projeto

Requisitos de Projeto		Categoria	Requisito
Atributos gerais	Básicos	Funcionamento	Permitir circulação de ar dentro da proteção
			Proteção não deve ter contato com os componentes móveis da CVT
		Econômico	Baixo custo de produção
		Segurança	Estar fixado adequadamente ao veículo
			Decalco de segurança indicando superfície quente
		Legal	Nível de proteções conforme a norma RBSB 7
		Montabilidade	Adequar montagem utilizando ferramentas padrão
			Montagem/desmontagem sem necessidade de remoção de outros componentes
Usabilidade	Vida útil		
	Fácil acesso à limpeza		
Atributos específicos	Materiais	Geométricos	Não apresentar rebarbas e cantos vivos
			Desenvolvido em SolidWorks
		Material, Cor, Peso	Materiais de baixa espessura
			Materiais de alta conformação

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.1.4 Hierarquização dos requisitos do projeto

A primeira tarefa realizada dentro dessa etapa foi a valoração dos requisitos dos clientes através da utilização do Diagrama de *Mudge*. Essa ferramenta permite comparar todos os requisitos entre si, confrontando-os e identificando os de maior importância para o produto final. Essas comparações possuem graus de importância, podendo ser muito mais importante, medianamente mais importante e pouco mais importante. A Figura 6 apresenta o Diagrama de *Mudge* aplicado,

enquanto no Quadro 4, podemos visualizar os requisitos listados pelo seu grau de importância, partindo do mais importante ao menos importante.

Figura 6 – Diagrama de Mudge

DIAGRAMA DE MUDGE
Número de Requisitos

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Soma	%	VC
1	1B	1C	4B	1B	1C	1B	1C	1C	1B	1C	1B	20	14%	7
	2	3C	4B	2B	6B	7C	8C	9B	2B	11C	2B	9	6%	4
		3	4B	3B	6B	3C	8C	9C	3B	11C	3B	11	8%	4
			4	4B	4C	4B	4C	4C	4B	4C	4A	27	19%	10
				5	6B	7C	8B	9B	10C	11B	5B	3	2%	2
					6	6C	8C	9C	6B	11C	6A	18	13%	7
						7	8C	9C	7C	11C	7B	6	4%	3
							8	9C	8B	11C	8B	13	9%	5
								9	9B	9C	9A	19	13%	7
									10	11C	10B	4	3%	2
										11	11A	14	10%	5
											12	0	0%	1
												144	100%	

A =	5	Muito mais importante
B =	3	Medianamente mais importante
C =	1	Pouco mais importante

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Quadro 4 – Classificação dos requisitos por grau de importância

Importância	REQUISITOS DOS CLIENTES
27	Atender as normas SAE
20	Ser desenvolvido em Software compatível com o da equipe
19	Apresentar alta resistência
18	Ser de fácil fabricação
14	Apresentar montagem/desmontagem simples
13	Realizar verificação de montagem
11	Apresentar design compacto
9	Possuir sistema para entrada de ar
6	Ter baixo peso
4	Apresentar fácil manutenção
3	Ter baixo custo
0	Utilizar material reciclável

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Uma vez os requisitos dos clientes já valorados, a próxima atividade é utilizar a ferramenta QFD, também chamada de Matriz da casa da Qualidade. Através de sua utilização, foi possível identificar com maior confiabilidade os requisitos de maior importância para a concepção, através da comparação entre os requisitos de projeto e os requisitos dos clientes. Além disso, a sua aplicação possibilitou adicionar as correlações entre os requisitos de projeto, dessa forma, o produto final apresenta maior qualidade atendendo totalmente a expectativa dos clientes.

O critério da comparação na base do QFD foi determinado através do seguinte critério: Qual a relação entre o requisito do cliente e o requisito de projeto, uma relação forte, média/moderada, ou uma relação fraca, e ainda sem relação.

No telhado do QFD, foi analisada a correlação entre os requisitos do projeto. Se aumentarmos/melhorarmos algum requisito, as consequências serão positivas ou negativas ou ainda sem relação com o requisito comparado.

A Figura 7 apresenta a aplicação da ferramenta QFD, definindo de uma forma mais refinada, a classificação dos requisitos de projeto.

Com essa atividade já concluída, os requisitos foram agrupados em duas categorias, que foram classificadas de acordo com a importância para o desenvolvimento da concepção do produto, os requisitos primários (Quadro 5), e os requisitos secundários (Quadro 6).

Quadro 5 – Requisitos primários

	Requisito	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos Indesejados
1	Nível de proteções conforme a norma RBSB 7	100%	Análise do projeto	Incremento elevado dos custos e diminuir simplicidade do projeto
2	Estar fixado adequadamente ao veículo	Quatro fixadores	Análise do projeto	Proteção apresentar folga na fixação
3	Vida útil	2 anos	Testes de impacto	Incremento no custos de materiais
4	Proteção não deve ter contato com os componentes móveis da CVT	0 pontos de contato	Teste de montagem	Danificação dos componentes móveis da CVT
5	Desenvolvido em SolidWorks	100%	Seleção de Software	Incompatibilidade de Software
6	Montagem/desmontagem sem necessidade de remoção de outros componentes	100%	Teste de montagem	Interferência de componentes na montagem
7	Permitir circulação de ar dentro da proteção	Mínimo uma entrada de ar	Análise do Projeto	Superaquecimento dos componentes da CVT

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Quadro 6 – Requisitos secundários

	Requisito	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos Indesejados
8	Adequar montagem utilizando ferramentas padrão	Ferramentas da Equipe Baja Sinuelo FAHOR	Inventário	Indisponibilidade de ferramentas
9	Baixo custo de produção	Até R\$ 400,00	Notas fiscais	Exceder o custo
10	Materiais de baixa espessura	< 10 mm	Medições no material	Material de baixa qualidade
11	Fácil acesso à limpeza	5 minutos	Análise do projeto	Dificuldades de acesso à limpeza
12	Materiais de alta conformação	Adequar às ferramentas e máquinas da FAHOR	Análise do projeto	Material de baixa qualidade
13	Decalco de segurança indicando superfície quente	Mínimo um decalco	Visual	Limitação visual
14	Não apresentar rebarbas e cantos vivos	0	Visual/Análise do Projeto	Riscos à montagem/Dificuldade na limpeza da proteção

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Com todas as informações necessárias do projeto informacional já definidas, o projeto passa para a seguinte etapa, o projeto conceitual.

4.2 PROJETO CONCEITUAL

4.2.1 Verificação do escopo do problema

Como atividade inicial no projeto conceitual, é necessário estabelecer uma função global para o produto em questão. Essa definição deve relacionar todos os requisitos previamente identificados, no entanto, para facilitar essa atividade é possível que seja necessário omitir alguns requisitos de menor importância.

Para o desenvolvimento da função global da proteção da CVT, foram relacionados os requisitos fundamentais do projeto que foram considerados anteriormente como de grande importância:

- Nível de proteções conforme a norma RBSB 7;
- Estar fixado adequadamente ao veículo;
- Vida útil;
- Proteção não deve ter contato com os componentes móveis da CVT;
- Desenvolvido em SolidWorks;
- Montagem/desmontagem sem necessidade de remoção de outros componentes.

A partir dos requisitos fundamentais, torna-se viável a transformação das informações quantitativas em qualitativas, a fim de deixar os requisitos mais reduzidos e diretos, facilitando a elaboração do problema do projeto (AMARAL, 2006).

- Ser durável atendendo as normas de segurança;
- Apresentar boa fixação no veículo além de montagem simples e sem interferência de componentes;
- Compatibilidade de software para modelagem.

A partir dessa metodologia, formulou-se a seguinte função global do produto:

Proteção de CVT que seja durável e capaz de oferecer segurança atendendo todas as normas da SAE, proporcionando uma boa fixação junto ao veículo, além de apresentar montagem simples sem interferência de componentes e desenvolvida em software compatível com o da equipe.

4.2.2 Estabelecimento da estrutura funcional

Partindo da recente definição da função global do produto e tendo em vista um melhor entendimento de suas operações básicas e fundamentais, elaborou-se um fluxograma da função global do produto conforme a Figura 8.

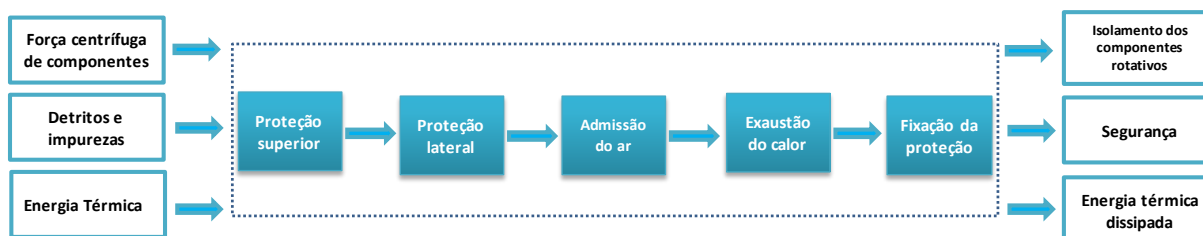
Figura 8 – Fluxograma da função global do produto



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Dando continuidade a essa etapa do projeto, estabeleceu-se uma estrutura mais simplificada do produto, em que é possível identificar as primeiras funções mais específicas que irão compor as concepções da proteção da transmissão. A Figura 9 apresenta a execução desta atividade.

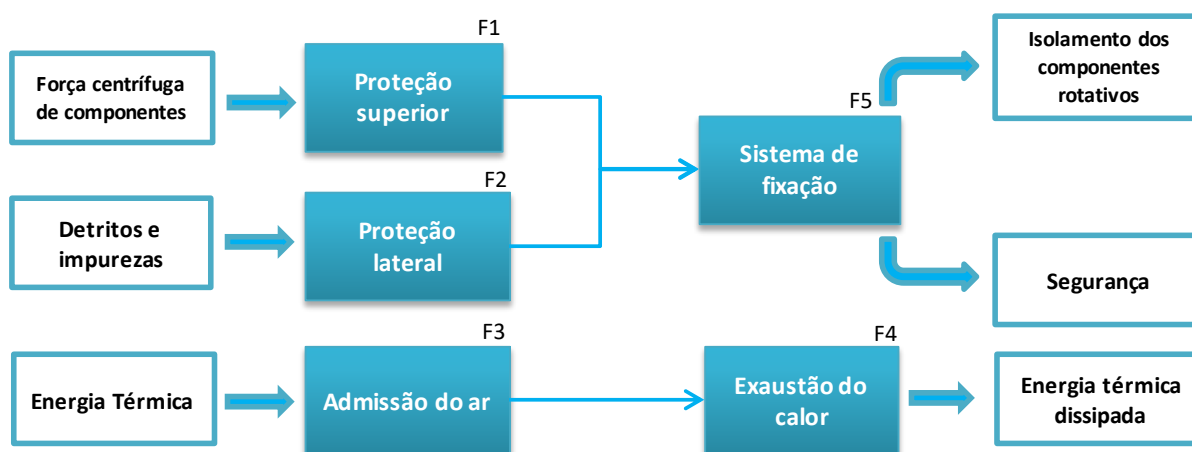
Figura 9 – Estrutura funcional simplificada



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Para concretizar o objetivo do estabelecimento da estrutura funcional, é necessário desenvolver ainda mais a estrutura simplificada de uma forma restrita, indicando como cada função do produto é relacionada com as demais, e relacionando suas entradas e saídas da função global. A Figura 10 demonstra a estrutura funcional da proteção da transmissão.

Figura 10 – Estrutura funcional definida



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Por fim, foi estabelecida uma descrição para cada função, associando suas entradas e saídas, conforme é possível visualizar pelo Quadro 7.

Quadro 7 – Descrição das Funções

Função	Descrição	Entradas	Saídas
F1 - Proteção superior	Proteger de possíveis impactos superiores de componentes desmontáveis da transmissão	Estrutura de proteção	Proteção da CVT
F2 - Proteção lateral	Proteger de possíveis impactos laterais e impedir o contato aos componentes móveis	Estrutura de proteção	Proteção da CVT
F3 - Admissão do ar	Prover a entrada de ar no compartimento interno da proteção da CVT	Energia térmica	Refrigeração da CVT
F4 - Exaustão do calor	Direcionar o calor do sistema para o meio externo	Energia térmica	Exaustão do fluido aquecido
F5 - Sistema de fixação	Fixar a proteção da CVT no veículo	Componentes de fixação	Fixação da proteção

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.2.3 Pesquisa dos princípios de solução

A partir da definição da função global bem como a estrutura funcional, iniciou-se a pesquisa por princípios de solução para cada função específica. Essa atividade consistiu em gerar formas mais criteriosas para atender cada função, gerando uma ou mais alternativas para solucionar tal necessidade.

Utilizou-se então a ferramenta matriz morfológica, conforme apresentada no Quadro 8. Nesta atividade, buscou-se listar o maior número possível de soluções, oportunizando a origem de concepções inovadoras. Para desenvolver alguns dos princípios de soluções, foi utilizado o software SolidWorks que permitiu o desenvolvimento de desenhos em 3D.

Quadro 8 – Matriz morfológica

Funções Elementares	Matriz Morfológica		
	1	2	3
F1 - Proteção superior	Fechamento integral 	Aletas axiais 	Aletas transversais 
F2 - Proteção lateral	Fechamento integral 	Aletas axiais 	Aletas transversais 
F3 - Admissão do ar	Cooler 	Aletas 	Fluido Forçado 
F4 - Exaustão do calor	Orifícios 	Condução do fluido 	Cooler 
F5 - Sistema de fixação	Parafusos 	Fechos 	Porca com orelha 



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.2.4 Combinação dos princípios de solução

Posteriormente realizada a pesquisa por princípios de solução para cada função do produto, torna-se necessário realizar a combinação dos mesmos,

surgindo alternativas como soluções para atender a função global do projeto. A partir dessa metodologia, a combinação dos princípios de solução geraram três potenciais concepções do produto final que visam atingir as expectativas dos clientes, conforme apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Combinação dos princípios de solução

Funções Elementares	Matriz Morfológica		
	1	2	3
F1 - Proteção superior	Fechamento Integral 	Fechamento integral 	Aletas axiais 
F2 - Proteção lateral	Fechamento integral 	Fechamento integral 	Aletas axiais 
F3 - Admissão do ar	Fluido Forçado 	Fluido Forçado 	Aletas 
F4 - Exaustão do calor	Condução do fluido 	Orifícios 	Cooler 
F5 - Sistema de fixação	Porca com orelha 	Fechos 	Parafusos 

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Ainda dentro dessa fase do projeto, foi necessário verificar e analisar a concordância das alternativas dos princípios de solução com as especificações do projeto definidas no projeto informacional. Dessa forma, algumas funções acabaram por não serem relacionadas dentro das concepções geradas, devido à possíveis discordâncias como por exemplo, fácil fabricação e baixo custo de produção.

Deste modo, a Figura 11, Figura 12 e a Figura 13 apresentam as três concepções com maiores perspectivas de compor a concepção final.

Figura 11 – Concepção alternativa 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A concepção 1 e a concepção 2 apresentam a mesma estrutura da proteção, porém apresentam diferenças no sistema de fixação no veículo, bem como no sistema de exaustão do calor da transmissão.

Figura 12 – Concepção alternativa 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Já comparando a concepção 3 com as demais, é possível determiná-la como uma concepção distinta, já que engloba os demais princípios de solução para cada função da proteção.

Figura 13 – Concepção alternativa 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.2.5 Seleção das combinações

Após realizada a combinação dos princípios de solução, faz-se necessário selecionar a concepção que melhor compreende os requisitos de projeto. Para isso, utilizou-se a matriz de decisão, que impõe uma comparação direta, relacionando as concepções com o grau de importância de cada requisito dos clientes. Conforme ilustrado no Quadro 10, a concepção 1 se sobressaiu e foi considerada a que melhor contempla os requisitos do cliente.

Quadro 10 – Matriz de decisão

Requisitos do Cliente	VC	Concepções					
		1		2		3	
Ser desenvolvimento em Software compatível com o da equipe	7	1	7	1	7	1	7
Possuir sistema para entrada de ar	4	1	4	1	4	1	4
Apresentar design compacto	4	0	0	0	0	1	4
Atender as normas SAE	10	1	10	1	10	0	0
Ter baixo custo	2	0	0	0	0	-1	-2
Ser de fácil fabricação	7	0	0	-1	-7	-1	-7
Ter baixo peso	3	0	0	0	0	0	0
Realizar verificação de montagem	5	1	5	1	5	1	5
Apresentar alta resistência	7	0	0	0	0	-1	-7
Apresentar fácil manutenção	2	-1	-2	0	0	1	2
Apresentar montagem/desmontagem simples	5	-1	-5	-1	-5	0	0
Utilizar material reciclável	1	0	0	0	0	0	0
Peso das Concepções		19		14		6	

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.2.6 Evoluir em variantes de solução

Baseado na seleção da concepção que melhor enquadrou-se, essa etapa visa especificá-la, de modo que cada função tenha sido definida. A Figura 14 representa a concepção escolhida para a proteção da CVT.

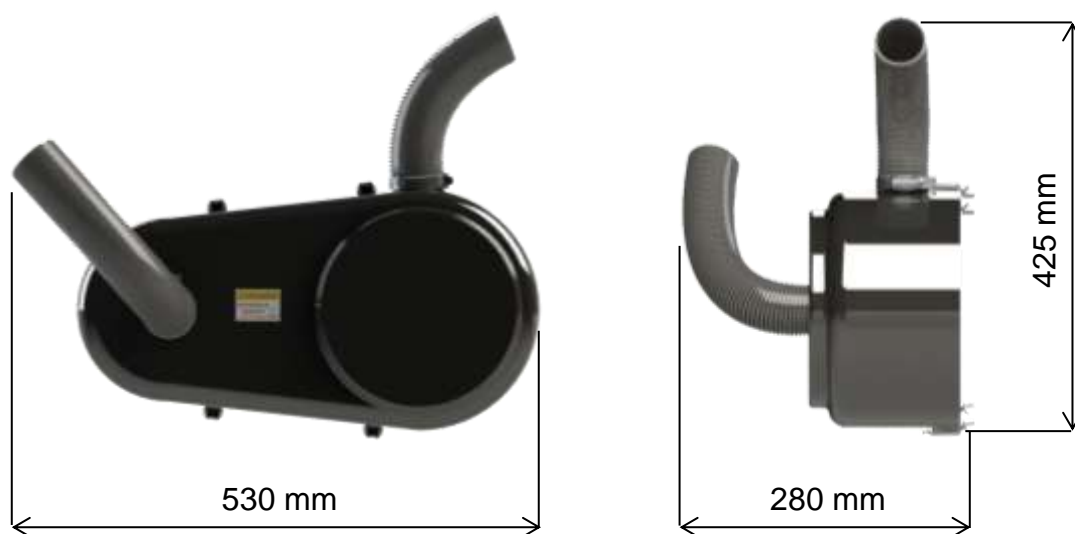
Figura 14 – Concepção final do produto



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A partir da concepção acima ilustrada, faz-se necessário evidenciar suas funções específicas, bem como detalhar suas dimensões básicas. Tais vistas podem ser visualizadas na Figura 15.

Figura 15 – Dimensões básicas da concepção



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Proteção Superior: A proteção superior será de forma integral cobrindo toda a extensão da proteção. Essa escolha vem de encontro com o cumprimento da Norma RBSB 7 que exige que além de integral, a proteção superior deve conter uma chapa metálica cobrindo o raio da correia. Essa chapa metálica deve ser de aço 1010 de no mínimo 1,524 mm. Através da utilização da proteção integral, também será possível evitar a entrada de detritos e impurezas dentro da transmissão, oferecendo assim uma maior vida útil.

Proteção Lateral: A proteção lateral escolhida também foi a integral. Dessa forma, juntamente com a proteção superior, foi possível manter a vedação da transmissão, e ao mesmo tempo apresentando um design compacto, facilitando a montagem/desmontagem da mesma. A proteção lateral também é exigida pela norma, sendo assim isolando os componentes rotativos presentes na transmissão.

Admissão do Ar: Devido às altas temperaturas dentro da proteção, o sistema de admissão do ar possibilitará uma circulação de ar, e dessa forma oferecendo um meio de arrefecimento para a transmissão, garantindo uma maior vida útil dos componentes. Para atender essa função será utilizado o princípio de fluido forçado que utilizará um tubo plástico para direcionar o ar para dentro da proteção. Essa alternativa além de ser mais barato que as demais, é de baixo peso e é um item de prateleira encontrado com facilidade em lojas que comercializam peças.

Exaustão do Calor: O sistema de exaustão do calor será responsável por eliminar a energia térmica de alta temperatura presente dentro da proteção da transmissão. Para isso será empregado a alternativa de condução do fluido, na qual é composto pelo mesmo tubo que fará a admissão do ar. Utilizar essa alternativa também garante maior segurança na vedação da transmissão, reduzindo o risco de sujeira dentro da transmissão.

Sistema de Fixação: Para o sistema de fixação da proteção no veículo, será utilizado quatro fechos rápidos que facilitarão na montagem/desmontagem da mesma. Além disso, é um item de prateleira que é facilmente encontrado e comercializado.

Com base na evolução das variantes de solução e nos demais resultados apresentados na etapa anterior, a fase do projeto conceitual é aprovada, uma vez que a concepção obtida condiz com as expectativas impostas e ela.

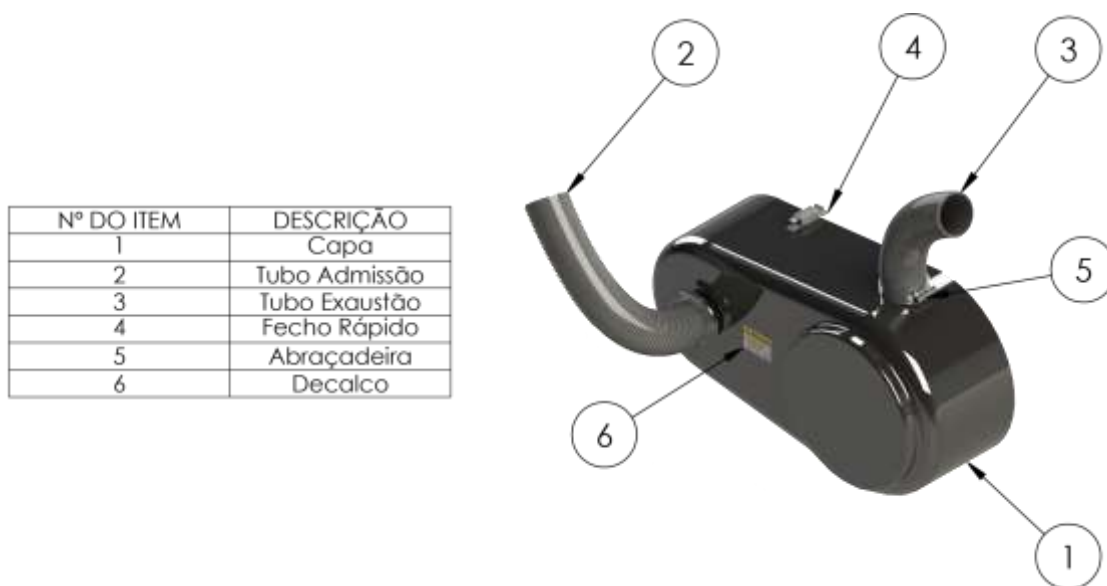
4.3 PROJETO DETALHADO

4.3.1 Elaboração dos leiautes preliminares e desenhos de forma

Com a etapa do projeto conceitual concluída e dispondo de todas as informações fundamentais já definidas, o projeto chega à sua última fase de desenvolvimento, o projeto detalhado.

A primeira tarefa a ser realizada é a elaboração dos leiautes preliminares e desenhos. Portanto, realizou-se a verificação e identificação dos requisitos determinantes e iniciou-se a produção dos desenhos de forma através do *Software* de CAD *SolidWorks*. A Figura 16 representa o leiaute preliminar da proteção da CVT, bem como todos os seus componentes.

Figura 16 – Leiaute preliminar



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.3.2 Elaboração dos leiautes detalhados e desenhos de forma

Baseando-se em todas as especificações e necessidades identificadas durante o trabalho, além de considerar os aspectos funcionais e segurança, definiu-se o leiaute detalhado do produto final.

Realizou-se então o detalhamento de todos os componentes da proteção, que estão evidenciados junto ao Apêndice A. Alguns dos componentes não exigiram

detalhamento completo já que correspondem a componentes comprados de tamanho padrão.

4.3.3 Finalização das verificações

Dando seguimento a metodologia proposta, nessa etapa realizou-se a verificação dos erros e fatores de perturbação conforme ilustrado no Quadro 11.

Quadro 11 – Lista de verificação dos erros e fatores de perturbação

TÍTULO	QUESTÃO	RESPOSTAS
Função	A função estipulada é cumprida?	Sim
Princípios de Solução	Os princípios de solução escolhidos produzem as vantagens e os efeitos desejados?	Sim
Leiaute	A escolha do leiaute geral, das formas dos componentes, material e dimensões produzem: durabilidade adequada (resistência), deformação permissível (rigidez), desgaste compatível com a vida útil e parâmetros estipulados?	Sim
Segurança	Foram considerados todos os fatores afetando a segurança dos componentes, da função, da operação e do ambiente?	Sim
Ergonomia	Foram consideradas as relações homem máquina?	Sim
	Prestou-se atenção à estética?	Sim
Produção	Houve uma análise econômica e tecnológica dos processos de produção?	Sim
Controle de Qualidade	As verificações necessárias podem ser aplicadas durante e após a produção ou a qualquer outro momento?	Sim
	Elas foram especificadas?	Sim
Operação	Foram considerados todos os fatores de operação como ruídos, vibração e manuseio?	Sim
Manutenção	A manutenção, a inspeção e a revisão podem ser realizadas e verificadas?	Sim
Custos	Foram observados os limites de custo?	Sim
Cronograma	As datas de entrega poderão ser cumpridas?	Sim

Fonte: Adaptado de Reis (2017).

Após a aplicação da lista de verificações constatou-se que não há nenhum fator de perturbação ou erro encontrado, e sendo assim, a próxima tarefa pode ser iniciada.

Em seguida, realizou-se uma avaliação dos componentes que seriam utilizados no processo de fabricação da proteção da CVT. Desta forma, os componentes foram relacionados em dois grupos:

- Componentes manufaturados (Quadro 12);
- Componentes comprados (Quadro 13).

Quadro 12 – Lista de componentes manufaturados

Componentes Fabricados pela Equipe			
Descrição do Conjunto	Especificação	Dimensões (mm)	Qtd
Capa/Proteção	Plástico Termomoldado/Aço 1010	Especificado no Desenho	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Quadro 13 – Lista de componentes comprados

Componentes Comprados			
Componente	Especificação	Marca	Qtd
Fechos Rápidos	RA2 - A2	-	4
Parafusos Sextavados Métricos	ISO 4017 - M4 x 18 - HR 8.8	-	16
Porcas Sextavadas Métricas	ISO 4032 - M4 - Grau 8	-	16
Abraçadeira Ajustável	FIF-5164 / 45-64mm	-	2
Mangueira Vácuo-Ar	2" Poliuretano	-	1
Decalco de Segurança	"Superfície Quente"	-	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.3.4 Revisão do projeto

Nesta última fase do projeto detalhado, apura-se se o produto final atende todas as especificações desejadas, certificando-se se o mesmo pode cumprir a função pelo qual foi desenvolvido. O Quadro 14 ilustra a lista de verificação do produto em questão, na qual atendeu todos os requisitos.

Quadro 14 – Lista de verificação

	Requisito	Valor Meta	Valor	Atende
1	Permitir circulação de ar dentro da proteção	Mínimo uma entrada de ar	Uma entrada	Sim
2	Proteção não deve ter contato com os componentes móveis da CVT	0 pontos de contato	0 pontos de contato	Sim
3	Baixo custo de produção	Até R\$ 400,00	R\$ 353,02	Sim
4	Estar fixado adequadamente ao veículo	Quatro fixadores	Quatro fixadores	Sim
5	Decalco de segurança indicando superfície quente	Mínimo um decalco	Um decalco	Sim
6	Nível de proteções conforme a norma RBSB 7	100%	100%	Sim
7	Adequar montagem utilizando ferramentas padrão	Ferramentas da Equipe Baja Sinuelo FAHOR	De acordo com o estabelecido	Sim
8	Montagem/desmontagem sem necessidade de remoção de outros componentes	100%	100%	Sim
9	Vida útil	2 anos	2 anos	Sim
10	Fácil acesso à limpeza	5 minutos	5 minutos	Sim
11	Não apresentar rebarbas e cantos vivos	0	0	Sim
12	Desenvolvido em SolidWorks	100%	100%	Sim
13	Materiais de baixa espessura	< 10 mm	< 10 mm	Sim
14	Materiais de alta conformação	Adequar às ferramentas e máquinas da FAHOR	Adequar às ferramentas e máquinas da FAHOR	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Ao final desta etapa detalhada, julgamos como concluído o desenvolvimento do produto. Através do cumprimento de todas as etapas explanadas na metodologia, atingiram-se resultados satisfatórios para a conclusão do projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de atender os requisitos impostos junto às necessidades dos clientes, utilizou-se de uma metodologia PDP, na qual foi possível desenvolver o projeto desde sua etapa inicial até o seu projeto detalhado. A metodologia escolhida possibilitou o desenvolvimento de uma forma clara e objetiva, além de assegurar uma ordem cronológica ao projeto, facilitando e impondo uma sequência ao desenvolvimento do mesmo.

Inicialmente, as atividades desenvolvidas possibilitaram uma identificação das necessidades dos clientes e sucessivamente aplicá-los ao desenvolvimento do produto final, tornando assim o projeto informacional como uma etapa crucial dentro do projeto final. Já no projeto conceitual, as atividades relacionaram-se principalmente com a busca, a criação e a seleção das soluções para cada problema do projeto. Ao final da metodologia, o projeto detalhado desenvolveu e finalizou as especificações do produto, definindo os leiautes, os desenhos técnicos e as verificações finais.

Por fim, conclui-se que a partir deste trabalho foi possível atingir todos os objetivos propostos inicialmente, bem como foi possível definir que a metodologia PDP foi capaz de entregar um produto de acordo com a necessidade da equipe. Além disso, fez-se necessário aprimorar e utilizar os estudos desenvolvidos em sala de aula, proporcionando assim, um notável entendimento em relação à área de desenvolvimento de produtos.

REFERÊNCIAS

AMARAL, D. C. [et al.]. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

Portal SAE Brasil. **Baja SAE® Brasil**. Disponível em:<<http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil>>. Acesso em: 21 Agosto 2017.

Equipe Sinuelo. **Equipe Sinuelo Fahor**: A Equipe. Disponível em:<<http://sinuelo.fahor.com.br/home>>. Acesso em: 21 Agosto 2017.

SAE International. **About Baja SAE® Series**. Disponível em:<<http://students.sae.org/cds/bajasae/about/>>. Acesso em: 11 Agosto 2017.

Portal SAE Brasil. **Regulamento Baja SAE Brasil**: Definições. Disponível em:<<http://portal.saebrasil.org.br/Portals/0/PE/RBSB%202017/RBSB%201%20-%20Definicoes%20-%20Emenda%200.pdf>>. Acesso em: 11 Agosto 2017.

PAULA, Aline. **Projeto mecânico do sistema de transmissão de um veículo baja**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP, 2013.

BRESOLIN, João Guilherme. **Avaliação da eficiência do sistema de transmissão utilizado em protótipos Baja SAE**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2012.

DIAS, Felipe Maciel. **Projeto e construção de uma nova bancada de ensaio de CVT**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

Briggs & Stratton. **Racing Engines**: Model 20. Disponível em:<https://www.briggsandstratton.com/na/en_us/product-catalog/engines/racing-engines/model-20.html>. Acesso em: 11 Agosto 2017.

BAXTER, M. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2.ed. Trad. de Itiro Iida. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2000.

REMOR, Gustavo S. **Projeto Conceitual de um Pórtico Rolante para a Movimentação de Pallets**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina - FAHOR, Horizontina, RS, 2012.

PALUCHOWSKI, Cristian D. **Desenvolvimento do Projeto Conceitual de um Tanque Granelero para Colheitadeiras 1470 John Deere**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina - FAHOR, Horizontina, RS, 2012.

TORMES, Daniele. **Desenvolvimento do Projeto de um Carro para o Transporte de Peças Manufaturadas**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina - FAHOR, Horizontina, RS, 2012.

MICHELS, Ediun. **Projeto Detalhado de uma Máquina de Elevação e Transporte**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina - FAHOR, Horizontina, RS, 2012.

BAJA SINUELO FAHOR. **Página da Equipe Baja Sinuelo Fahor no Facebook**. Disponível em:<<https://www.facebook.com/baja.fahor?fref=ts>>. Acesso em: 29 Setembro 2017.

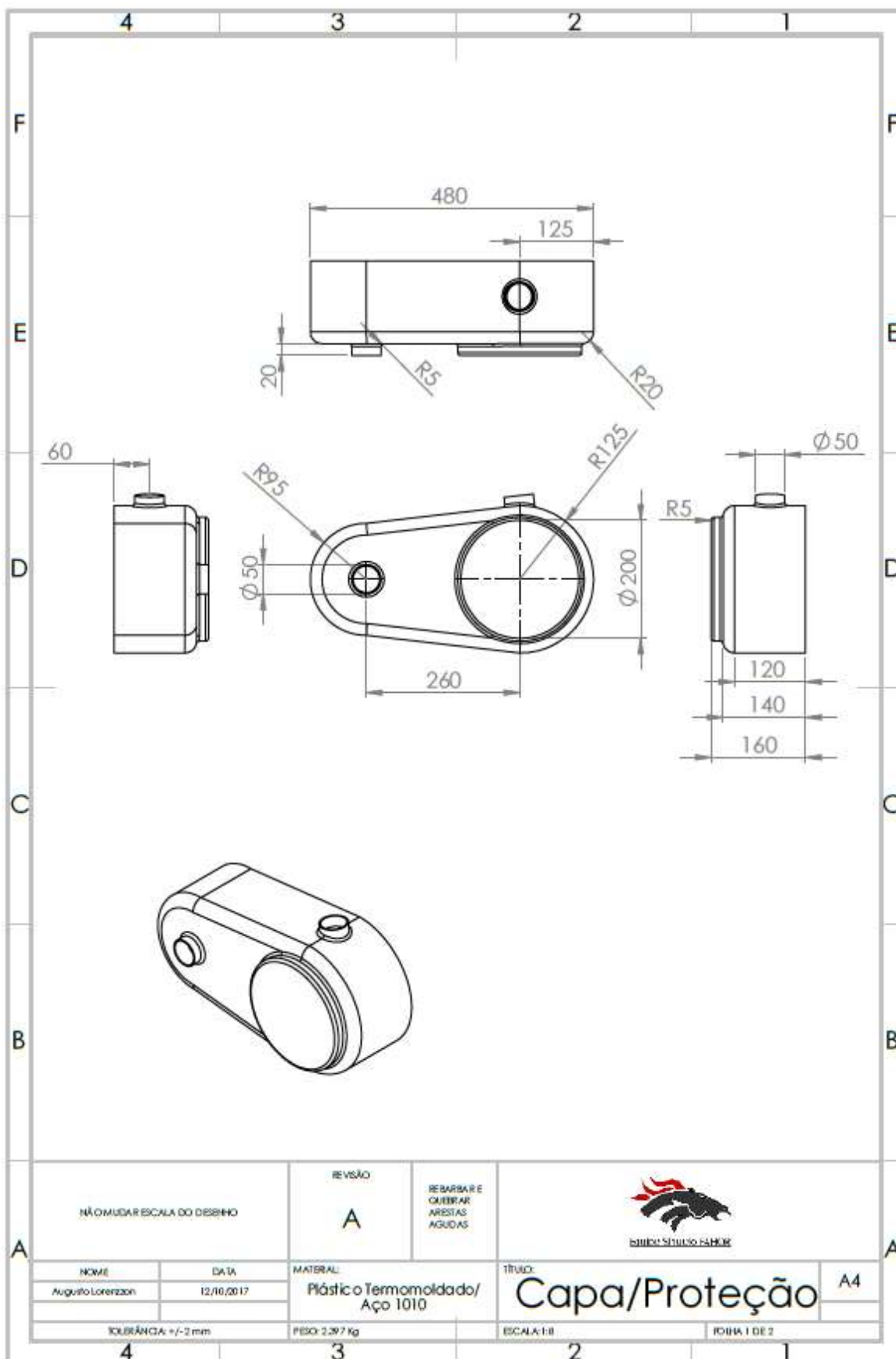
BACK, N. *et al.* **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri. São Paulo: Manole, 2008.

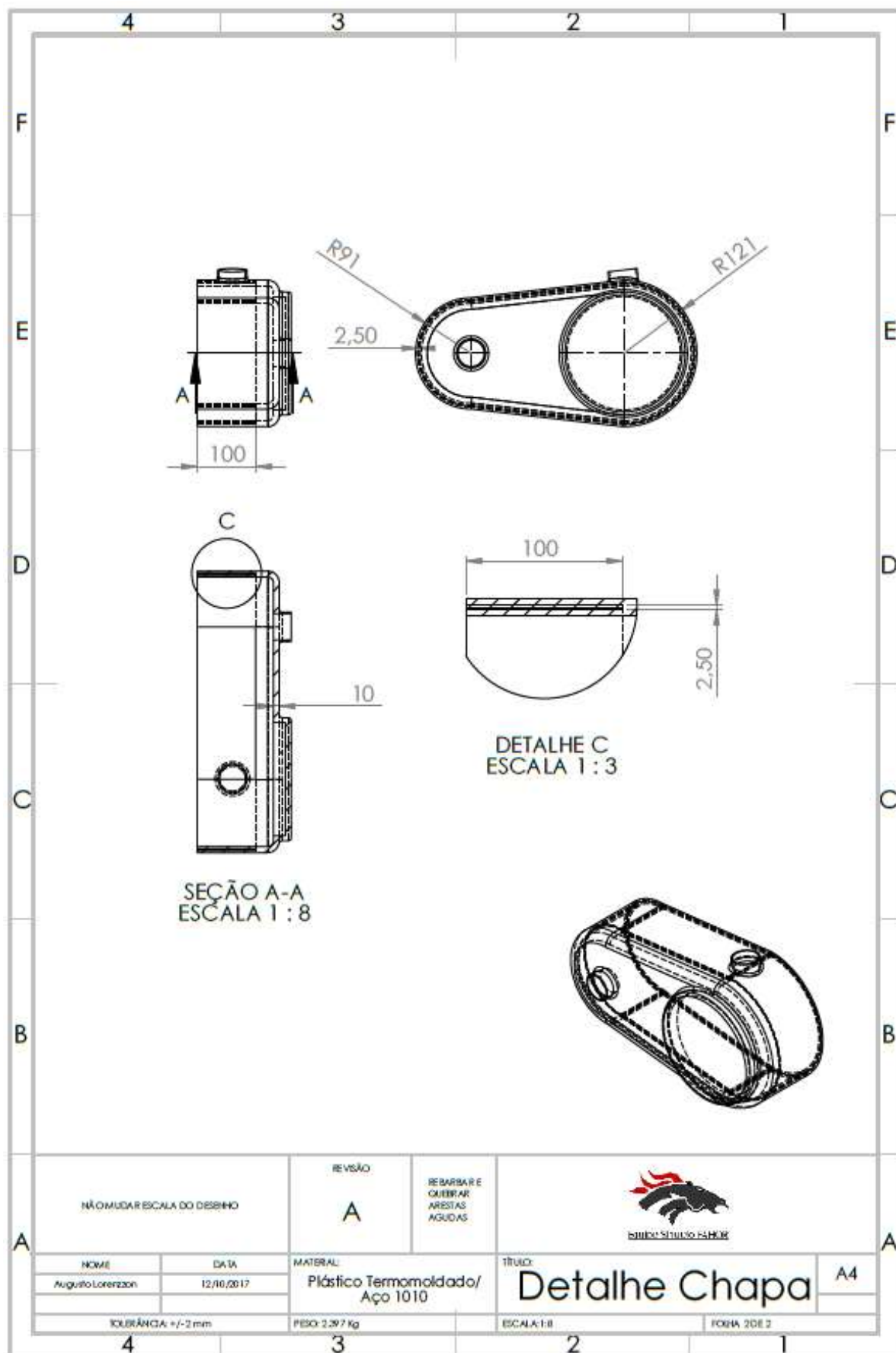
PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**. Guia PMBOK® 5ª. Ed. – EUA: Project Management Institute, 2013.

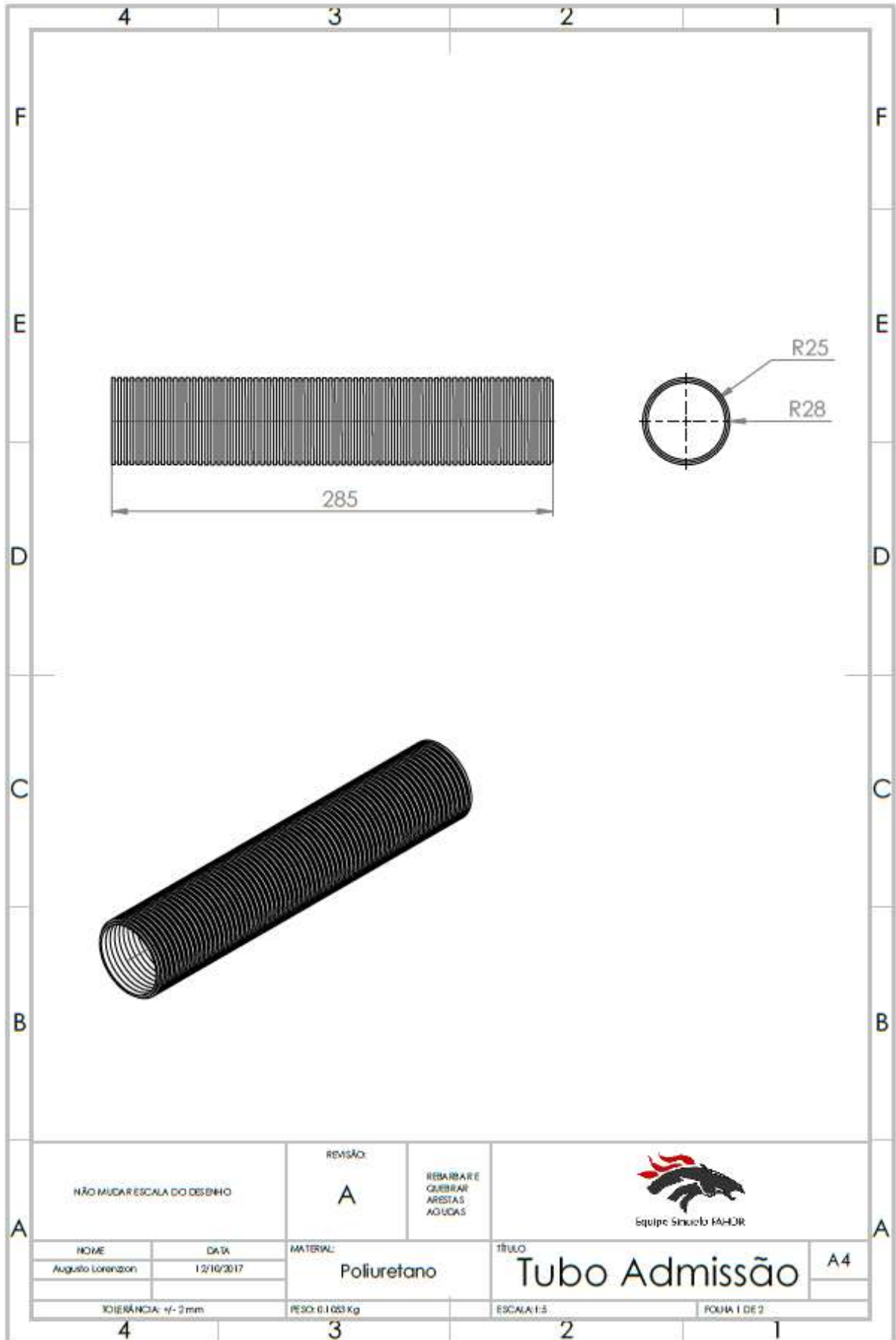
REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepção para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. Disponível em:<<http://www.abcm.org.br/anais/creem/2002/PJ/PJ032.pdf>>. Acesso em: 03 Outubro 2017.

REZENDE, Leonardo Bolzan. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. Tese apresentada na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2004.

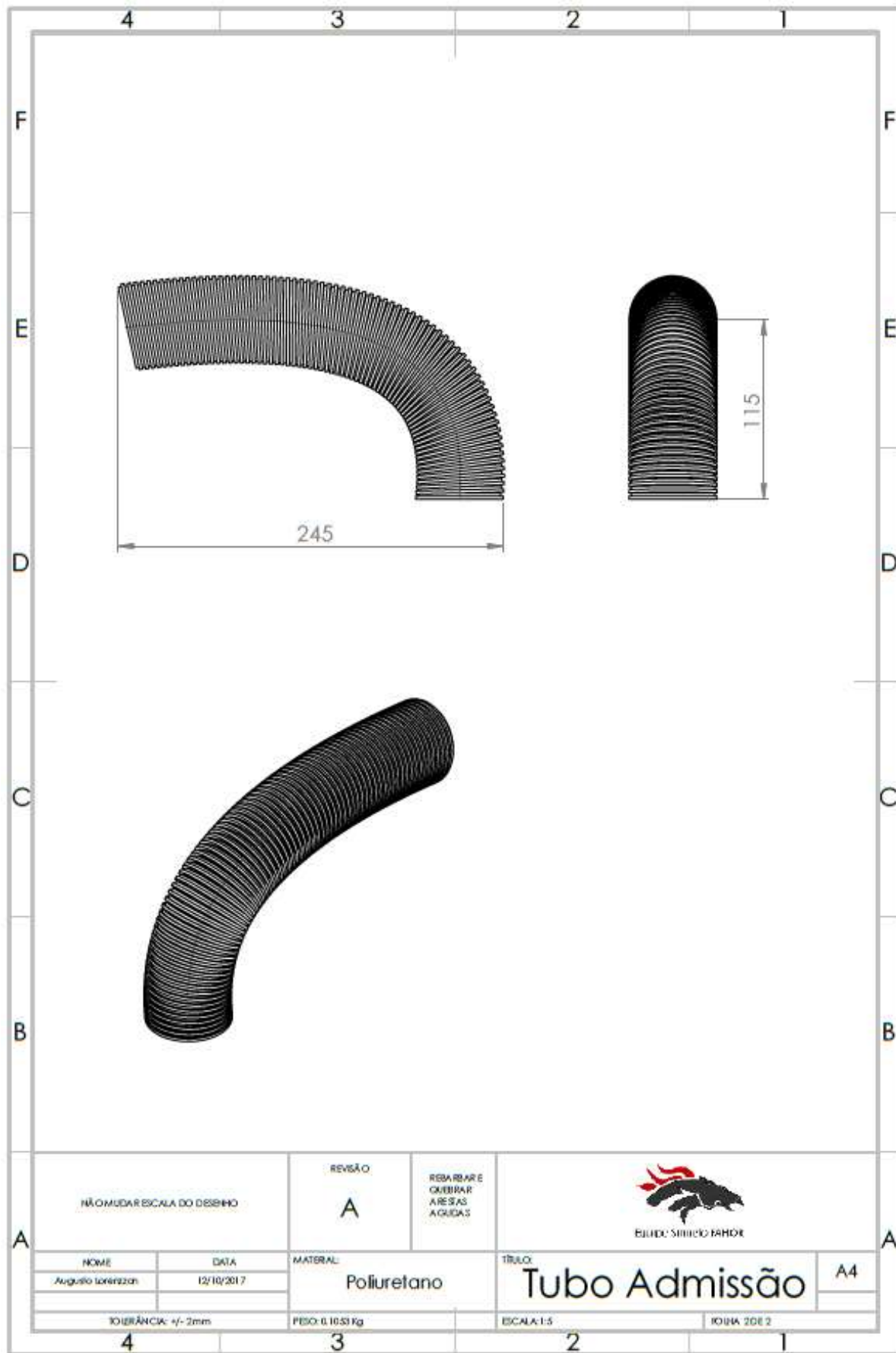
APÊNDICE A – DESENHOS DETALHADOS DA PROTEÇÃO DA CVT



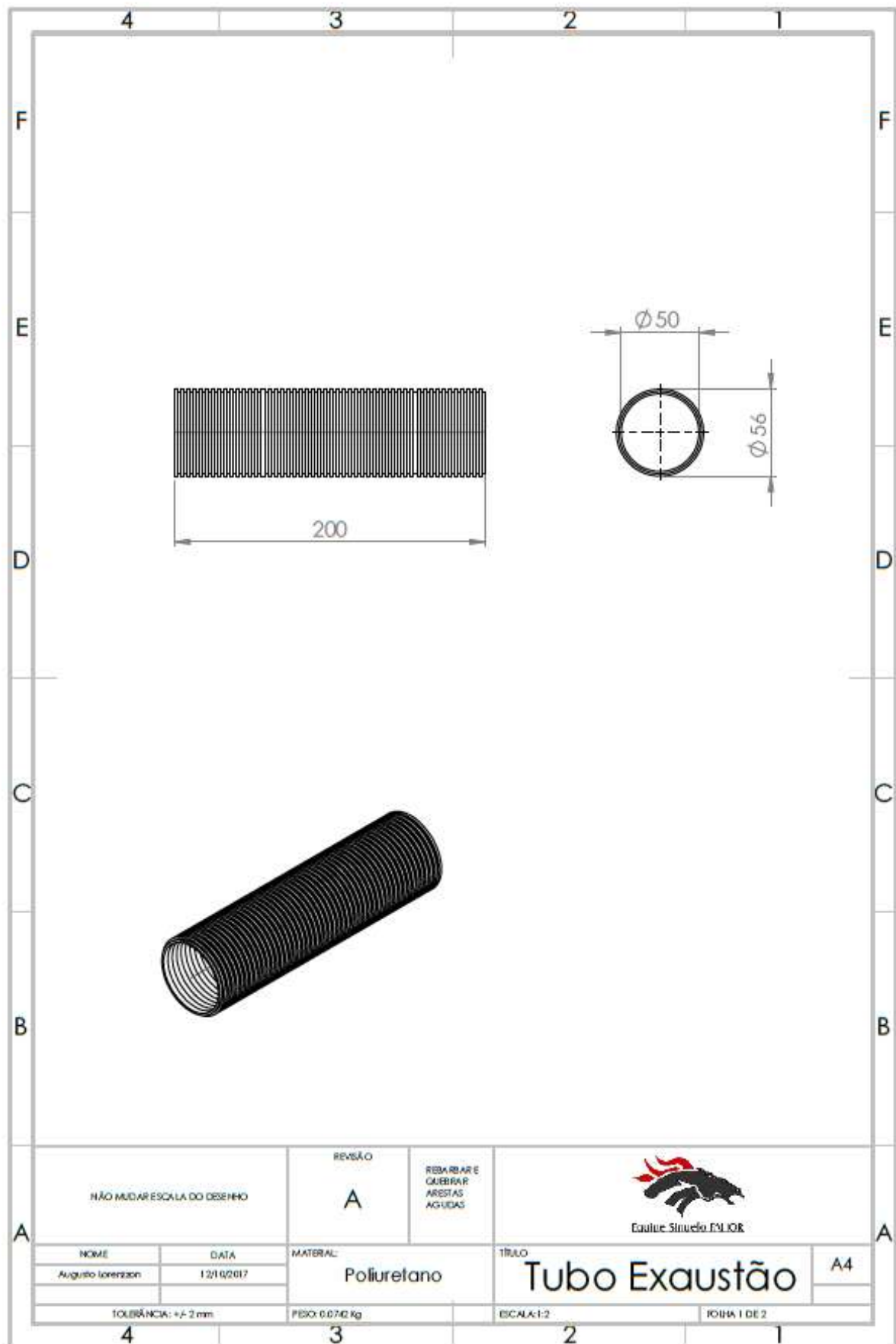


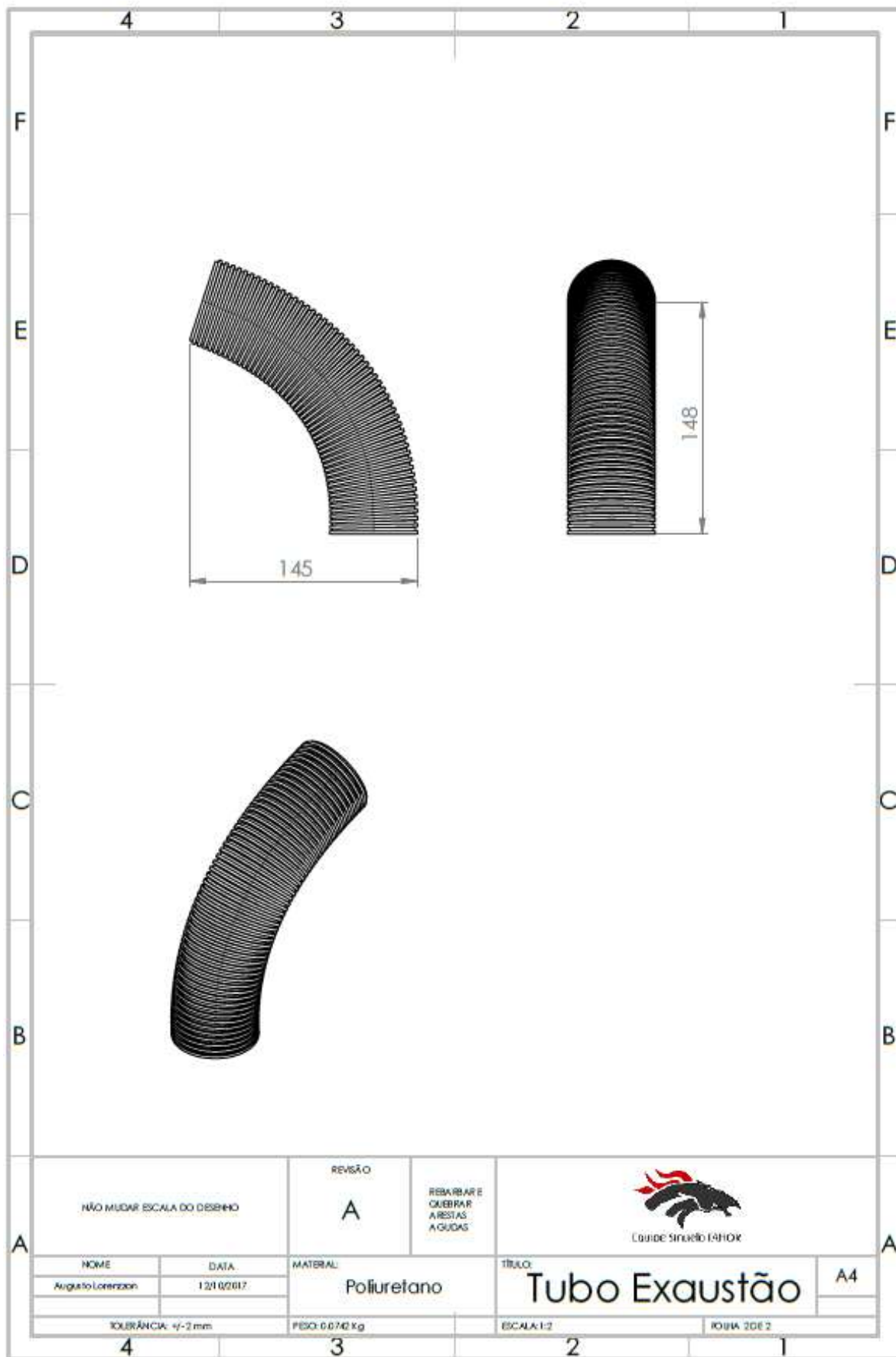


NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO: A	REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS	 Equipe Simulo FAH-DJR	
NOME Augusto Lorenzon	DATA 12/10/2017	MATERIAL: Poliuretano		TÍTULO Tubo Admissão	A4
TOLERÂNCIA: ± 2mm		PESO: 0.1033 Kg		ESCALA: 1:3	FOLHA 1 DE 2



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO A	REBARBAR E QUEBRAR A RESA À GUEIAS	 EMBRATUR ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA	TÍTULO: Tubo Admissão	A4
NOME Augusto Lorenzon	DATA 12/10/2017	MATERIAL: Poliuretano				
TOLERÂNCIA: +/- 2mm		PESO: 0,1031 Kg	ESCALA: 1:5	FOLHA 2 DE 2		





NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO A	REBARBAR E QUEBRAR A RESTAS AGUDAS	 LOURE SIMÕES FÁTIMA	A4
NOME Augusto Lorenzon	DATA 12/10/2017	MATERIAL Poliuretano	TÍTULO Tube Exaustão		
TOLERÂNCIA: ±2 mm		PESO: 0,0742 Kg	ESCALA: 1:2	JOB# 206 2	

