



Jean Carlos Dal Bem Tolfo

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO
PARA CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE UMA CAIXA DE
TRANSMISSÃO PARA UM VEÍCULO BAJA SAE**

Horizontalina - RS

2018

Jean Carlos Dal Bem Tolfo

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO
PARA CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE UMA CAIXA DE
TRANSMISSÃO PARA UM VEÍCULO BAJA SAE**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Jonathan Felipe Camargo, Me. Eng.

Horizontina - RS

2018

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

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

**“APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO PARA
CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE UMA CAIXA DE TRANSMISSÃO PARA
UM VEÍCULO BAJA SAE”**

Elaborado por:

Jean Carlos Dal Bem Tolfo

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

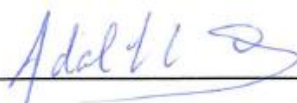
Aprovado em: 29/11/2018

Pela Comissão Examinadora



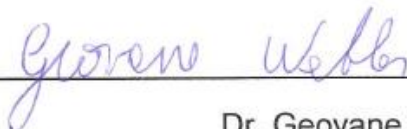
Me. Jonathan Felipe Camargo

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Me. Adalberto Lovato

FAHOR – Faculdade Horizontalina



Dr. Geovane Webler

FAHOR – Faculdade Horizontalina

**Horizontalina - RS
2018**

Dedicatória

Este trabalho é dedicado aos meus pais Airton Tolfo e Sandra Dal Bem Tolfo, que jamais deixaram de me apoiar, incentivar e me fazer acreditar que o sonho é possível. Esta vitória é “nossa”! Amo vocês.

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e por estar realizando mais este sonho da graduação em Engenharia Mecânica.

Ao professor Jonathan Felipe Camargo pelo tempo disponibilizado na orientação deste trabalho e pelo conhecimento compartilhado.

A equipe Sinuelo FAHOR de Baja, a qual tive a honra de participar por 4 anos. Pelas amizades feitas e por todo o conhecimento adquirido durante a participação deste projeto de iniciação científica.

Aos professores da FAHOR que fizeram parte durante a minha trajetória acadêmica e com os quais tive grande aprendizado durante estes anos.

Aos meus grandes amigos e colegas que fizeram parte desta busca em realizar mais um sonho e que de alguma forma ou outra vivemos grandes aprendizados. Em especial ao Alexandre Munchen, Augusto Garbrecht, Augusto Lorenzson, Bruno Anderle, Eduardo dos Santos,

Leonardo da Silva, Leonardo Sackser, Lucas Cordeiro e Mateus Lorenzon.

“A imaginação é mais importante que a ciência, porque a ciência é limitada, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro”.

(Albert Einstein)

RESUMO

O presente trabalho busca identificar o melhor conceito de transmissão para o veículo Baja Sinuelo, o qual participa de competições com equipes de faculdades e universidades de todo o país, afim de demonstrar a equipe que possui as melhores concepções de produto em cada veículo. Para se ter a concepção da melhor opção da transmissão, foi aplicada uma metodologia de projeto de produto, onde foram identificadas os requisitos, o conceitual e a projeção do produto através das fases do projeto informacional, conceitual e detalhado, afim de atender as expectativas de cliente e projeto. Em adição, foram realizados cálculos para o dimensionamento e também feita a projeção do produto por meio da ferramenta de desenho assistido por computador *SolidWorks*. Os resultados obtidos foram satisfatórios, por atender ao que diz respeito aos requisitos identificados por clientes e pelo projeto.

Palavras-chave: Projeto de produto. Concepção de transmissão. Dimensionamento de transmissão para baja.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico do torque disponibilizado pelo motor.....	25
Figura 2 – Gráfico potência máxima	27
Figura 3 – (a): Transmissão continuamente variável (CVT) – Marcha lenta; (b)Transmissão continuamente variável (CVT) – Marcha rápida.....	28
Figura 4 – (a): Engrenagem cilíndrica de dentes retos; (b) Elementos da engrenagem.....	31
Figura 5 – (a): Engrenagem cilíndrica helicoidal; (b) Engrenagem cônica.....	33
Figura 6 – Engrenagem de parafuso sem-fim.....	34
Figura 7 – Etapas do projeto proposta por Baxter	49
Figura 8 – Processo de Desenvolvimento de Produto	51
Figura 9 – Processo de Desenvolvimento de Produtos	53
Figura 10 – Planejamento do Projeto	55
Figura 11 – Identificação dos clientes durante as fases do ciclo de vida.....	69
Figura 12 – Identificação das necessidades dos clientes	70
Figura 13 – Requisitos de Projeto.....	71
Figura 14 – Diagrama de Mudge	72
Figura 15 – Classificação dos requisitos por grau de importância.....	72
Figura 16 – Ferramenta QFD.....	74
Figura 17 – Especificações do produto.....	75
Figura 18 – Fluxograma da função global do produto	76
Figura 19 – Estrutura funcional do produto.....	77
Figura 20 – Descrição das funções	77
Figura 21 – Matriz morfológica	79
Figura 22 – Combinação dos princípios de solução	81
Figura 23 – Matriz de decisão para escolha da concepção final do produto ..	83
Figura 24 – Concepção do produto final em 3D	84
Figura 25 – Dados coletados	86
Figura 26 – Relação de transmissão	86
Figura 27 – Número de dentes e relação por engrenamento	86
Figura 28 – Dimensionamento das engrenagens	88
Figura 29 – Dimensionamento dos eixos.....	89
Figura 30 – Dimensionamento das chavetas.....	89

Figura 31 – BOM (*bill of materials*) Lista de materiais – Caixa de transmissão..90

Figura 32 – Verificações de erros do projeto91

Figura 33 – Lista de revisão do projeto.....92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Premissas de Projeto Baja SAE Brasil	21
Tabela 2 – Relação de variação da CVT.	27
Tabela 3 – Diferenciações e Modelos de Correias	40
Tabela 4 – Etapas do Projeto Conceitual.....	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	14
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.4 HIPÓTESES.....	15
1.5 JUSTIFICATIVA	15
1.6 OBJETIVOS	16
1.6.1 Objetivo Geral	16
1.6.2 Objetivos Específicos	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 A COMPETIÇÃO BAJA SAE BRASIL	18
2.1.1 Veículo Baja SAE	20
2.1.2 Normas para transmissão de veículos baja SAE	21
2.2 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO	23
2.2.1 Relação de transmissão	24
2.2.2 Transmissão continuamente variável (CVT).....	27
2.3 TRANSMISSÃO POR ENGRENAGENS.....	29
2.3.1 Engrenagens	29
2.3.2 Tipos de engrenagens.....	29
2.3.3 Materiais para engrenagens.....	34
2.4 TRANSMISSÃO POR CORRENTES	35
2.4.1 Correntes.....	36
2.4.2 Tipos de correntes.....	37
2.4.3 Materiais para correntes.....	38
2.4.4 Engrenamentos sem-fim: Coroas.....	39
2.5 TRANSMISSÃO POR CORREIAS	39
2.5.1 Correias.....	40
2.5.2 Tipos de correias.....	40
2.5.3 Materiais para correias	41
2.6 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE TRANSMISSÃO	41
2.6.1 Eixos.....	41
2.6.2 Fixadores.....	44
2.7 METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO	47
2.7.1 Projeto informacional.....	50
2.7.2 Projeto conceitual.....	51
2.7.3 Projeto detalhado	52
3 METODOLOGIA.....	54
3.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	56
3.1.1 Ciclo de Vida e seus Clientes.....	56
3.1.2 Identificar as necessidades dos Clientes.....	57
3.1.3 Definir os requisitos de Projeto.....	58
3.1.4 Hierarquizar os Requisitos	58
3.1.5 Estabelecer as especificações do Projeto	59
3.2 PROJETO CONCEITUAL	60
3.2.1 Verificação do Escopo do Problema	61
3.2.2 Estabelecer a estrutura funcional	61
3.2.3 Pesquisar por Princípios de Solução.....	62
3.2.4 Combinar os Princípios de Solução	64

3.2.5 Seleção das combinações.....	64
3.2.6 Evoluir em Variantes de Concepção	65
3.3 PROJETO DETALHADO.....	65
3.3.1 Elaborar Cálculos de Dimensionamento (transmissão, eixos e chavetas)	66
3.3.2 Elaborar Leiautes Preliminares e Desenhos de Formas	66
3.3.3 Elaborar Leiautes Detalhados e Desenhos de Formas	66
3.3.4 Finalizar as Verificações.....	67
3.3.5 Revisar Projeto	68
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	69
4.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	69
4.1.1 Ciclo de Vida e seus Clientes.....	69
4.1.2 Identificar as necessidades dos Clientes.....	70
4.1.3 Definir os requisitos de Projeto.....	70
4.1.4 Hierarquizar os Requisitos	71
4.1.5 Estabelecer as especificações do Projeto	74
4.2 PROJETO CONCEITUAL	75
4.2.1 Verificação do Escopo do Problema	75
4.2.2 Estabelecer a estrutura funcional	76
4.2.3 Pesquisar por Princípios de Solução.....	79
4.2.4 Combinar os Princípios de Solução	80
4.2.5 Selecionar Combinações.....	82
4.2.6 Evoluir em variantes de Concepção	85
4.2.7 Dimensionamento do produto	86
4.3 PROJETO DETALHADO.....	89
4.3.1 Elaborar Leiautes Preliminares e Desenhos de Formas	89
4.3.2 Elaborar Leiautes Detalhados e Desenhos de Formas	90
4.3.3 Finalizar as Verificações.....	91
4.3.4 Revisar Projeto.....	91
5 CONCLUSÃO.....	93
REFERÊNCIAS.....	95
APÊNDICE A – Cálculos para dimensionamento de transmissão por correia em “v”	100
APÊNDICE B – Cálculos para dimensionamento de transmissão por correntes	101
APÊNDICE C – Cálculos para dimensionamento de transmissão por Engrenagens	102
APÊNDICE D – Cálculos para dimensionamento de eixos de transmissão	104
APÊNDICE E – Cálculos para dimensionamento de chavetas	105
APÊNDICE F – Imagem em 3d	106
APÊNDICE G – orçamento	107
APÊNDICE H – Checklist.....	108
APÊNDICE I – Desenhos detalhados	109

1 INTRODUÇÃO

Uma das atribuições das máquinas, desde os antigos tempos, é o processo de transmitir força ou potência. Partindo deste pressuposto, a temática escolhida abrange a aplicação de uma metodologia de projeto de produto para a concepção e dimensionamento de uma caixa de transmissão utilizada no veículo Baja SAE da equipe Sinuelo da Faculdade de Horizontina/RS (FAHOR).

Para o desenvolvimento do estudo, considera-se, inicialmente, o veículo Baja da equipe Sinuelo FAHOR, que participa de competições realizadas pela SAE (Sociedade dos Engenheiros da Mobilidade). As provas compreendem a sistemática de avaliação das áreas de desenvolvimento dos veículos baja, e, dentre os elementos considerados. O presente estudo dedica-se à apreciação do sistema da transmissão.

Posteriormente ao embasamento teórico, o estudo delinea os elementos do sistema de transmissão, bem como cálculos de velocidade e de torque, fundamentando, assim, a sistemática de um novo modelo de projeto de produto para o dimensionamento da caixa do veículo *off road* Baja SAE da equipe Sinuelo FAHOR.

Neste sentido, fundamenta-se que cada equipe compete para ter seu projeto aceito por um fabricante fictício, como se a proposta caracterizasse, posteriormente, o destino final de comercialização (SAE BRASIL, 2018). Considerando que os protótipos devem passar por diferentes obstáculos, a pesquisa consubstancia o aprimoramento do sistema de transmissão, dentro dos parâmetros estipulados pelo Regulamento Oficial da Competição Baja SAE BRASIL, eis que idealiza o dimensionamento de uma nova caixa de transmissão para atender as necessidades do veículo projetado pela Equipe Sinuelo FAHOR.

1.1 TEMA

Dimensionamento de uma caixa de transmissão considerando o projeto de iniciação científica interposto na sistematização e desenvolvimento do veículo Baja SAE da equipe Sinuelo FAHOR.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Considerando o processo de construção do veículo baja, especificamente desenvolvido para participar de competições realizadas pela SAE (Sociedade dos Engenheiros da Mobilidade), analisa-se a necessidade de dimensionar elementos que acompanhem o sistema de transmissão dos veículos. Posto isso, o estudo delimita-se no tocante à aplicação de uma metodologia de projeto de produto, focado na realização do projeto informacional, conceitual, dimensional e detalhado de uma caixa de transmissão do veículo Baja SAE da equipe Sinuelo FAHOR.

Logo, o estudo compreende a sistemática de transmissão, bem como a análise de cálculos de velocidade e de torque. A partir da simulação de uma nova caixa de transmissão para o veículo Baja Sinuelo, o estudo dimensiona novas características para o sistema de transmissão. Considerando o caráter inovador do projeto, a pesquisa vincula-se às delimitações do setor de iniciação científica da FAHOR – tendo em vista que o pesquisador participa de encontros em grupos que desenham novas ideias, no intuito de pô-las em prática nos trabalhos desenvolvidos por cada membro da equipe ou em conjunto.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A elaboração de um projeto para a construção de um veículo baja compreende sistemáticas alternadas. De todo modo, é necessário que, a cada dois anos, um novo projeto de carro seja construído para poder participar (com exceção de alguns componentes como a caixa de transmissão). Ainda que a caixa de transmissão não seja substituída neste período, a equipe Sinuelo necessita realizar reparos e substituir componentes em decorrência de desgastes internos.

Considerando o tempo de fabricação, este processo eleva os custos e demanda uma considerável carga horária.

Sendo que o Baja Sinuelo tem participado de praticamente todas as competições e que, a cada novo projeto de carro, tem sido necessário a construção de uma nova caixa de transmissão, se faz necessário entender se o que vem sendo utilizado no carro atualmente é o mais indicado para a aplicação, através da aplicação de uma metodologia de um projeto de produto.

De encontro com o exposto, faz-se necessário o seguinte questionamento: é possível construir uma caixa de transmissão de menor custo, com menor tempo de fabricação e com a mesma eficiência da já existente utilizando uma metodologia de projeto de produto?

1.4 HIPÓTESES

Este trabalho parte do exposto na problemática para realizar um entendimento do melhor conceito de transmissão para um veículo *off road* baja, através da aplicação de metodologia de projeto de produto.

Através da aplicação de uma metodologia de projeto de produto, são analisados inúmeros requisitos, tanto de clientes quanto de projeto, é possível comparar três conceitos de transmissão para o melhor entendimento do que é fundamental para o produto final. Sendo eles: transmissão por engrenagens, transmissão por correntes e transmissão por correias. Além dos demais componentes que englobam o sistema da transmissão.

Em vias de explicativas dos tipos de transmissão, entende-se que é possível buscar soluções à problemática através de requisitos e estudos comparativos, afim de obter a melhor concepção de produto final.

1.5 JUSTIFICATIVA

Os argumentos utilizados na pesquisa buscam a solução da problemática, ou seja, analisa-se a possibilidade de construir uma caixa de transmissão de menor custo, com menor tempo de fabricação e com a mesma eficiência (desempenho e tração) da já existente. Devido à necessidade de aprimoramento do veículo baja

SAE da equipe Sinuelo FAHOR, a relevância da pesquisa calcada está no desenvolvimento de novas tecnologias – além do custo-benefício do produto. Ao encontro do exposto, Budynas e Nisbett (2011) destacam a priorização de um projeto de produto completo, isto é, identificando a necessidade e a idealização sobre fazer algo a respeito.

A partir das especificações do problema, que aqui, particularmente, condiz ao tempo de uso e eficiência do sistema de transmissão nas competições SAE, avalia-se a possibilidade do aprimoramento da caixa de transmissão do veículo Baja para fundamentar a sistemática de um novo projeto de produto.

A escolha da temática deve-se à ligação do pesquisador com o meio, tendo em vista que decorre da vivência junto a equipe Sinuelo FAHOR em competições e da percepção básica de que, avaliando o atual *status* do sistema de transmissão, há oportunidade de melhoria. Além do meio acadêmico, a participação da equipe Sinuelo FAHOR em competições de alto nível reflete a valorização do que é produzido na FAHOR diante da comunidade em geral.

Contudo, a pesquisa busca delinear elementos que reconfigurem a metodologia do protótipo do produto de transmissão atual, calcada no intuito primordial de aperfeiçoamento do veículo Baja SAE da equipe Sinuelo FAHOR.

1.6 OBJETIVOS

No intuito de responder ao problema desta pesquisa, foram traçados os seguintes objetivos:

1.6.1 Objetivo Geral

Aplicar uma metodologia de projeto de produto que compreenda a melhor concepção da caixa de transmissão de acordo com os requisitos dimensionais e de transmissão do sistema do veículo Baja SAE da equipe Sinuelo FAHOR.

1.6.2 Objetivos Específicos

Para se alcançar o objetivo geral, mencionam-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Aplicar uma metodologia de projeto de produto para uma nova caixa de transmissão;
- b) Identificar e analisar as informações do presente veículo para o dimensionamento da nova caixa de transmissão;
- c) Realizar cálculos de dimensionamento;
- d) Apresentar a melhor concepção de caixa de transmissão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

As considerações tecidas no referencial teórico a seguir apresentam a conceitualização de base para o embasamento de um projeto de produto. Assim, abordam-se os conceitos de um sistema de transmissão, especialmente, os conceitos dos componentes do sistema de transmissão para um veículo baja, as características específicas e a utilidade dos conjuntos.

Nesta perspectiva, a análise abrange as nuances da competição realizada pela SAE, a sistemática da equipe Sinuelo FAHOR e os materiais utilizados na fabricação dos componentes da caixa de transmissão dos veículos *off road* Baja.

2.1 A COMPETIÇÃO BAJA SAE BRASIL

O programa Baja SAE BRASIL compreende um desafio lançado aos estudantes dos cursos de Engenharia, que oferece a oportunidade aos estudantes de aplicar na prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula, visando incrementar sua preparação para o mercado de trabalho (SAE BRASIL, 2018).

Acerca da evolução história, fundamenta-se que a SAE BRASIL foi fundada no ano de 1991 por executivos dos segmentos automotivo e aeroespacial, devido à necessidade de abrir as fronteiras do conhecimento, para os profissionais brasileiros da mobilidade e em face da integração do país, caminhando ao encontro do processo de globalização da economia à época. Destarte, identifica-se que a SAE BRASIL é filiada à SAE Internacional, uma associação com os mesmos fins e objetivos fundada no ano de 1905 nos Estados Unidos, por líderes de grande visão da indústria automotiva e da então nascente indústria aeronáutica (SAE BRASIL, 2018).

Em relação ao projeto Baja SAE, apura-se que foi criado nos Estados Unidos, no estado da Carolina do Sul, sob comando do Dr. John F. Stevens, local da primeira competição em 1976. Sobretudo, o ano de 1991 marcou o início das atividades da SAE Brasil, e, especialmente em 1994, o projeto Baja SAE Brasil foi lançado.

No ano seguinte, em 1995, foi realizada a primeira competição nacional de baja, no bairro do Ibirapuera, São Paulo. De 1996 até o ano de 2002, as competições ocorreram na pista de Interlagos e, a partir de 2003, a competição nacional passou a ser realizada no interior do estado de São Paulo, na cidade de Piracicaba.

Até o ano de 1997 as competições nacionais realizaram-se deste modo, posteriormente, a SAE deu início ao apoio em competições de nível regional, ou seja, as competições realizadas em regiões no país (SAE BRASIL, 2018). Desde então, diversas competições ocorrem em diferentes estados brasileiros, como é o caso dos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Nesta perspectiva, expõe-se que as competições ocorrem anualmente, sendo que a competição nacional ocorre, normalmente, no mês de março e a competição regional no mês de novembro.

De acordo com as normas estabelecidas pela SAE, cada projeto e carro podem participar de quatro competições – número que compreende duas etapas nacionais e duas etapas regionais. Na linha das competições, verifica-se que a caixa de transmissão dos veículos *off road* é um elemento de extrema importância para o carro (SAE BRASIL, 2018). Durante as provas há análises específicas, acerca das propriedades, como: materiais utilizados na fabricação, as características de formato, relação transmissão, dimensionamento de eixos e chavetas, elementos que devem ser calculados minuciosamente para ter o melhor desempenho.

De acordo com a norma técnica exposta na plataforma digital Baja SAE, denominada especificamente de “Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil” (RATBSB)¹, o veículo deve ser equipado com um único motor do tipo Briggs & Stratton – 4 tempos, monocilíndrico, com potência de 10HP série 20 e refrigerado a ar (SAE BRASIL, 2018). Deste modo, confere-se que para participar da competição, é necessária uma igualdade total de potência para todos os carros. Todavia, apesar do requerimento de uma potência padrão, tem-se liberdade para trabalhar na caixa de transmissão, projetando-a e construindo-a da maneira que se possa obter melhores resultados nas provas em relação as equipes concorrentes.

¹ Disponível em: <http://portal.saebrasil.org.br/Portals/0/PE/BAJA-2018/RATBSB_emenda_01.pdf>. Acesso em 05.out.2018.

As provas que demandam de melhor desempenho do sistema de transmissão são as provas de *Suspension & Traction* e *Endurance*. Na última competição em que a equipe participou, a etapa sul do ano de 2016, obteve ótimos resultados, conquistando o 1º lugar nas duas provas. No entanto, é importante mencionar que, apesar do resultado excelente, o veículo apresenta pontos de melhoria (SAE BRASIL, 2018).

Apura-se que durante as provas de *Suspension & Traction* e *Endurance* muito se é exigido dos veículos. Considerando que ambas impõem desafios gigantescos às equipes. Em competições do estilo SAE realizam-se desafios que medem a alta capacidade do veículo *off road*, assim, durante a prova de *Endurance*, os desafios são compostos por vários saltos, aclives, obstáculos e até mesmo a pista com água.

2.1.1 Veículo Baja SAE

Considerando a amplitude dos desafios lançados aos estudantes de engenharia que participam da competição Baja SAE, reitera-se que é primordial para inserir-se na prova a construção de um veículo *off road* dentro das normatividades explícitas no Regulamento da SAE BRASIL (SAE BRASIL, 2018). O desenvolvimento do veículo baja obedece as nuances expostas de modo característico e sistemático em tal Regulamento, tendo em vista que as premissas de projeto, dispostas no item “A4.2.1” exigem que cada equipe deve projetar e construir um veículo monoposto, fora-de-estrada, esportivo, cuja estrutura contenha o condutor.

Para participar da Competição Baja SAE BRASIL o veículo deve ser um protótipo para produção em série, confiável, de fácil manutenção, ergonômico e econômico, eis que deve atender ao mercado consumidor (com produção estimada em aproximadamente 4000 unidades por ano). Assim, o veículo baja SAE dentro das normas prioriza o desempenho líder de mercado em termos de velocidade, manobrabilidade, conforto e robustez em terreno acidentado e condições fora-de-estrada. Nesta linha, verifica-se que o desempenho é avaliado pelo sucesso nas provas das competições (SAE BRASIL, 2018).

Particularmente à construção, o Regulamento expõe que os alunos devem trabalhar em equipe em todas as fases do projeto, quais sejam: projeto, construção, testes, promoção e operação. Os recursos e/ou suporte financeiro ficam a encargo dos alunos e/ou Equipe, e, sobretudo, o item “A4.2.6” destaca que tudo deve ser realizado sempre respeitando as prioridades acadêmicas e os regulamentos internos da Instituição de Ensino representada (SAE BRASIL, 2018).

2.1.2 Normas para transmissão de veículos baja SAE

O Regulamento Baja SAE BRASIL engloba um conjunto de normatividades, específicas e técnicas, que embasam todas as atividades realizadas na competição. Deste modo, o Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil (RATBSB) é delineado pelo Comitê Baja SAE BRASIL (composto exclusivamente por voluntários de ampla experiência em engenharia) que é o órgão responsável pelos aspectos técnicos do Programa Baja SAE e suas atividades correlatas, incluindo a Competição Nacional e as Etapas Regionais (SAE BRASIL, 2018).

Tal normativa norteia os participantes diante das definições de quesitos técnicos e competitivos para as competições SAE BRASIL. Neste conjunto, apuram-se as premissas de Projeto no item “A4.2” do Regulamento oficial (SAE BRASIL, 2018):

Tabela 1 - Premissas de Projeto Baja SAE Brasil

A4.2.1 Para participar da Competição Baja SAE BRASIL, cada equipe deve projetar e construir um veículo monoposto, fora-de-estrada, esportivo, cuja estrutura contenha o condutor.
A4.2.2 O veículo deve ser um protótipo para produção em série, confiável, de fácil manutenção, ergonômico e econômico que atende ao mercado consumidor, com produção estimada em aproximadamente 4000 unidades por ano.
A4.2.3 O veículo deve buscar desempenho líder de mercado em termos de velocidade, manobrabilidade, conforto e robustez em terreno acidentado e condições fora-de-estrada. O desempenho será avaliado pelo sucesso nas provas das competições.

Fonte: SAE BRASIL, adaptado pelo Autor, 2018.

De acordo com as premissas do Regulamento (RATBSB), os veículos *off road* Baja devem possuir motorização padronizada para participar das competições SAE. Ou seja, a configuração do veículo é um dos requisitos-chave conferidos para a

equipe participar da competição, devendo o carro Baja SAE utilizar apenas um motor consoante o modelo *Briggs & Stratton* (especificado no regulamento) (SAE BRASIL, 2018). O item C4.8.3 versa sobre o sistema *Powertrain*, sustentando que a equipe deve definir o projeto e seleção de materiais de modo que as metas de eficiência, dirigibilidade, durabilidade e integração deste com os demais sistemas do protótipo estejam alinhadas com critérios definidos a priori como diretrizes do projeto de maneira global. Nesta linha, verifica-se que o projeto de *powertrain* inclui localização e controle do motor e segue com o *drivetrain* até (e inclusive) a entrada de movimento final para as rodas. Destacam-se como considerações importantes: Eficiência (de força, peso e custo); Dirigibilidade (seleção e variação de relação de transmissão, decisões de projeto acerca de recursos como marcha ré, deslizamento limitado e bloqueio de diferencial); Empacotamento do sistema e Razões que levaram ao arranjo final definido para este subsistema (SAE BRASIL, 2018).

Complementando o exposto, observa-se que os freios no eixo motor devem atuar no eixo final, ou seja, no eixo das rodas. Assim, os freios centrais atuando nas rodas por meio de semieixos são permitidos. De modo contrários, freios atuando em eixos de transmissão intermediários são proibidos.

Dentre as condições aprovadas do Regulamento, a SAE Brasil fundamenta que considera-se como modificação, por exemplo, a alteração de itens como: relação de transmissão intermediária ou final, pneus, molas, amortecedores, relação de direção, componentes de freio, motor, snorkel, proteção do sistema de alavanca do governador, assento, extintor, proteções, carenagens (incluindo presença de chapéu) e equipamentos de segurança do piloto (SAE BRASIL, 2018).

Sobretudo, analisa-se que desde a etapa de projeto do veículo pressupõe-se à obediência aos parâmetros delineados no Regulamento RATBSB, portanto, o sistema de transmissão *powertrain* inclui localização e controle do motor, seguindo com o *drivetrain* até (e inclusive) a entrada de movimento final para as rodas (SAE BRASIL, 2018). Do exposto, frise-se que o eixo do motor deve estar livre, desacoplado da transmissão, para realização da verificação do motor. Os itens removidos (como CVT e sua proteção) devem ser levados separadamente, para sua avaliação.

Diante disso, o projeto de produto condizente ao sistema de transmissão busca o aperfeiçoamento dos elementos, utilizando-os de modo diferencial e técnico, objetivando aumentar o desempenho do carro na competição.

2.2 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO

O sistema de transmissão, condizendo à própria raiz da nomenclatura, possui a função de transmitir algo que gere algum resultado. Outrossim, transmitir potência através de uma fonte por meio de uma máquina com uma atuação de saída é a função do sistema de transmissão (BUDYNAS; NISBETT, 2008). De acordo com Mello (2003), o sistema de transmissão é o responsável por aumentar ou diminuir o torque, buscando a melhor relação entre este e a velocidade nas rodas.

Neste âmbito, Cipolla (2015) salienta “a necessidade do desenvolvimento de um protótipo completo, sendo o sistema de transmissão um dos subsistemas responsáveis pela dinâmica do veículo em prova, e também um dos subsistemas mais oportunos para inovações”. Enfatiza, ainda, que o “motor de combustão interna *Briggs & Stratton Intek Pro®* 10 HP de 305 cilindradas é padronizado pela competição, a maioria das equipes, usa ainda, conectado ao motor, uma transmissão CVT (*Continuous Variable Transmission*)” – Transmissão continuamente variável.

Segundo Bosch (2005), os elementos de transmissão têm a função de realizar o procedimento de arranque ou total parada do veículo sem que seja necessário a parada de funcionamento do motor. Diante disso, abrange a função de converter torque em rotação, permitindo que a unidade de potência trabalhe em diferentes rotações e, possibilita também, que essa auxilie na operação de faixa ideal da unidade propulsora realizando assim um equilíbrio entre as condições ideais de uso.

Visando atingir o objetivo do estudo, qual seja, apresentar um ideal calcado na aplicação de uma nova metodologia de projeto de produto, que compreenda uma melhor concepção da caixa de transmissão de acordo com os requisitos dimensionais e de transmissão para o sistema do veículo Baja SAE Sinuelo FAHOR,

esta seção dedica-se em apreciar as nuances acerca das relações entre os componentes de transmissão, como exposto a seguir.

2.2.1 Relação de transmissão

Partindo do pressuposto de que toda máquina é formada por uma quantidade maior ou menor de itens, dependendo da sua complexidade, entende-se por transmissão a condução de movimento ou potência (rotação e torque) de um ponto a outro, dentro de uma máquina ou entre máquinas distintas (MOLIN, 2014). De praxe, estes itens individualizados são denominados de “elementos” ou “órgãos”.

Em síntese, Silva (et al., 2017) sustenta que a transmissão configura a força em um carro baja, dimensionada através dos seguintes componentes: “Motor, um conjunto de redução por Transmissão Variável (CVT), um caixa de redução por correntes e eixos de saída para as rodas. Tem como finalidade transmitir a potência promovida do motor para as rodas do veículo”.

Nesta linha, a relação de transmissão mecânica compreende dois grupos, divididos entre transmissões com elementos flexíveis e transmissões com elementos rígidos. Tebaldi (2015) configura a utilização de um atuador rotativo, expondo que existem quatro opções disponíveis para a transmissão, elencando-as: transmissões sem variação de velocidade, redutores, multiplicadores e variadores de velocidade. As transmissões sem variação de velocidade utilizam praticamente a mesma velocidade de rotação tanto no eixo de entrada quanto no eixo de saída, verifica-se que há perdas durante o processo, ocasionadas pelo atrito entre as partes. De outra banda, os redutores de velocidades apresentam a velocidade de saída inferior a de entrada, por tanto, não há regularidade na velocidade de rotação.

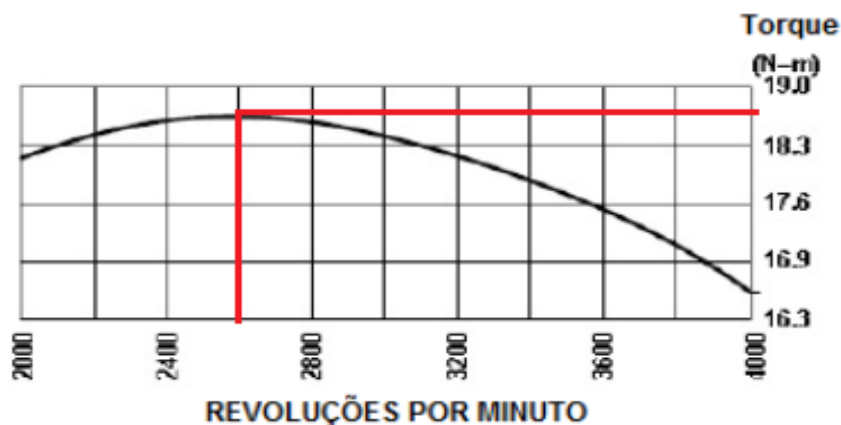
Relativamente às transmissões, tais mecanismos são utilizados quando um torque maior é necessário no eixo de saída. Destarte, a doutrina de Tebaldi (2015) evidencia que multiplicadores de velocidade agem “de forma inversa aos redutores de velocidade. Eles são utilizados com o intuito de aumentar a velocidade de rotação do eixo de saída”. De modo complementar, caracteriza-se, ainda, que “os variadores de velocidade são utilizados quando a rotação ou o torque requerido pelo sistema estão sempre sofrendo mudanças. Portanto são conjuntos de redutores e/ou multiplicadores de velocidade.”

Seguindo a temática, aborda-se especificamente a relação de transmissão do motor do veículo *off road* Baja SAE Sinuelo FAHOR. Buscando o aperfeiçoamento do veículo, a pesquisa observa os dados que foram coletados na fase inicial, para falseá-los diante das hipóteses elencadas. O estudo verifica a potência do motor, o tamanho dos pneus, torque, relações de trabalho da CVT e os tipos de materiais utilizados. Ao encontro do exposto, evidencia-se que o motor utilizado nas competições Baja SAE é o modelo de motor *Briggs & Stratton* de 10 HP, série 20 de código 20S232, refrigerado a ar, conforme indicado anteriormente, é definido como padrão para a utilização de todas as equipes participantes da competição (SAE BRASIL, 2018).

Seguindo as normas técnicas impostas pela SAE, o motor utilizado pelo veículo *off road* baja deve ser utilizado em sua configuração original de fábrica, sem nenhuma alteração que possa vir a disponibilizar maior potência para o carro da equipe (SAE BRASIL, 2018).

As especificações referentes à torque e potência do motor utilizado para a realização deste trabalho, podem ser analisadas através das Figuras 1 e Figura 2.

Figura 1 – Gráfico do torque disponibilizado pelo motor.



Fonte: Briggs & Stratton, 2011.

A partir deste gráfico, analisa-se que o maior torque do motor, de 18,6 N.m, se dá quando a rotação atinge 2600 rpm. Diante desta situação, é dimensionado o sistema de transmissão para estas condições. Não obstante, a próxima Figura (2) reitera tais especificações:

Figura 2 – Gráfico potência máxima



Fonte: Briggs & Stratton, 2011.

Após as informações de torque e potência, foram relacionadas as informações de relação de variação da CVT, como mostrado na Tabela 2 as reduções mínima e máxima apresentadas por ela:

Tabela 2 – Relação de variação da CVT.

Correia	Mínima redução	Máxima redução
Magnun Belt 860-660	0,77:1	4:1

Fonte: Gaged Engineering, 2013.

Sobretudo, verifica-se que a CVT utilizada pela equipe Sinuelo é do modelo GX9 e, fabricada pela Gaged Engineering, mas este assunto é objeto do tópico que passamos a tecer a seguir.

2.2.2 Transmissão continuamente variável (CVT)

Ao encontro do que foi relacionado anteriormente, constata-se que a Figura 3 identifica o modelo de transmissão por CVT. Neste sentido, expõe-se que diferentemente dos sistemas convencionais, este não apresenta um número limitado de opções de marchas. A característica fundamental do sistema é variar continuamente a relação das marchas (DIAS, 2010).

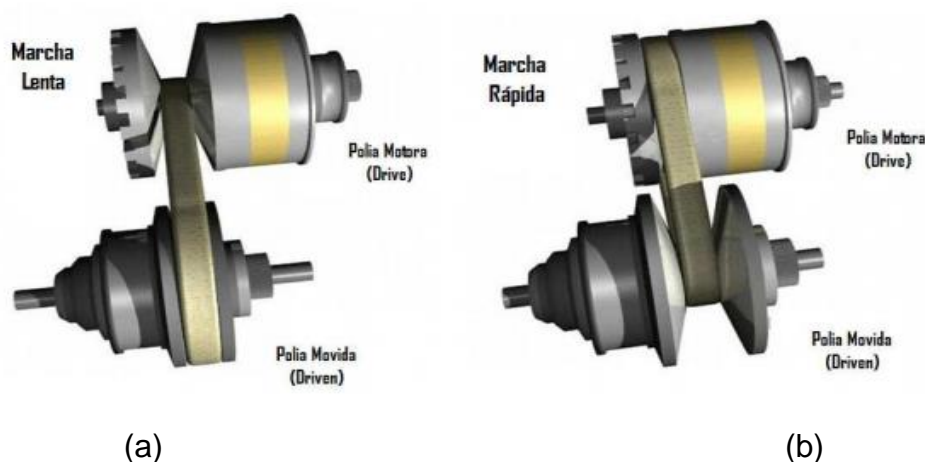
Essa variação contínua, possibilita que o veículo esteja sempre na relação adequada quanto à necessidade do momento, podendo ser a rotação de pico de

potência, utilizado para altas velocidades, ou, de maior torque do motor, quanto a demanda de torque for maior.

No âmbito, evidencia-se que o CVT tratada no projeto deste trabalho, se trata de um CVT por correia em V, sendo formado por duas polias, uma ‘movida’ e outra ‘motora’. (CIPOLLA, 2015). Complementando o autor, Dias (2010) fundamenta que o CVT pode ser utilizado em caixas de câmbio convencional de engrenagens, onde ocorrem trocas de marchas ou em com reduções fixas, pré-determinadas, como é o caso dos veículos baja (DIAS, 2010).

A Figura 3 demonstram um modelo de transmissão continuamente variável:

Figura 3 – (a): Transmissão continuamente variável (CVT) – Marcha lenta; (b) Transmissão continuamente variável (CVT) – Marcha rápida.



Fonte: Dias, 2010.

A utilização do sistema de transmissão por CVT permite que o motor opere em mesma rotação, configurando sua maior potência, maior torque ou menor consumo de combustível. No entanto, essas condições são de total dependência das condições de uso do veículo (DIAS, 2010).

Considerando a principal motivação do projeto em melhorar a eficiência do veículo *off road* no contexto da competição Baja SAE, apura-se que “a transmissão continuamente variável de polias expansivas é largamente utilizada, uma vez que é uma transmissão 6 leve e de fácil instalação e manutenção.” (RODRIGUES, 2011, p. 06). Fundamenta-se que essa transmissão apresenta ainda vantagens quando comparada a uma transmissão escalonada manual.

A exemplo, Rodrigues (2011) destaca a “não necessidade de atenção do piloto para a realização da troca de marchas, além de não ser necessário acionar uma embreagem, proporcionando maior conforto e capacidade de dirigibilidade ao piloto”.

Sobretudo, num sistema de transmissão onde é utilizado o CVT, existe uma menor quantidade de partes móveis. De acordo com Dias (2010), uma quantidade de 25% a menos que um sistema convencional, além de não existir a necessidade da troca periódica do fluido de trabalho.

2.3 TRANSMISSÃO POR ENGRENAGENS

Relevante ao estudo, apura-se que as transmissões por engrenagens são amplamente utilizadas na produção de veículos *baja off road*, eis que prioriza-se a busca de um sistema robusto e que apresente alta eficiência nas competições (CIPOLLA, 2015).

Nesta sistemática, a redução da velocidade e a geração de torque estão relacionadas ao conjunto de engrenagens, ou seja, conforme a velocidade do veículo é reduzida, maior a capacidade do torque (NORTON, 2013).

Considerando que são classificadas pela sua forma construtiva, e, por consequência, a aplicabilidade no produto, existem diferentes tipos de engrenagens, que serão delineadas nos tópicos a seguir.

2.3.1 Engrenagens

Denomina-se engrenagem a peça construtiva em formato cilíndrico (engrenagem cilíndrica), cônico (engrenagem cônica) ou reto (cremalheira), dotada de dentadura externa ou interna. A geometria das engrenagens é o que difere uma das outras, consoante a sua finalidade. De modo amplo, fundamenta-se que a finalidade da engrenagem é transmitir movimento sem deslizamento e potência, multiplicando os esforços com o intuito de gerar trabalho (MELCONIAN, 2003).

2.3.2 Tipos de engrenagens

Conforme exposto anteriormente, evidencia-se que as engrenagens possuem diferentes características. Diante disso, salienta-se que os principais sistemas de

transmissão por engrenagens são: cilíndricas de dentes retos; cilíndricas helicoidais; cônicas e de parafuso sem-fim.

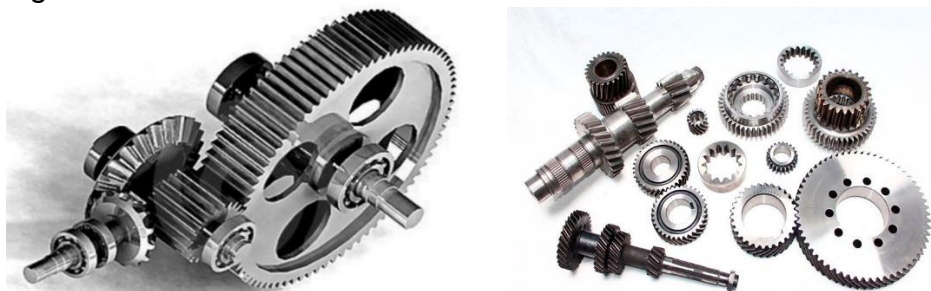
Neste sentido, fundamenta-se que as engrenagens cilíndricas de dentes retos possuem dentes alinhados, definidas com o eixo de rotação, cuja finalidade pressupõe a transmissão do movimento entre eixos paralelos. Posto isso, verifica-se que é um tipo simplório de engrenagem e ainda possui a questão abordado referente ao custo-benefício, considerando que é um tipo de engrenagem barata, devido à baixa complexidade na fabricação – o que confere a característica de ser utilizada em transmissões veiculares e noutros sistemas de transporte de cargas e máquinas.

O baixo custo é um fator relevante quando aplica-se nas transmissões por eixos paralelos, considerando que este tipo “suportam grandes relações de transmissão e as forças atuantes são apenas radiais, o que facilita também o projeto de seus mancais.” (CHILDS; PETER, 2014, apud CIPOLLA, 2015).

Esta configuração é uma forma bastante utilizada no desenvolvimento de teorias estruturais e cinéticas, que existem no entorno da forma dos dentes e permeiam os parâmetros geométricos de tais engrenagens (TEBALDI, 2015).

A Figura 4 desenharam o formato e os elementos da engrenagem cilíndrica de dentes retos:

Figura 4 – (a): Engrenagem cilíndrica de dentes retos; (b) Elementos da engrenagem.



(a)

(b)

Fonte: REDRAW (2018).

Especifica-se, ainda, acerca da nomenclatura dos elementos utilizados nesta espécie de engrenagem: Circunferência primitiva é uma circunferência teórica sobre a qual todos os cálculos são baseados. Seu diâmetro é o diâmetro primitivo.

No âmbito, salienta-se que as circunferências primitivas de um par de engrenagens acopladas são tangentes uma a outra (TEBALDI, 2015).

Seguindo a linha, Tebaldi (2015) sustenta que o Passo Circular identifica a distância, eis que refere-se à medida na circunferência primitiva, de um ponto de um dente ao correspondente ponto no dente adjacente. Sobretudo, o autor elenca que o Passo Circular é numericamente igual à soma da espessura do dente com o vão entre dentes. Ainda, evidencia-se que na esfera dos elementos, o Adendo significa a distância radial entre a circunferência primitiva e o topo do dente.

De outra banda, apura-se que o Dedendo é a distância radial entre o fundo do dente e a circunferência primitiva. Desta forma, expõe-se que a altura do dente é a soma do adendo com o dedendo (TEBALDI, 2015). Caracterizando outro elemento, observa-se que a Circunferência de folga relacionada está com uma circunferência tangente à circunferência de adendo da engrenagem acoplada. Já a folga ocorre quando o Dedendo de uma engrenagem excede ao adendo da engrenagem acoplada.

Em complemento, Tebaldi (2015) expõe que há o Passo Diametral, um dos elementos da engrenagem que é composto por uma medida característica do sistema imperial, considerando que é obtido por intermédio da divisão do número de dentes pelo diâmetro da circunferência primitiva – o resultado apresenta-se em dentes por polegada. Dentre os elementos, existem ainda o Módulo, a

Circunferência base, a Linha de pressão e o Ângulo. O primeiro elemento caracteriza o índice de tamanho no sistema SI, eis que designado pela razão entre o perímetro da circunferência primitiva e o número de dentes. Segundo Tebaldi (2015) este passo “é o recíproco do passo diametral, multiplicado por um fator de 25,4”

Logo, a Circunferência base sustenta a nomenclatura, pois designa a circunferência sobre a qual é gerada a curva envolvente ou involuta. Concluindo a disposição acerca dos elementos, a linha de pressão apresenta-se como a linha de ação da força da engrenagem motora à engrenagem movida. Já o ângulo de pressão compõe o ângulo formado

“entre a linha de pressão e uma perpendicular à linha que une os centros das engrenagens, geralmente assume os valores padronizados 20° ou 25°. Quanto ao formato dos dentes, a envolvente (ou involuta) é uma curva que possui uma característica especial na cinemática das engrenagens. Esse perfil de curva satisfaz o princípio de ação conjugada, ou seja, permite que a razão de velocidade angular seja constante durante o engrenamento.” (TEBALDI, 2015).

Avançando a temática, assinala-se, ainda, que há também as engrenagens denominadas cilíndricas helicoidais, que seguem o modelo da engrenagem cilíndrica de dentes retos, mas diferencia-se no tocante aos dentes, tendo em vista que não são paralelos ao eixo de rotação.

Sobretudo, Tebaldi (2015) expõe que o ângulo de inclinação é chamado de ângulo de hélice, responsável por manter um sentido numa engrenagem e o sentido oposto na outra, de modo não concorrente. Os dentes desta engrenagem seguem o perfil da curva envolvente e inclinam-se conforme o eixo de rotação.

Para Budynas e Nisbett (2011), estas engrenagens podem ser usadas em situações semelhantes às engrenagens cilíndricas, mas que priorizem a sistemática menos barulhenta, tendo em vista o engajamento mais gradual dos dentes durante o engrazamento. Identifica-se, ainda, que o modelo de inclinação desta engrenagem difere-se do outro, pois cria forças axiais e conjugados de flexão. Ainda, expõe-se que há o ângulo de pressão normal é o ângulo de pressão no plano normal à direção do dente. É ele que assume os valores padronizados de 20° e 25°.

Neste íterim, salienta-se que o ângulo de pressão tangencial é o ângulo de pressão no plano normal ao eixo de rotação, ligeiramente maior devido ao fato de ser o arco cuja tangente equivale à divisão da tangente do ângulo de pressão normal

pelo cosseno do ângulo de hélice. Já o passo diametral transversal é o análogo ao passo diametral das ECDR, sendo equivalente ao recíproco do módulo (TEBALDI, 2015).

Outra espécie de engrenagens é conhecida pela nomenclatura engrenagem cônica, na qual possuem dentes formados em superfícies cônicas e são utilizadas com o intuito de transmitir movimento entre eixos que se interceptam. Neste modelo, as espirais são cortadas formando um arco circular (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

A Figura 5 (a) e Figura 5 (b), expostas abaixo retratam a utilização destes modelos de engrenagem, diferenciando-os:

Figura 5 – (a): Engrenagem cilíndrica helicoidal; (b) Engrenagem cônica.



Fonte: Soluções Industriais (2018).

Fonte: DIAS (2018).

Este formato configura o diferencial onde encontram-se engrenagens cônicas, transmitindo o torque motor, que é fornecido longitudinalmente, para as semi-árvores, passando então a ser um torque transversal, e, em decorrência disso, daquelas para as rodas – o que garante a transferência eficaz do torque para as rodas sobre diferentes espécies de pisos (DIAS, 2018). Diante disso, observa-se que o “componente-chave para o funcionamento do diferencial chama-se engrenagem cônica, esta é assim chamada pois seu formato não é cilíndrico, e sim, na forma de tronco de cone.” (DIAS, 2018).

Nesta configuração, Dias (2018) elenca que os dentes podem ser retos ou helicoidais, em casos especiais configura-se até mesmo a classificação de hipóides. Consoante a importância e utilidade, verifica-se que são capazes de alterar a direção do torque recebido pelo motor, através do pinhão, em 90°.

Sobretudo, expõe-se que sua disposição dentro do diferencial é feita de forma cruzada, formando um ângulo de 90°. As engrenagens cônicas se ligam apenas as outras engrenagens do mesmo tipo. Finalizando este tópico, pontua-se que as engrenagens de parafuso sem-fim caracterizam o rendimento de um sistema mais baixo em relação aos anteriormente discutidos.

Assim, tal engrenagem é específica para árvores perpendiculares e não concorrentes, considerando o fato da alta taxa de aquecimento exigir lubrificação constante (CIPOLLA, 2015). Na Figura 6 apresenta-se um modelo de engrenagem de parafuso sem-fim:

Figura 6 – Engrenagem de parafuso sem-fim.



Fonte: ALMACINHA, 2012.

A utilização desta sistemática mostra-se vantajosa quando utilizada em sistemas nos quais os eixos não estão no mesmo plano, e sua capacidade de amortecer vibração também é superior (CHILDS; PETER, 2014). De modo complementar, a próxima seção caracteriza os materiais das engrenagens delineadas acima.

2.3.3 Materiais para engrenagens

Os métodos desenvolvidos pelos primórdios eram rudimentares e, categoricamente, as peças a serem utilizadas nas “máquinas” eram construídas em madeira. Hoje, as engrenagens são confeccionadas por materiais consubstanciados em ferro fundido, como é o caso de transmissões de baixa velocidade e torque, ou, ainda, usinadas em aço e de alta precisão para adaptarem-se às transmissões mais complexas (MOLIN, 2014).

De acordo com Norton (2011), há um número limitado de materiais que são usuais na fabricação de engrenagens, tendo em vista a finalidade de transmitir potência significativa em determinado produto. Os materiais mais comuns utilizados na fabricação de engrenagens são: aços, ferros fundidos e ferros maleáveis ou nodulares. Cada um destes materiais pode receber algum tratamento, desde que permitido, para obter maior resistência ao desgaste por abrasão ou corrosão.

Tratando-se de ferros fundidos cinzentos, têm uma grande vantagem no baixo custo, facilidade de usinagem, alta resistência ao desgaste e amortecimento interno. De outra banda, o ponto negativo destaca-se em possuir baixa resistência à tração. Nos modelos desenhados em ferros fundidos nodulares existe maior resistência à tração quando comparados aos ferros fundidos cinzentos, além de outras vantagens como resistência ao desgaste e melhor usabilidade (NORTON, 2011). Inclusive, este é um fator que justifica o valor da matéria-prima ser mais elevado.

Os aços também são materiais muito comuns utilizados na fabricação de engrenagens, pois apresentam maior resistência à tensão do que os ferros fundidos, e ainda, equivalem em custo quando tratados no viés de suas formas baixa liga. Expõe-se, ainda, que este material necessita tratamento térmico para obter uma dureza superficial para resistir aos desgastes.

Nesta linha, cita Norton (2011) que muitas engrenagens são fabricadas por metais não-ferrosos, como é o caso do bronze. Por estas ligas de cobre apresentarem um módulo de elasticidade baixo, há uma maior divisão de carga entre os dentes, e, em detrimento disso podem haver combinações entre bronze e aço, configurando a modelagem para trabalharem juntos.

2.4 TRANSMISSÃO POR CORRENTES

Na categoria dos elementos, apura-se que a transmissão ocorre através do acoplamento dos elos da corrente, utilizando-se os dentes da engrenagem. Diante disso, apura-se que a junção desses elementos gera uma pequena oscilação durante o movimento, e esta é uma das funções das correntes, que serão elencadas abaixo.

2.4.1 Correntes

Os elementos de transmissão flexíveis configuram-se pela característica de que conseguem variar sua forma durante o processo de transmissão de potência. A doutrina de Tebaldi (2015) salienta que tais elementos não precisam ser compostos por um elemento totalmente flexível, considerando que podem ser compostos por pequenos elementos rígidos unidos em si.

Destarte, apresenta-se a principal vantagem desses elementos de transmissão, qual seja: a possibilidade de se transmitir potência entre eixos paralelos distantes. Posto isso, determina-se que correntes são elementos de transmissão, geralmente metálicos, constituídos de uma série de anéis ou elos (BARBOSA, 2011).

Ao encontro do exposto, Tebaldi (2015) sustenta a condição motora deste elemento, eis que são elementos flexíveis compostos por diversos módulos metálicos virtualmente rígidos. Apura, ainda que são “normalmente fabricadas com aços especiais como o níquel cromo (SAE 31XX), termicamente tratados através de têmpera e revenimento, com buchas e pinos endurecidos para se aumentar a resistência à fadiga, ao desgaste e à corrosão.” (TEBALDI, 2015).

Nesta linha, apura-se que existem vários tipos de corrente e cada uma possui aplicação específica. Segundo Barbosa (2011), as correntes “transmitem força e movimento que fazem com que a rotação do eixo ocorra nos sentidos horário e anti-horário. Para isso, as engrenagens devem estar num mesmo plano. Os eixos de sustentação das engrenagens ficam perpendiculares ao plano”.

Outrossim, sustenta-se que o funcionamento e rendimento da transmissão de força e de movimento interligado está com a posição das engrenagens e do sentido da rotação (BARBOSA, 2011). Norton (2011) explica que engrenagens, correias ou correntes comandadas pelo eixo podem sofrer desalinhamentos introduzidos em decorrência das deflexões do eixo.

2.4.2 Tipos de correntes

Acerca da temática, destaca-se que a transmissão realizada por correntes é constituída por engrenagens circulares dentadas – e estas são denominadas como pinhão (menor) e coroa (maior), além da corrente em si.

Quanto ao funcionamento, Tebaldi (2015) destaca que a transmissão percorre da força de contato entre os rolos da corrente e os dentes das engrenagens. Ainda, argumenta sobre a relação da velocidade, eis que decorre por intermédio da diferença de diâmetro entre o pinhão e a coroa. Logo, revela que as correntes possuem uma peculiaridade quanto aos diâmetros dos elementos de transmissão: “Para que se tenha o melhor funcionamento possível, o espaço entre dois dentes consecutivos deve respeitar o padrão existente para o tipo de corrente utilizado, independentemente do número de dentes presentes.” (TEBALDI, 2015).

Nesta perspectiva, denota-se que existem tipos diferentes de correntes. Assim, confere-se que as correntes de dentes compõem sobre cada pino articulado várias talas dispostas uma ao lado da outra, modelo pelo qual segunda tala pertence ao próximo elo da corrente. Tal modelo garante que as correntes possam ser no formato largo e com maior resistência, pois “mesmo com o desgaste, o passo fica, de elo a elo vizinho, igual, pois entre eles não há diferença. Esta corrente permite transmitir rotações superiores às permitidas nas correntes de rolos. É conhecida como corrente silenciosa (*silent chain*).” (BARBOSA, 2011).

Na seara das especificações, fundamenta-se que a corrente de elos livres é especialmente utilizada para transportadores, ainda que possa ser usada em transmissões. É conhecida também pela nomenclatura “link chain” e, particularmente, caracteriza-se pela função e versatilidade, tendo em vista a facilidade de retirar-se qualquer elo, sendo apenas necessário suspendê-lo (BARBOSA, 2011).

De outra banda, o formato de transmissão por correntes de rolos configura um meio altamente eficiente e versátil, com a finalidade de transmitir potência mecânica em aplicações industriais. A doutrina de Barbosa (2011) esclarece que este tipo de transmissão é composto por uma engrenagem motriz, tendo em vista que pressupõe uma ou mais engrenagens movidas e por um lance de corrente.

Por este viés, tal sistemática “assegura um rendimento de 98% em condições corretas de trabalho, obtendo-se uma relação de velocidade constante entre a engrenagem motriz e a movida.” (BARBOSA, 2011). Compreende-se, pontualmente, que este modelo é composto por elementos internos e externos, nos quais as talas estão permanentemente interligadas através de pinos e buchas, e, sobre estas, ainda são colocados rolos. Sobretudo, tal corrente é aplicada em transmissões, em movimentação e sustentação de contrapeso, considerando a versatilidade no tocante às abas de adaptação em superfícies.

Complementando o âmbito dos tipos de correntes, verifica-se que a corrente comum é conhecida pela cadeia de elos, visto que possui os elos formados de vergalhões redondos soldados, podendo ter um vergalhão transversal para esforço, utilizada na composição de talhas manuais, transportadores e diversos modos e/ou aplicações. Por fim, Barbosa (2011) demonstra as características da corrente chamada corrente de blocos, tendo em vista a semelhança com a corrente de rolos, mas que, particularmente, a cada par de rolos, com seus elos, forma um sólido (bloco), utilizada “nos transportadores e os blocos formam base de apoio para os dispositivos usados para transporte”.

2.4.3 Materiais para correntes

No âmbito dos materiais, Barbosa (2011) expõe que as talas são estampadas de fitas de aço. Complementa o autor que os rolos e as buchas são repuxados de chapas de aço ou enrolados de fitas de aço, e ainda, que os pinos são cortados de arames de aço.

Posto isso, salienta-se que as engrenagens para correntes têm como medidas principais o número de dentes (Z), o passo (p) e o diâmetro (d), ao passo refere-se que “É igual à corda medida sobre o diâmetro primitivo desde o centro de um vão ao centro do vão consecutivo, porque a corrente se aplica sobre a roda em forma poligonal.” (BARBOSA, 2011).

Nesta linha, destaca-se que o perfil dos dentes corresponde ao diâmetro dos rolos da corrente, com a finalidade de proporcionar facilidade no engrenamento, ainda, expõe-se que as laterais dos dentes são afiladas e 10% mais estreitas que a

corrente. Sobretudo, frise-se que algumas rodas possuem o perfil modificado para compensar o alargamento produzido pelo desgaste.

Complementando o exposto, fundamenta-se que os dentes das correntes são formados de tal modo que os rolos colocados entre eles tenham folga no flanco da frente e no flanco de trás. As vantagens desta sistemática abrangem maior potência de transmissão, maior distância entre eixos, bem como o alcance de múltiplos acionamentos (BARBOSA, 2011).

2.4.4 Engrenamentos sem-fim: Coroas

No tocante à temática acerca das transmissões por engrenagens, fundamenta-se que o movimento de rotação entre as engrenagens ocorre quando as rodas (engrenagens) estão engrenadas, isto é, quando entra em contato por meio de seus dentes, permitindo que haja a rotação (FRANCESCHI; ANTONELLO, 2014).

Por este viés, denota-se que as engrenagens de um mesmo conjunto podem ter tamanhos diferentes, de modo que, identifica-se quando um par de engrenagens possui rodas de tamanhos diversos. Nesta perspectiva, a engrenagem maior chama-se coroa, já a menor é denominada pinhão.

Segundo Generoso (2009) nos engrenamentos sem-fim, bem como nas engrenagens helicoidais, aparecem forças axiais que devem ser absorvidas pelos mancais.

Apura-se, ainda, que o sem-fim e a coroa servem para transmissão entre dois eixos perpendiculares entre si, tendo em vista a utilidade para quando precisa se obter um número elevado na redução de velocidade, e, por consequência, amplia-se o de momento torsor (LORDES; HORTA, 1996).

2.5 TRANSMISSÃO POR CORREIAS

No que concerne aos elementos de máquina, evidencia-se que as transmissões por correias e polias apresentam vantagens como baixo custo inicial, alto coeficiente de atrito, elevada resistência ao desgaste, além do funcionamento silencioso (BARBOSA, 2010). Este modelo de transmissão caracteriza-se pela flexibilidade.

2.5.1 Correias

Para Barbosa (2010) correias são elementos da máquina movimentados por uma polia motriz, transmitindo força e velocidade à polia movida. As correias de transmissão são utilizadas, portanto, para movimentar acionamentos que exigem desde força, velocidade, sincronismo de movimento e/ou ambas.

Neste sentido, Andrade (2004) fundamenta que as correias são um elemento flexível, normalmente utilizado para transmissão de potência entre dois eixos. Caracteriza, ainda, que a maneira de transmissão de potência se dá por meio do atrito que pode ser simples, configurado quando existe somente uma polia motora e uma polia movida, ou múltipla, quando existem polias intermediárias com diâmetros diferentes (escalonada).

2.5.2 Tipos de correias

Na linha das diferenciações, Barbosa (2010) fundamenta as especificações de cada modelo, consoante a Tabela 3 exposta abaixo:

Tabela 3 – Diferenciações e Modelos de Correias

Correias em perfil “V”	Correia com formato que lembra a forma da letra “V” quando cortado ao meio;
Correias Sincronizadoras	Correias dentadas, nas quais os dentes da correia engrenam nos dentes das polias, sendo utilizadas em acionamento onde requer sincronismo de movimentos e força;
Micro V ou Poli V	Correia com pequenos frisos em V, que são mais compactas que as correias em “V” convencionais;
Correias Variadoras de Velocidade	Correia que devido ao seu formato lembra o perfil das correias em “V”, porém com uma construção muito mais reforçada, sendo utilizadas em acionamentos que exigem mudanças periódicas de rotações.

Fonte: Barbosa, 2010.

Diante disso, observa-se que essa maneira de transmissão de potência ocorre através do meio do atrito que pode ser simples, podendo existir somente uma polia motora e uma polia movida, ou ainda, de modo múltiplo, quando existem polias intermediárias com diâmetros diferentes.

Complementando o exposto, Barbosa (2010) refere que a designação das correias em V é feita por uma letra que representa o formato e por um número, que é o perímetro médio da correia em polegada, configurando o formato da mesma.

Já a transmissão por Correia Dentada ou Sincronizadora, sustenta que a base deve apresentar dentes transversais à largura da correia, sendo que estes dentes servem para encaixar nos sulcos ou dentes das polias, fazendo assim um engrenamento do acionamento (BARBOSA, 2010). Assim, há o trabalho silencioso tanto em baixa como em alta rotação, sem a necessidade de lubrificação do acionamento, ou seja, um trabalho totalmente limpo, sem contaminação e silencioso.

2.5.3 Materiais para correias

Destaca-se que para configurar a transmissão por correia, a modalidade em V é inteiriça (sem-fim) fabricada com secção transversal em forma de trapézio. Acerca dos materiais, é feita de borracha revestida por lona e é formada no seu interior por cordonéis vulcanizados para absorver as forças.

Andrade (2004) expõe que as correias são construídas com materiais como borracha, polímeros sintéticos, reforços de nylon, tiras metálicas, tecidos ou couro.

2.6 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Avançando a temática, a seção a seguir contempla os componentes de um sistema de transmissão. Frisa-se que o conjunto das transmissões devem ser eficientes e apresentar características que transmitam segurança e confiabilidade para o sistema *Powertrain* do veículo, devido ao alto nível de exigência a que o veículo será submetido (CHIODELLI, 2012).

2.6.1 Eixos

No âmbito dos componentes de transmissão, considerando o papel da transmissão na condução de movimento ou potência, apura-se que o eixo é um elemento fixo e diferencia-se consoante a finalidade e/ou seção, conforme especificado nos tópicos em seguida.

2.6.1.1 Eixos de transmissão

Eixos são elementos de construção mecânica, destinados a suportar outros elementos de construção – como polias, engrenagens, rolamentos, rodas de atrito, cuja finalidade primordial é a de transmitir movimento (MELCONIAN, 2003). Usualmente referem-se à “um elemento relativamente longo de seção transversal circular que suporta elementos que giram sobre eles (em mancais).” (KAPP, 2015). No conjunto de transmissão de potência, as árvores diferenciam-se dos eixos, eis que configuram um elemento rotativo ou estacionário, geralmente de seção circular, que tem montado sobre si elementos para a transmissão de potência (KAPP, 2015).

Assim, designa-se que eixos são geralmente peças que servem para apoiar outras peças de/em máquinas, e, por conseguinte, podem ser fixados, móveis ou com peças fixadas à eles. Neste sentido, sustenta-se que “os eixos podem ser fixos ou móveis (giratórios ou oscilantes). Os eixos não transmitem momento de torção e são solicitados principalmente a flexão. Eixos curtos podem também serem chamados de pinos.” (GENEROSO, 2009). Nesta esfera, Genoroso (2009) salienta que as partes dos eixos nas quais se apoiam são chamadas “apoios” e quando móveis (apoiados sobre mancais) denominam-se “moentes”.

Estes elementos diferenciam-se dos eixos-árvore, tendo em visto que este último caracteriza-se por transmitir o momento de torção e, portanto, podem ser solicitados a torção ou a flexão e torção (GENEROSO, 2009).

Quanto à seção transversal, os eixos podem ser maciços ou ocos, diferenciando-se ainda quanto à espessura e demais características – redondos, quadrados, sextavados, ranhurados, etc. Em complemento, Norton (2008) cita que os eixos são utilizados em praticamente todas as partes de máquinas rotativas, considerando o sentido de transmitir movimento de rotação e de torque de uma posição à outra.

2.6.1.2 Tipos de eixos de transmissão

No intuito de embasar a escolha do projeto de produto do veículo *baja off road*, salienta-se que os eixos de transmissão “são usados em praticamente todas as partes de máquinas rotativas para transmitir movimento de rotação e torque de

uma posição a outra.” (NORTON, 2011). Desta forma, salienta-se que o projetista de máquinas está amplamente envolvido com a tarefa de projeto de eixos e seus elementos. Ao encontro do exposto, fundamenta-se que a carga em eixos de transmissão de rotação é classificada predominantemente entre dois tipos: torção devido ao torque transmitido ou flexão devido às cargas transversais em engrenagens, polias e catracas (NORTON, 2011).

Para Norton (2011) essas cargas frequentemente ocorrem em combinação, tendo em vista que o torque transmitido pode estar associado com forças nos dentes de engrenagens ou de catracas fixadas aos eixos. Segundo o adutor, o “caráter de ambas as cargas de torção e flexão pode tanto ser fixo (constante) quanto variar com o tempo. Cargas torcionais e flexionais fixas ou variáveis com o tempo também podem ocorrer em qualquer combinação no mesmo eixo.” (NORTON, 2011).

Neste sentido, o autor expõe que há o eixo estacionário – não rotativo, quando as polias e as engrenagens rodam com relação a ele (em mancais), logo, o eixo se torna um membro carregado estaticamente pela duração em que as cargas aplicadas sejam fixas no tempo.

Ainda, preceitua-se que o elemento de eixo não rotativo não é um eixo de transmissão, considerando que ele não transmite nenhum torque – pois é um eixo não rotativo, ou uma viga redonda, e pode ser projetado também desta forma.

2.6.1.3 Materiais para eixos de acionamentos

De acordo com Norton (2008), a escolha dos materiais baseia-se no objetivo de minimizar as deflexões. Assim, o aço é praticamente o material mais utilizado na fabricação de eixos, devido ao seu elevado módulo de elasticidade.

Para Kapp (2015) utiliza-se na confecção dos eixos os seguintes materiais: Aços quando a escolha natural é para a fabricação de árvores => alto E; Ferro fundido quando utilizados em virabrequins, considerando a boa dissipação de energia (amortecimento estrutural) e excelente resistência ao desgaste; Bronze e aços inoxidáveis para ambientes marítimos ou corrosivos; e Alumínio quando caracterizado o peso e baixa condutibilidade elétrica como requisitos de projeto.

Em alguns casos especiais, quando engrenagens são fundidas com eixos, evidencia-se que é comum utilizar-se ferro fundido cinzento ou nodular na fabricação dos eixos.

2.6.2 Fixadores

Avançando a temática, as nuances dos componentes consubstanciadas estão através dos elementos que constroem o produto. Deste modo, evidencia-se que chavetas, anéis retentores ou pinos transversais são frequentemente usados para segurar elementos fixados ao eixo, calcados na finalidade de transmitir o torque requerido e/ou prender a parte axialmente (NORTON, 2011).

Nesta linha, destaca-se que as chavetas requerem ranhuras, aplicadas no eixo e na peça. Após a avaliação do movimento, podem necessitar da aplicação de um sistema de parafusos, visando a prevenção do movimento axial através de cálculos das tensões para o eixo. Sobretudo, verifica-se que as chavetas são fatores essenciais nesta sistemática. A seguir, delinea-se as características deste elemento.

2.6.2.1 Chavetas

A nomenclatura *chaveta* é definida pela ASME como “uma parte de maquinaria desmontável que, quando colocada em assentos, representa um meio positivo de transmitir torque entre o eixo e o cubo.” (NORTON, 2011).

Refere-se, nesta sistemática, que as chavetas são padronizadas pelo tamanho e pela forma em diversos estilos – conforme as Norma ANSI B17.1-1967, *Keys and Keyseats*, e B17.2-1967, *Woodruff Keys and Keyseats*, disponíveis na *American Society of Mechanical Engineers*. Segundo Norton (2011), uma fonte comum de concentração de tensões é uma chaveta, tendo em vista que é uma peça necessária para fixar engrenagens, polias, volantes, etc., em um eixo. Neste sentido, o autor sustenta que o rasgo da chaveta cria cantos agudos em regiões de máximas tensões, devido à flexão e torção.

Numa classificação geral, Barbosa (2011) evidencia que os elementos de fixação mais usados em mecânica são rebites, pinos, cavilhas, parafusos, porcas, arruelas e chavetas. A união de peças feita pelos elementos de fixação pode ser classificada em dois tipos: móvel ou permanente.

Não obstante, evidencia-se que na modalidade tipificada como união móvel, os elementos de fixação podem ser colocados ou retirados do conjunto sem causar qualquer dano às peças que foram unidas. Barbosa (2011) exemplifica o modelo utilizado “em uniões feitas com parafusos, porcas, chavetas e arruelas. No tipo de união permanente, os elementos de fixação, uma vez instalados, não podem ser retirados sem que fiquem inutilizados. É o caso, por exemplo, de uniões feitas com rebites e soldas”.

Em síntese, Barbosa (2011) fundamenta que o elemento *chaveta* se interpõe numa cavidade de um eixo e de uma peça, eis que a finalidade primordial é ligar dois elementos mecânicos.

2.6.2.2 Tipos de chavetas

Ampliando o conhecimento do tópico anterior, apura-se que uma chaveta pode ser de simples instalação, tendo em vista que os tamanhos são padronizados ao diâmetro do eixo. Ela provê precisão de fase, podendo ser desmontada e arrumada.

Norton (2011) caracteriza que a chaveta “pode não ter resistência ao movimento axial e nem sempre prover um acoplamento de torque realmente firme, devido a pequenas folgas entre a chaveta e o rasgo de chaveta. Reversões de torque podem causar pequenos recuos”.

Destarte, elenca-se que as chavetas classificam-se entre: chavetas de cunha, chavetas paralelas e/ou chavetas de disco. Posto isso, salienta-se que as chavetas de cunha têm esse nome porque são parecidas com uma cunha, tendo em vista que uma de suas faces é inclinada – formato que facilita a união de peças (BARBOSA, 2011). Ainda, nesta classificação as chavetas subdividem-se entre longitudinais ou transversais. As primeiras são colocadas na extensão do eixo para unir roldanas, rodas, volantes etc. Logo, diferenciam-se pela inclinação recorrente das medidas em altura, largura e comprimento:

“As chavetas paralelas são feitas tipicamente a partir de barras padronizadas laminadas a frio, as quais, convencionalmente, têm “tolerância negativa”, querendo dizer que ela não será jamais maior que sua dimensão nominal, somente menor. [...] A conicidade é para o travamento, o que significa que a força de atrito entre as superfícies mantém a chaveta no lugar axialmente. A cabeça de quilha é opcional e provê uma superfície para

retirar a chaveta quando a pequena extremidade não for acessível. Chavetas cônicas tendem a criar excentricidade entre o cubo e o eixo, pois elas forçam toda a folga radial para um lado.” (NORTON, 2011).

Nestas características, diversificam-se pela forma encaixada, meia-cana, plana, embutida e tangencial, com ou sem cabeça, de montagem e desmontagem é fácil. De outra banda, expõe-se que as chavetas transversais são aplicadas em união de peças que transmitem movimentos rotativos e retilíneos alternativos.

Complementando as variações deste elemento, a denominada chaveta paralela também é conhecida como lingueta. Possui faces paralelas, portanto, sem inclinações. A transmissão do movimento realiza-se conforme o ajuste de suas faces laterais às laterais do rasgo da chaveta, quando fica uma pequena folga entre o ponto mais alto da chaveta e o fundo do rasgo do elemento conduzido (BARBOSA, 2011). Quanto à forma, não possuem cabeça e seus extremos podem ser retos ou arredondados, com parafusos para fixarem a chaveta ao eixo.

A chaveta de disco também é conhecida pela nomenclatura de meia-lua (tipo *woodruff*), considerando que é uma variante da chaveta paralela. Quanto ao formato, apura-se que corresponde a um segmento circular, sendo empregada em eixos cônicos por facilitar a montagem e se adaptar à conicidade do fundo do rasgo do elemento externo (BARBOSA, 2011).

2.6.2.3 Materiais para chavetas

A doutrina de Norton (2011) destaca que existem diferentes chavetas, as mais comuns são as chavetas paralelas retangulares e a chaveta de *Woodruff* – que corresponde a um segmento circular. Quanto à composição, verifica-se que devido ao fato das chavetas serem carregadas em cisalhamento, usualmente aplicam-se materiais dúcteis.

Diante disso, consubstancia-se que o aço brando de baixo carbono é a escolha mais comum, exceto em ambiente corrosivo, caso em que exige-se uma chaveta de aço inoxidável ou latão. Chavetas retangulares ou quadradas frequentemente são feitas de barras padronizadas de laminação a frio e meramente cortadas ao tamanho. Assim, este tipo especial de chavetas é usado quando necessita-se de um ajuste mais apertado entre a chaveta e o rasgo de chaveta.

Destaca-se, ainda, que chavetas de modelos *Woodruff* e cônicas são normalmente feitas de aço brando (laminado a frio).

2.7 METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO

A importância de desenvolver um projeto de produto está relacionada com o sucesso do produto e, tendo isso em vista, é necessário que sejam abordados conceitos explicativos de cada fase a qual será fundamental na elaboração do processo de projeto de produto.

Os conceitos servem para o embasamento teórico do projeto, isto é, formam a base daquilo que será construído adiante. Diante disso, salienta-se que a metodologia de projeto de produto compõe a primeira etapa do desenvolvimento do produto, considerando que o projeto mecânico é “um empreendimento complexo que exige várias habilidades. Relações abrangentes precisam ser subdivididas em uma série de tarefas mais simples. A complexidade do assunto requer uma sequência em que os conceitos são introduzidos e reiterados.” (BUDYNAS; NISBETT, 2011). Destaca-se, ainda, que num projeto mecânico é preciso considerar dimensões, tolerâncias, unidades e cálculos além das competências e dados estatísticos.

Neste sentido, fundamenta-se que a nomenclatura Metodologia compreende o estudo dos métodos, técnicas e demais ferramentas concernentes à aplicação, bem como a organização e possível solução de problemas teóricos e/ou práticos (MOLIN, 1995). Logo, método de projeto define-se pela sistemática do projeto no qual o operante faz uso para chegar a uma solução, tendo em vista as características e especificações do produto e as etapas em que passará para atender as funções pré-determinadas (MELLO, 2011).

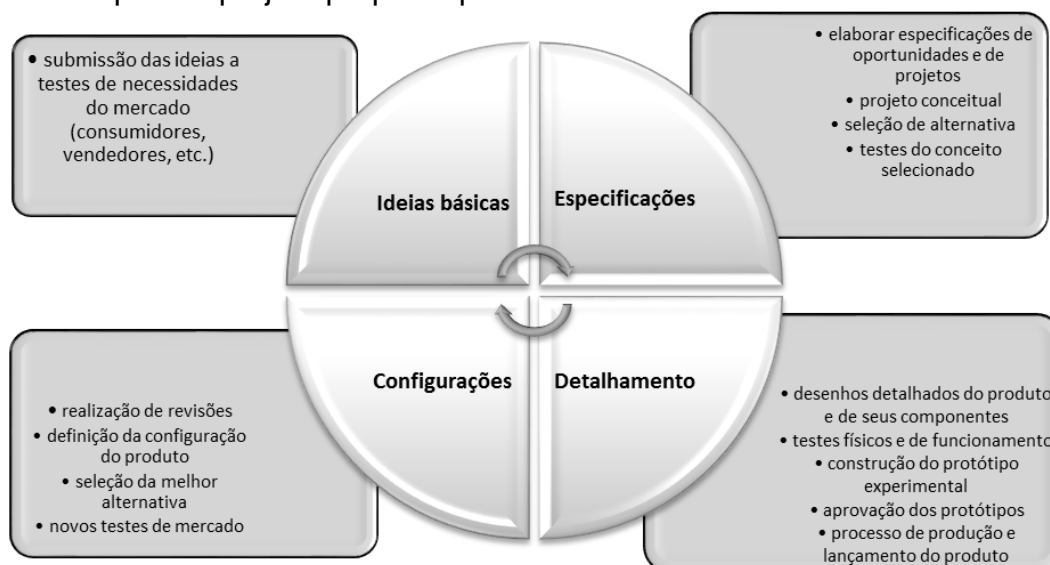
De outra modo, fundamenta-se que as técnicas de desenvolvimento de projeto apresentam-se como instrumentos e itens utilizados conforme a necessidade e/ou conveniência do operante no intuito de auxiliar na construção do produto.

Avançando a temática, delineiam-se as teorias produzidas por autores como Baxter (1998), conceituando a metodologia de projeto ao apresentar um modelo que caracteriza as etapas do processo de desenvolvimento de projetos de produto para produção em massa.

No início, verifica-se que há a busca por informações, calcada pelo surgimento de ideias em detrimento à análise do mercado, tal sistemática passa pelo projeto conceitual, desenhando as especificações do produto, para, posteriormente, desenvolver as configurações de produção, e, assim, consolidar um protótipo experimental.

Para além da utilização do processo em si, o autor delinea as etapas e as atividades empreendidas em cada fase, consoante demonstra a Figura 7:

Figura 7 – Etapas do projeto proposta por Baxter



Fonte: Baxter (1998).

Nesta linha, Harmsen et al. (2000) difundem que o processo de desenvolvimento de produtos contribui para o sucesso das organizações, tendo em vista que aprimora continuamente as técnicas e consolida-se através de um processo crítico de construção de produto.

Complementando o exposto, Mello et al. (2006) observam que “é fácil perceber que decisões tomadas durante o desenvolvimento do produto podem torná-lo mais fácil ou mais difícil de ser fabricado”. Asseveram, ainda, que no momento de escolher determinada alternativa de projeto é necessário ampliar a visão e atentar ao impacto que tal alternativa traz, considerando os tempos e custos de fabricação, de operação, de manutenção e, além disso, do descarte do produto.

A metodologia de Shigley exposta por Budynas e Nisbett (2011) sustenta que o projeto é um processo inovador e repetitivo, pois formula um “plano” visando atender e/ou resolver uma necessidade específica. Assim, quando resulta em algo concreto, configura o status de funcional, seguro, confiável, competitivo e apto a ser usado, fabricado, e, posteriormente, comercializado (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Para Amaral (2006) o estudo do projeto contempla a seara de um modelo de referência, que frequentemente destaca-se pela aplicação de modo mais amplo e geral, eis que configura o *status* de referência para o desenvolvimento de modelos específicos e/ou situações específicas. Outrossim, Mello e Chimendes (2006 *apud*

MELLO, 2005) referem que a primeira etapa de concepção do serviço inicia com pesquisas sobre as necessidades e expectativas dos clientes e do mercado para a criação ou melhoria de um serviço. Deste modo, com auxílio das estratégias competitivas, percebe-se que “as ideias são selecionadas e o conceito e o pacote de serviço devem ser definidos. Faz-se ainda um levantamento das especificações para o processo de prestação de serviço a ser projetado.” (MELLO, 2005).

Nesta perspectiva, Norton (2013) apura que a essência de um projeto de máquinas pressupõe a análise de elementos que configurem a força e o movimento, isto é, o trabalho útil empregado para o desenrolar da força, e então, é tarefa do engenheiro definir e calcular todos os movimentos do produto. Sobretudo, frise-se que há diferentes tipos de projetos, tema que será delineado nos próximos tópicos.

2.7.1 Projeto informacional

Acerca das etapas do projeto de produto, verifica-se que as fases iniciais apresentam-se como as mais importantes no processo de desenvolvimento do produto (BAXTER, 1998). Diante desta afirmativa, o posicionamento de Krishnan e Ulrich (2011) sustentam que o desenvolvimento de produtos é delineado como um processo de transformação, no qual há uma oportunidade de negócio em detrimento de um conjunto de premissas, norteadas, sobretudo, por tecnologias referentes ao produto que será construído para futura aplicação no mercado.

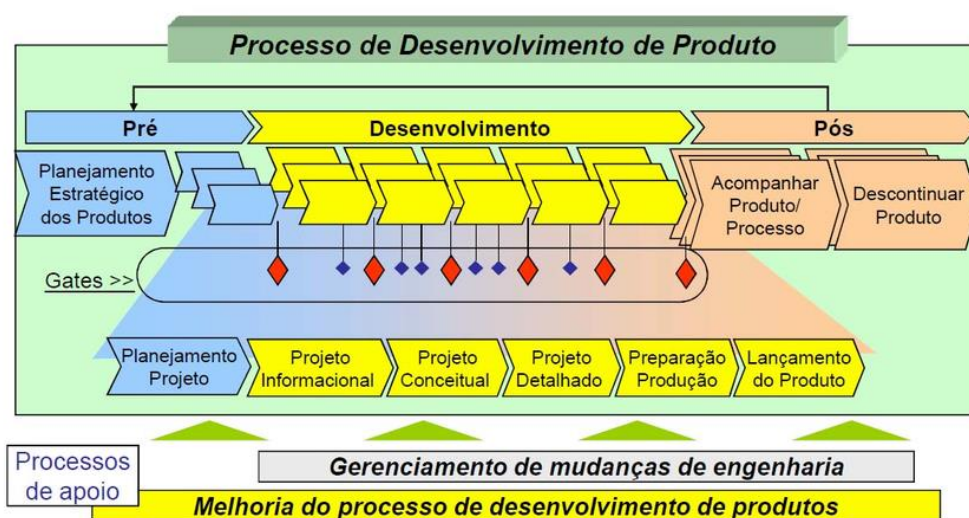
Para Echeveste (2012) uma fase é determinada através do ato da entrega de um conjunto de resultados (também chamados *deliverables*), tendo em vista que configuram um novo patamar a ser desenvolvido no projeto. Durante este desenvolvimento, posteriormente à análise de ideias e planejamento estratégico, o projeto informacional compõe a etapa de especificações de projeto.

Para Ferreira (2002) a fase de projeto informacional inicia-se com o levantamento das necessidades dos clientes, considerando que posteriormente serão transformadas em requisitos para a criação e execução do projeto. Nesta fase, preceitua que “são estabelecidos valores e parâmetros para estes requisitos e definidas as especificações de projeto do componente. Estas especificações podem ser vistas como sendo um conjunto de informações, as quais constituem a base para a execução do projeto [...]” (FERREIRA, 2002).

Baxter (1998) caracteriza que a fase de especificações, quando composta por elementos bem definidos em termos de funções, tamanhos, potências e outros aspectos, têm o triplo de chance de sucesso diante dos projetos que apresentam especificações supérfluas.

Ao encontro do exposto, o modelo de Rozenfeld et al. (2006) expõe as etapas do processo de desenvolvimento de produto numa visão sistemática e ampla. A Figura 8 desenha o processo consoante as etapas delineadas por Rozenfeld et al (2006):

Figura 8 – Processo de Desenvolvimento de Produto



Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

Logo, o projeto informacional é a base da linha de desenvolvimento do produto, conforme mencionado anteriormente, configura os requisitos essenciais do projeto, seguido das fases do projeto conceitual e detalhado, que serão abordadas adiante.

2.7.2 Projeto conceitual

Avançando a temática do desenvolvimento de produtos, observa-se que o projeto conceitual compreende a fase na qual ocorre a concepção do produto, por meio da busca, criação, representação e seleção de soluções (ROZENFELD et al., 2006). Segundo Baxter (1998) esta etapa engloba maior potencial de otimização de retorno do investimento, eis que representa baixo custo e alto benefício.

Em síntese, a fase de projeto conceitual situa-se “num contexto subjetivo, tendo forte dependência do uso do conhecimento e da criatividade. É nesta fase que o abstrato necessita ser transformado em concreto por meio de protótipos, contribuindo para o processo decisório inerente a seleção de concepções.” (PAGAN et al., 2013). Assim, de acordo com a figura 10 do modelo de Rozenfeld et al. (2006), exposto no tópico anterior, verifica-se que acordo o projeto conceitual é a segunda fase da macro fase de desenvolvimento do produto.

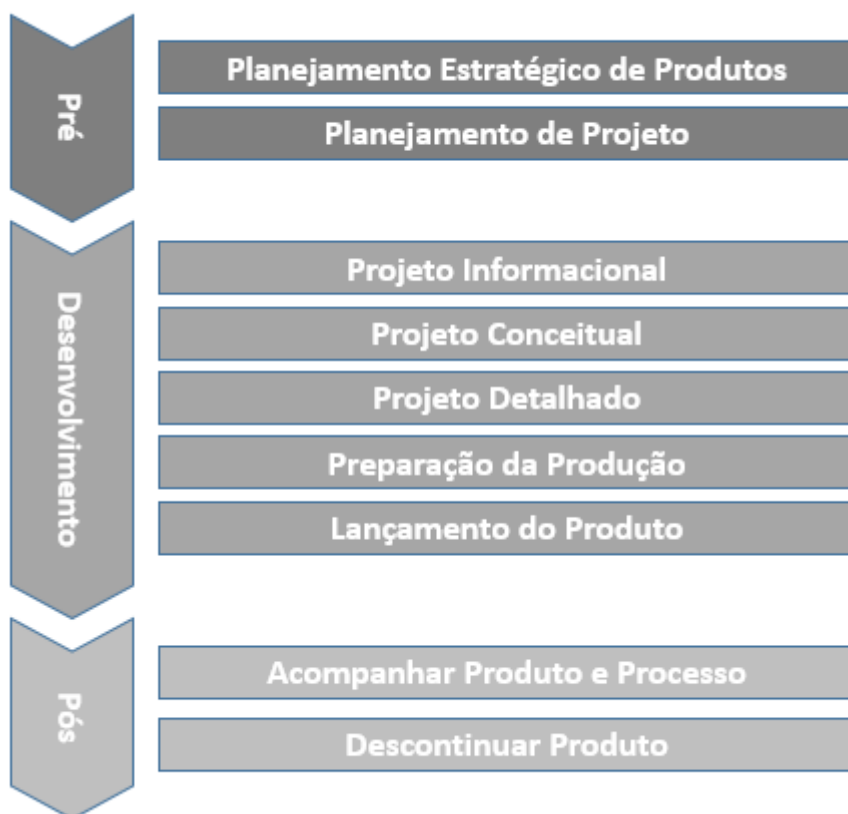
Considerando o que foi delineado até o momento, Amaral (2014) expõe brevemente que “nesta fase, ocorrerá a busca, criação, representação e seleção das soluções, apoiadas nas necessidades e requisitos levantados anteriormente”.

2.7.3 Projeto detalhado

A respeito do desenvolvimento do produto, evidencia-se, ainda, a importância da fase denominada “Projeto Detalhado”, eis que essa etapa determina todas as especificações do produto, aplicando as soluções selecionadas, e, ainda, detalha todos os componentes e sistemas (AMARAL, 2014).

Segundo Caetano (2010), este é o momento para “detalhar suas ações, executar, a base de seu trabalho é focar o detalhamento do estabelecido na fase do projeto básico. É possível aprimorar as ideias estabelecidas no básico, checar, conferir novamente os trabalhos, cálculos, decisões, metodologia”. A Figura 9 retrata em síntese a composição destas fases:

Figura 9 – Processo de Desenvolvimento de Produtos



Fonte: Rozenfeld et al. (2006) adaptado pelo autor (2018).

Neste âmbito, o projeto detalhado consagra as especificações do produto, considerando, ao final, a lógica de apresentar a afirmativa de que o produto estar apto a ser produzido – através da sistemática delineada pelas definições de forma, dimensões e tolerâncias dos componentes. Quando há oportunidade de criação, caracteriza-se que nesta fase ocorrem as atividades de planejamento do processo, como fabricação e montagem do produto.

3 METODOLOGIA

Esta seção compreende a análise da metodologia e técnicas utilizadas para o desenvolvimento do projeto do produto. A fim de atingir aos resultados desejados, a pesquisa delinea elementos que reconfigurem a metodologia do protótipo do produto de transmissão atual, calcada principalmente no viés de aperfeiçoamento do veículo baja SAE da equipe Sinuelo FAHOR.

Na construção da pesquisa científica, a metodologia desempenha o papel de entendimento acerca dos métodos e procedimentos utilizados para a sua elaboração. Neste sentido, utiliza-se no delineamento do estudo o método hipotético-dedutivo, realizando a coleta de dados em fontes bibliográficas disponíveis em meios físicos e na rede de computadores (*internet*), artigos científicos e documentos oficiais, bem como a análise de dados coletados nos arquivos da Faculdade. Relativamente aos objetivos, a pesquisa é do tipo exploratória, de natureza descritiva.

Para a elaboração do estudo, utilizou-se uma metodologia específica para projetos de produto.

Esta metodologia foi construída a partir do embasamento teórico de autores como Amaral (2006), Baxter (1998), Budynas e Nisbett (2011), Rozenfeld et al. (2006), Mello et al. (2006), bem como Norton (2013), o posicionamento dos especialistas foi utilizado de modo compilado através de suas doutrinas.

Sobretudo, a parte metodológica pressupõe a descrição das etapas abrangentes ao projeto de desenvolvimento de produtos, subdividido em três fases: Projeto Informacional, Projeto Conceitual e Projeto Detalhado – retratado pela Figura 10.

Figura 10 – Planejamento do Projeto



Fonte: Autor, 2018.

Os elementos abordados nesta seção vão ao encontro dos objetivos elencados no presente estudo. Ou seja, evidenciam-se as atividades desenvolvidas no intuito de identificar e analisar as informações do presente veículo para o dimensionamento da nova caixa de transmissão, definindo a relação entre as engrenagens para a transmissão (por meio de cálculos e do dimensionamento), para então, ao final, apresentar uma metodologia de projeto de produto que possa ser aplicável e que englobe a melhor concepção de caixa de transmissão do sistema do veículo baja SAE.

Para atingir os objetivos delineados, aplica-se a metodologia de projeto de produto na elaboração de um projeto de produto que analisa se o conceito atual, qual seja: a transmissão por engrenagens, é a melhor escolha na confecção do veículo baja SAE. Ou seja, a metodologia sustenta o projeto de produto que está sendo elaborado para falsear as hipóteses e, ao final, apresentar se a melhor transmissão a ser utilizada no veículo baja SAE é por engrenagens, correntes ou correias. O dimensionamento do melhor conceito será escolhido através da análise das tabelas.

Neste íterim, a seguinte seção apresenta os elementos que compõem o desenvolvimento da metodologia de projeto de produto do veículo Baja SAE a ser elaborado pela equipe Sinuelo FAHOR.

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

O Projeto Informacional sustenta a primeira fase do desenvolvimento do produto. Neste sentido, inicia-se com o levantamento das necessidades dos clientes, para, em seguida, delinear os requisitos basilares do projeto. Esta fase pressupõe a análise de dados, isto é, apura-se as informações necessárias para que se atinja o objetivo de desenvolver o produto.

Contendo as especificações acerca do produto, esta fase compreende, ainda, os valores e parâmetros estabelecidos para a composição do projeto. São dispostos requisitos e definidas as especificações variáveis do projeto do componente. Segundo Fonseca (2000), estas especificações elencam um conjunto de informações, as quais constituem a base para a execução do projeto conceitual do produto.

Portanto, a primeira atividade da fase é levantar informações e definir o problema, considerando que a partir disso, busca-se a melhor orientação concernente à geração de soluções. Isso não significa que adiante não surgirão alterações, pelo contrário, por consequência será necessário realizar sucessivas alterações até alcançar o êxito completo de um projeto final – esta fase engloba a finalidade de um entendimento claro e completo acerca do assunto (AMARAL, 2006). Neste diapasão, Ferreira (1997) expõe que na fase de projeto informacional prepara-se também as informações relativas aos custos do produto, bem como a determinação do custo meta e a realização do desdobramento do custo do produto.

Na fase informacional ocorre o estudo do problema de projeto, a definição do ciclo de vida do produto e seus clientes, o levantamento/identificação das necessidades dos clientes, a determinação dos requisitos de projeto e a hierarquização destes, estabelecendo, ao fim, as especificações do projeto, conforme abordado nos tópicos a seguir.

3.1.1 Ciclo de Vida e seus Clientes

A partir do levantamento de dados sobre o produto, inicia-se a composição da esfera problemática, quando, define-se o problema para então, mapear o ciclo de vida de tal produto (FONSECA, 2000). Diante disso, estipula-se quais são os clientes – pessoas e/ou organizações, envolvidas nas etapas do ciclo de vida.

Considera-se, sobretudo, que cada produto dispõe de características próprias, e, deste modo, compreende fatores particulares e variáveis consoante o tipo estipulado. Neste ínterim, observa-se os traços do perfil do cliente e a composição do produto para estipular o ciclo de vida, tendo em vista que os clientes diferem-se entre: Internos, Intermediários e Externos.

Uma vez que apresentadas as informações e levantados os dados para a composição do ciclo de vida consoante os clientes, fundamenta-se que as próximas etapas do Projeto Informacional buscarão, de forma integrada e simultânea, ir além das características e peculiaridades associadas ao produto, sempre ao encontro de satisfazer as necessidades dos clientes (FERREIRA, 2002).

3.1.2 Identificar as necessidades dos Clientes

O ponto de partida desta fase é a identificação das necessidades dos clientes, que estabelecem um dos princípios chaves para a elaboração exitosa de um projeto de produto (SANCHES et al., 2015). De acordo com Seleme e De Paula (2008), tais necessidades devem ser apuradas de modo amplo, considerando que podem abranger fatores físicos, sociais e/ou humanos. Logo, observa-se que a identificação de necessidades é um elemento de base para o desenvolvimento do projeto, sem esta etapa, impossível determinar as características do produto.

Para Sanches et al. (2015) as necessidades dos clientes podem ser apuradas através de “técnicas de pesquisa ou aplicação de questionários abertos, muitas vezes oferecem um caráter subjetivo impossibilitados de serem empregadas no projeto sem um tratamento adequado”.

Nesta linha, Reis (2003) destaca que as informações adquiridas serão transformadas, isto é, analisadas e por consequência traduzidas no âmbito da engenharia. Tal identificação pode ser feita com auxílio de ferramentas, como pesquisa bibliográfica e plataformas digitais, análise de sistemas técnicos parecidos, consulta junto aos especialistas, simulações de uso e questionário/entrevista aplicado aos clientes do produto (REIS, 2003). Especialmente, consagra-se que esta tradução deve ser efetuada pela equipe de projeto que precisa identificar a subjetividade do produto, ou seja, aquilo que o cliente deseja.

Posteriormente à obtenção das necessidades dos clientes, verifica-se a necessidade de que sejam agrupadas de acordo com as fases do ciclo de vida, filtrando as informações irrelevantes, para construir aquilo que servirá de base – o cerne do projeto. Para Löbach (2001) o âmbito da análise depende da abrangência e da importância da solução do problema.

A doutrina de Back (2012) dispõe acerca da ferramenta de agrupamento das necessidades, destacando, em especial, a possibilidade de executar uma separação baseada na aplicação de atributos referentes à qualidade do produto, tais como: qualitativos ou quantitativos; obrigatórios ou preferenciais; do ciclo de vida ou específicos. Concluindo esta seção, caracteriza-se que a análise explora as interações entre o produto e o usuário através das observações (BAXTER, 1998).

3.1.3 Definir os requisitos de Projeto

Dando seguimento ao projeto, a etapa que define os requisitos segue a linha dos requisitos dos clientes, considerando que na fase anterior realizou-se uma “triagem” para apurar quais os requisitos dos clientes, e aqui, é o momento no qual serão parametrizados, isto é: convertidos em requisitos dos clientes para requisitos de projeto. A partir de tal atribuição, desenvolve-se a primeira característica física do produto. Observa-se que, toda esta etapa configura-se dentro da linguagem da engenharia, considerando que anteriormente as atividades do senso comum foram transformadas no âmbito científico. Para Amaral (2006) este procedimento definirá parâmetros mensuráveis, eis que associados às características finais do produto

A doutrina de Fonseca (2000) expõe que há uma grande contribuição nesse sentido, tendo em vista que dividem-se os requisitos segundo os atributos passíveis da construção de uma lista de verificação. Neste sentido, o autor classifica os atributos entre gerais ou específicos, mas, sobretudo, evidencia a importância de configurar os elementos na linguagem da engenharia visando a confecção do produto.

3.1.4 Hierarquizar os Requisitos

Complementando o que foi delineado até o momento, pontua-se que os requisitos já sustentam os parâmetros físicos, então, é necessário hierarquiza-los segundo a ordem de importância em relação à funcionalidade que o produto deve

possuir. Reis (2003) compreende que esta etapa de hierarquização incide junto ao emprego da matriz da casa da qualidade, isto é, a primeira matriz do QFD (Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade). Nesta linha, Sanches et al. (2015) fundamentam que o “QFD é uma ferramenta que ampara a transformação das necessidades dos clientes em características mensuráveis, que ao serem agrupadas ao projeto, compõem-se nos requisitos de qualidade”.

Destaca-se, ainda, a doutrina de Amaral (2006) em relação à importância da classificação dos requisitos, considerando que tal sistemática visa atingir as soluções em caso de limitações e conflitos entre eles. Além da ferramenta *QFD* exposta por Reis (2003), o posicionamento de Amaral (2006) sugere a utilização do Diagrama de Mudge – consubstanciado na função de realizar uma comparação direta entre os requisitos, expondo ao fim, qual dos requisitos possuem maior valor para a concepção. Diante disso, apura-se que o uso destas ferramentas garante o prevalecimento das expectativas dos clientes em relação à valorização dos requisitos e expectativas mencionadas pelos clientes, tendo em vista que ambas sustentam o procedimento no fito de atingir as maiores expectativas de qualidade.

3.1.5 Estabelecer as especificações do Projeto

Finalizando as etapas que compõe a seara do Projeto Informacional, após a utilização das ferramentas delineadas no tópico anterior, evidencia-se a imprescindibilidade de mensurar o grau de importância de cada requisito. Conforme Roozenburg e Eekels (1995), as especificações do produto constituem uma espécie de lista de objetivos concernentes à formação final.

Back (2012) configura que este é o momento no qual tais requisitos de projeto serão minuciosamente detalhados, visando o entendimento de diferentes usuários – diferentemente do que foi constituído na etapa anterior, quando levanta-se quais os requisitos de modo superficial e/ou resumido por intermédio das ferramentas computadorizadas. Releva-se que tais especificações servirão de base para o desenvolvimento das próximas fases do projeto: conceitual e detalhado.

Outrossim, frisa-se que esta etapa falseia as hipóteses que surgiram em decorrência do problema, delineando para cada requisito do projeto as soluções que podem ser construídas, considerando a ocorrência de possíveis efeitos negativos

e/ou riscos decorrentes da busca de soluções para implementar a respectiva especificação (BACK, 2012). Sanches et al. (2015) preceitua que “para exercer a sua função, as especificações devem conter as seguintes características: validade; operacionalidade; completeza; brevidade; não redundância e praticabilidade”.

Contudo, fundamenta-se que a fase de projeto informacional compõe o processo no qual o produto evolui de uma análise detalhada do problema do projeto para a definição das especificações do produto.

3.2 PROJETO CONCEITUAL

O projeto conceitual é a segunda fase da macrofase de desenvolvimento consoante o modelo de Rozenfeld et al. (2006). Segundo Mello et al. (2013) a finalidade principal é gerar soluções capazes de satisfazer as necessidades dos clientes, construindo, assim, a base para o projeto detalhado do produto por meio das respostas às questões, tais como: por quê?, onde?, quando? e como? atingir as necessidades apresentadas na etapa informacional.

Nesta linha, a fase do projeto conceitual segue aquilo que foi previamente desenvolvido durante o projeto informacional. Para Paluchowski *apud* Forcellini (2012) a etapa que compreende o projeto conceitual é considerada a fase mais importante do desenvolvimento de produtos, considerando que as decisões tomadas neste momento influenciam diretamente às fases subsequentes.

Preceitua-se que essa fase garante a composição de requisitos em concepções, considerando os requisitos expostos pelo cliente anteriormente na etapa do Projeto Informacional, transforma-se em concepções, combinando princípios de soluções para cada função identificada (AMARAL, 2006). Destarte, a fase de projeto conceitual compreende as atividades que estão relacionadas com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto de produto. Inicialmente, define-se a função global do produto que, em seguida, é desdobrada em várias estruturas de funções do produto até que uma seja selecionada, o que define a modelagem funcional do produto (MELLO et al., 2013).

Neste diapasão, refere-se que cada função seja descrita como um conjunto verbo-substantivo, tal como indicação ao fazer, considerando que para cada função

são gerados princípios de solução capazes de realizá-las, diante disso, o resultado final é a combinação destes princípios, isto é, a apresentação de alternativas de solução do produto (MELLO et al., 2013).

Deste modo, evidencia-se que para cada alternativa predispõe-se uma arquitetura que contém a estrutura do produto, considerando os termos de seus componentes e conexões.

Contudo, arquiteturas desenvolvidas dão origem às concepções, que, por consequência, passarão por um processo de seleção para apontar aquela que melhor atende as especificações-meta do produto (ROZENFELD et al., 2006).

3.2.1 Verificação do Escopo do Problema

A primeira atividade dentro da fase conceitual é a verificação do escopo do problema. Baxter (1998) fundamenta que esta etapa necessita estar de acordo com as restrições e os limites identificados na esfera problemática, tendo em vista que, a resposta culminará no desenvolvimento da função do produto e sua respectiva morfologia.

Tal fase compreenderá os conceitos mais adequados a serem aplicados na construção do projeto.

Logo, o objetivo dessa etapa sustenta a realização de um estudo compreensivo no tocante ao problema, corroborado de uma forma abstrata, cuja finalidade é manter o foco na essência do problema e não na solução imediata (REMOR apud MANTOVANI, 2012).

3.2.2 Estabelecer a estrutura funcional

Acerca do exposto, dando seguimento ao *status* metodológico da fase do projeto conceitual, aponta-se para o norte da função total (ou global) do produto. Nesta linha, Neto e Favaretto (2005) destacam que o objetivo do projeto conceitual é gerar um esboço da ideia do produto, expressa consubstancialmente na figura de uma forma estética que considera os requisitos abordados anteriormente. Para configurar esta ideia, a estrutura funcional compreende uma espécie de “resumo” do que será desenvolvido funcionalmente no produto (GOMES, 2000).

Deste modo, o posicionamento de Neto e Favaretto (2005) sustenta que este estágio funcional “deve permitir explicitar de uma forma clara e objetiva as necessidades de desempenho, de funcionalidade, de manutenção, de fabricação, de implantação, de montagem, de meio ambiente e de custo de um novo produto”.

Sobretudo, os autores mencionam que é de praxe elaborar uma lista de verbos e substantivos que possam representar as funções do objeto em estudo. Ao encontro do exposto, Amaral (2006) salienta que este é o momento de realizar a decomposição da função total em miúdos, isto é, esmiuçando todos os detalhes das funções de complexidade menor – tendo em vista que esta análise auxilia na busca de soluções, e, além disso, ressalta o conhecimento sobre cada fase do desenvolvimento do produto.

Nesta perspectiva, Ferreira (2002) caracteriza a realização do modelamento funcional do componente, considerando a seleção preliminar de uma classe de materiais e dos correspondentes processos de fabricação, bem como “a elaboração da matriz morfológica, a definição de estruturas de princípios de solução alternativa, a seleção da melhor concepção e a revisão sistemática do projeto conceitual do componente”.

Tratando-se da estrutura funcional, o autor corrobora de modo geral que no projeto de sistemas técnicos há abrangência acerca das funcionalidades: “tomando como base as especificações de projeto, na fase conceitual realiza-se a estruturação funcional do produto, geração de alternativas de concepção e seleção da concepção do produto em desenvolvimento.” (FERREIRA, 2002).

3.2.3 Pesquisar por Princípios de Solução

Para atender as expectativas do que foi delineado até o momento, observa-se pontualmente o que é desenvolvido nesta etapa: a transformações das ideias abstratas em concretas, bem como a modificação do *status* de função para forma.

Assim, a finalidade calcada está em auxiliar o desenvolvimento da concepção (forma) do componente, considerando quais são as restrições associadas ao sistema técnico e ao processo de manufatura, também aquilo que está relacionado às regras, recomendações e princípios de solução (FERREIRA, 2002). Diante das funções da estrutura, observa-se que surgem um ou mais princípios de solução.

Neto e Favaretto (2005) explicam que o uso de conceitos “leva as soluções potenciais ao campo do genérico, abstrato e difuso. Quanto mais específico for o conceito menos útil ele será para o desenvolvimento de novos produtos. Podemos utilizar vários níveis de abstração para o conceito”. Apura-se, ainda, que todos os conceitos são válidos, entretanto destaca-se que os mais abstratos possibilitam uma gama maior de alternativas possíveis. De outra banda, os mais específicos são quase a definição de uma solução. Diante disso, sustentam os autores que cabe ao projetista encontrar aquilo que seja mais útil para atender suas necessidades de concepção (NETO; FAVARETTO, 2005).

Neste âmbito, verifica-se que os princípios de solução devem representar formas aproximadas dos elementos e não devem referenciar os materiais específicos a serem utilizados (AMARAL, 2006). Sobretudo, expõe-se que obtenção dos princípios pode ser realizada por meio de catálogos e/ou bancos de dados. A tabela 4 sustenta as etapas do projeto conceitual e delinea a importância de realizar a pesquisa por princípios de solução:

Tabela 4 – Etapas do Projeto Conceitual

1. VERIFICAÇÃO DO ESCOPO DO PROBLEMA	<ul style="list-style-type: none"> • Formular o problema ou a função global do sistema em desenvolvimento;
2. ESTABELEECER A ESTRUTURA FUNCIONAL	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer uma estrutura ou um fluxo de funções do problema ou processo;
3. PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisar ou criar princípios de solução alternativos para cada função da estrutura;
4. COMBINAR OS PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Combinar um princípio de cada função da estrutura para formar concepções alternativas para o problema global;
5. ESTABELEECER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	<ul style="list-style-type: none"> • Selecionar as concepções viáveis

Fonte: Dias (2014) adaptado pelo Autor, 2018.

Diante disso, os próximos tópicos complementam as nuances das etapas, abrangendo a combinação acerca dos princípios de solução, bem como as especificações e finalizações do projeto conceitual.

3.2.4 Combinar os Princípios de Solução

Considerando que o ideal é “navegar” pelos vários níveis conceituais possíveis, possibilitando assim a escolha a partir das melhores alternativas que apresentam-se de forma adequado ao estágio do desenvolvimento do produto, este tópico delinea as combinações dos princípios de solução (NETO; FAVARETTO, 2005).

Segundo Rozenfeld et al. (2006), esta fase corresponde a “passagem do abstrato ao concreto” – define-se pela apresentação dos meios que podem ser utilizados para executar as funções elencadas na modelagem funcional (ALMEIDA, 2016). Neste sentido, caracteriza-se que o método sistemático da matriz morfológica constitui “uma abordagem estruturada para a geração de alternativas de solução para o problema de projeto.” (ROZENFELD et al, 2006).

A partir da definição dos princípios de solução que compõem a estrutura funcional do produto, esta etapa trata de combinar princípios de solução de maneira sistemática através da ferramenta Matriz Morfológica, gerando assim um conjunto grande de alternativas de solução (ALMEIDA, 2016).

Além disso, Amaral (2006) salienta que há uma vasta análise diante das possíveis configurações para o produto, considerando a possibilidade de explorar meios alternativos e combinações para atender as funcionalidades de tal produto. Nesse método, evidencia-se que uma das concepções geradas é escolhida como referência, pois todas as outras concepções são comparadas com essa referência. Nesta sistemática, para cada critério de avaliação há um julgamento que “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).

Adiante serão abordados os aspectos acerca do estabelecimento das especificações utilizadas no desenvolvimento do projeto de produto.

3.2.5 Seleção das combinações

Esta etapa possui o fito de selecionar qual a melhor concepção a ser utilizada no desenvolvimento do projeto. Considerando as concepções selecionadas

anteriormente e composição dos requisitos, busca-se evoluir as melhores formas diante da análise dos princípios de solução.

Conforme Amaral (2006) a fase de especificações compreende a esfera de informações técnicas ainda limitadas e abstratas, que serão falseadas e comparadas em relação à problemática, visando a conclusão e posterior apresentação da melhor concepção a ser utilizada no desenvolvimento do projeto.

3.2.6 Evoluir em Variantes de Concepção

Finalizando a fase do Projeto Conceitual, essa etapa consiste no refinamento da concepção escolhida anteriormente, eis que serão identificados e analisados os aspectos críticos do produto. Para Amaral (2006) as atividades desenvolvidas neste âmbito compreendem o detalhamento do conceito para viabilizar a estimativa de cálculo aproximado dos custos, pesos e dimensões aproximadas.

No tocante ao projeto, especifica-se que esta fase empreende na análise acerca do conceito atual, que no caso é a transmissão por engrenagens, visando a identificação do que é melhor para ser utilizado na confecção do veículo baja SAE da Equipe Sinuelo FAHOR. Verifica-se, então, se a melhor opção é a utilização do modelo de transmissão por engrenagens, por correntes ou por correias.

3.3 PROJETO DETALHADO

Avançando a temática, superadas as fases informacional e conceitual, reitera-se, neste ponto, as nuances acerca da etapa do Projeto Detalhado.

Neste sentido, Ferreira (2002) sustenta que a partir das metodologias propostas no presente estudo por Back (1983), Reis (2003), Amaral (2006) e demais autores, ocorreram as definições acerca da função e da forma (princípio de solução) do produto através da execução das fases de definição das especificações de projeto informacional e projeto conceitual.

De caráter basilar, estas informações sustentam o projeto preliminar e detalhado, que servirá para a composição do projeto detalhado. Neste diapasão, a finalidade desta etapa é corroborar a evolução do modelo do produto de sua concepção até seu leiaute definitivo.

Expõe-se, ainda, que esse processo é suportado diretamente pela utilização de ferramentas da engenharia como o CAD, CAE, entre outros. Ao encontro do exposto, Tormes (2012) observa que esta etapa compreende a disposição do produto ao cliente final. Nesta linha, Norton (2013) complementa o que foi delineado na metodologia de projetos, tendo em vista que há a necessidade da “criação de um conjunto detalhado de especificações de tarefas que fecham o problema e limitam seu alcance”.

Diante disso, esta etapa engloba a verificação do que foi exposto nas fases anteriores, e, além disso, representa a análise final do projeto.

3.3.1 Elaborar Cálculos de Dimensionamento (transmissão, eixos e chavetas)

Diante do que foi analisado até o momento, esta seção compreende a perspectiva dos cálculos de dimensionamento, referindo-se aos elementos de transmissão, bem como correias em “V”, disponível no apêndice A; correntes, disponível no apêndice B; engrenagens, disponível no apêndice C; eixos, no apêndice D e, por fim, chavetas, disponível no apêndice E.

3.3.2 Elaborar Leiautes Preliminares e Desenhos de Formas

Ante o exposto, evidencia-se que no âmbito do Projeto Detalhado, a etapa concernente a elaboração dos leiautes preliminares e desenhos de formas destaca-se como o ponto inicial desta fase.

Diante desta perspectiva, a sistemática preliminar corresponde à uma etapa inicial do processo de elaboração do projeto, eis que pode sofrer alterações até a finalização. Entretanto, após a aprovação dos leiautes, o desenho que corresponde à solução final do projeto que será executado. Para Reis (2012), essa etapa divide-se em tarefas, como a identificação de requisitos determinantes, a produção de desenhos de forma, e ainda, o abranger o desenvolvimento dos leiautes preliminares. Sobretudo, a etapa que compreende a elaboração de leiautes visa indicar possíveis soluções para a construção do que foi delineado na situação problemática.

3.3.3 Elaborar Leiautes Detalhados e Desenhos de Formas

A partir do que foi levantado no tópico anterior, esta fase pressupõe-se a superação das identificações preliminares.

Especialmente, para atingir os objetivos do estudo, aplica-se a metodologia de projeto de informacional e conceitual, para aqui, configurar o produto detalhado, realizando o dimensionamento do melhor conceito escolhido através das tabelas. Tal dimensionamento analisa os dados do veículo, ou seja, o detalhamento: potência do motor, tamanho das rodas, desenhos de formas, velocidade pretendida e outros dados e/ou detalhes que fazem parte do detalhamento.

Sobretudo, verifica-se que quanto mais se investe nas fases iniciais, momento no qual as decisões são tomadas pelo exame de desenhos, mais se economiza na elaboração de protótipos (SANTOS; MENEZES, 2007).

Neste diapasão, Santos e Menezes (2007) fundamentam que uma das “vantagens de se investir em ferramentas de modelagem virtual é a redução de prazos e custos de desenvolvimento de projetos”.

Os autores complementam este tema referindo que a “Metodologia do Projeto precisa ser estudada com foco nas etapas em que predomina a representação gráfica como principal tarefa, por ser uma fase de maior potencial para interferir na redução de custos de prototipagem a fabricação de ferramentas.” (SANTOS; MENEZES, 2007).

Diante disso, salienta-se que a etapa elabora leiautes detalhados e desenhos de formas com a finalidade de definir quais funções auxiliares essenciais serão necessárias para o desenvolvimento do produto (BACK, 2012).

A lógica de Back (2012) destaca que para atender às funções desenhadas nesta fase, deve-se preferir pela utilização de soluções já conhecidas, como peças padronizadas ou de catálogo (BACK, 2012). Complementando as nuances acerca dos desenhos, Reis (2012) caracteriza que este é o momento no qual são realizados os cálculos detalhados dos parâmetros envolvidos com o projeto.

3.3.4 Finalizar as Verificações

Considerando o desenvolvimento das etapas do Projeto Detalhado, observa-se que esta fase verifica as principais atividades delineadas, o aperfeiçoamento e a finalização dos desenhos de forma. Segundo Reis (2012) essa etapa contempla os

cálculos realizados e os leiautes apresentados e relaciona-os com o que foi apresentada nas etapas iniciais.

Fundamenta-se, ainda, que a verificação de erros e/ou fatores de perturbação são corroboradas na esfera das finalizações, considerando o desenvolvimento da lista de partes preliminares e documentos iniciais para a produção do veículo baja SAE da Equipe Sinuelo FAHOR.

3.3.5 Revisar Projeto

Encerrando a perspectiva disposta acerca do Projeto Detalhado, a fase de revisão contempla a finalização do projeto. Para Michels (2012), representa a última tarefa a ser desenvolvida dentro da fase do projeto detalhado.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção compreende a apresentação dos resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia de projeto de produto estabelecida anteriormente. Pontualmente, desenvolve-se a análise em ordem cronológica, apontando os resultados e dados obtidos consoante a evolução do projeto.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

4.1.1 Ciclo de Vida e seus Clientes

A primeira etapa dita do projeto informacional é o estabelecimento do ciclo de vida do produto em relação as expectativas do cliente. Através disso, analisados quem são estes clientes em cada fase. Sendo na elaboração do projeto do produto, na manufatura, na utilização, na manutenção e descarte ao final da vida útil.

Esta identificação é possível verificar através da figura 11, onde são apresentados os clientes internos, os clientes intermediários e, também, os clientes externos.

Figura 11 – Identificação dos clientes durante as fases do ciclo de vida

Fases do ciclo de vida	Clientes		
	Internos	Intermediários	Externos
Projeto	Time de Desenvolvimento da Equipe Baja Sinuelo FAHOR e o Autor	-	-
Manufatura	Equipe Sinuelo FAHOR	FAHOR	Fornecedores
Utilização	-	-	Equipe Sinuelo FAHOR
Manutenção	Equipe Sinuelo FAHOR	-	-
Descarte	Equipe Sinuelo FAHOR	FAHOR	-

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Neste âmbito, fundamenta-se que num primeiro momento, a equipe de projeto e, também o autor, compõem os clientes do projeto. Com o projeto finalizado, os responsáveis pela próxima etapa são aqueles que farão a fabricação do produto. Nesta etapa de manufatura, além de clientes internos, sendo a equipe, tem-se clientes intermediários, que apresenta-se aqui a Faculdade, por disponibilizar espaço e ferramentas, bem como os clientes externos, que são envolvidos entre os fornecedores de materiais e serviços.

Após a fabricação do produto, vem em questão a utilização do produto pela equipe em competições realizadas pela SAE. Outro ponto a salientar, é a manutenção, onde em competições a equipe necessita realizar manutenções, caso necessário. E, por fim, o descarte pro produto vem a ser realizado na FAHOR pela própria equipe.

4.1.2 Identificar as necessidades dos Clientes

A equipe Sinuelo FAHOR realiza reuniões semanais de discussões quando se trata de melhoria de projeto. Com o objetivo de identificar o melhor conceito de transmissão para a caixa do novo carro a ser fabricado, foram identificadas as necessidades de clientes através destes compartilhamentos de ideias, que seguem especificamente na Figura 12.

Figura 12 – Identificação das necessidades dos clientes

Necessidades dos clientes	
Projeto	Ser de baixo custo
	Ter material de boa qualidade
	Utilizar itens de balcão
	Ter um projeto simples
Manufatura	Ter baixo tempo de manufatura
	Ser de fácil manufatura
Utilização	Ser resistente
	Ser leve
	Ser eficiente
	Ser seguro
Manutenção	Ter manutenção barata
	Ser de manutenção simples
	Ter montagem/desmontagem rápida
Descarte	Ter vida útil condizente

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

As necessidades foram expostas pelos membros da equipe e capturadas as que obtiveram maior importância para o produto final. Considerando, ainda, a divisão das necessidades em cada etapa do ciclo de vida.

4.1.3 Definir os requisitos de Projeto

Dando sequência à fase de definir os requisitos do projeto, sustenta-se que nesta etapa foi feita uma correlação entre as necessidades de clientes de uma

maneira técnica com o projeto a ser desenvolvido, buscando atender as necessidades estabelecidas por clientes. Diante da definição dos requisitos, destaca-se que estes dividem-se entre atributos gerais e específicos, determinados consoante à categoria.

Segundo a temática, expõe-se que foram elencados 13 requisitos de projeto, descritos na Figura 13, conforme apresentado abaixo:

Figura 13 – Requisitos de Projeto

Requisitos de Projeto		Categoria	Requisito
Atributos gerais	Básicos	Funcionamento	Transmitir o torque da maneira mais eficiente possível
			Ter o menor número de partes possíveis
			Não superaquecer durante o funcionamento
		Econômico	Baixo custo de manufatura
		Manufatura	Usar o menor número de processos de manufatura diferentes
			Ter montagem a prova de erros
		Segurança	Ter uma caixa de proteção externa
		Manutenção	Ter um checklist de manutenção
Impacto Ambiental	Baixa utilização de lubrificante		
Confiabilidade	Ter uma vida útil longa		
Atributos específicos	Materiais	Geométricos	Ser compacto
		Material, Peso	Ser leve
			Material resistente a danos mecânicos

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

4.1.4 Hierarquizar os Requisitos

Tratando-se da hierarquização dos requisitos do projeto, nesta fase são atribuídos pesos ou valores aos requisitos de clientes através do Diagrama de *Mudge*.

Apresenta-se que através do diagrama é permitido que se faça uma comparação entre os requisitos, identificando, nesta linha, a importância de cada um para o produto. Essas comparações são classificadas em muito importante, mediamente importante e pouco importante para o produto.

Tal classificação é exposta por intermédio das letras A, B e C. Neste ínterim, a Figura 14 elenca como é visto o diagrama aplicado:

Figura 14 – Diagrama de Mudge

DIAGRAMA DE MUDGE

Requisitos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	SOMA	%	VC
	1A	1B	1B	1C	6C	7B	1B	9A	1C	1B	1C	13C	14B	20	9,05%	9,05
	2	3C	2B	5C	6C	2A	8A	9B	10A	11B	12B	13B	2A	13	5,88%	5,882
		3	4B	3B	6B	7B	8C	9B	10A	3C	3B	3A	14B	13	5,88%	5,882
			4	4C	4A	4C	4B	9B	10A	4C	4C	4C	14A	16	7,24%	7,24
				5	5C	5C	5C	9A	10B	5B	5B	5B	14C	13	5,88%	5,882
					6	6B	6A	9A	10A	11C	12C	13B	14A	13	5,88%	5,882
						7	7A	9A	10B	11B	12B	13C	14A	11	4,98%	4,977
							8	9A	10A	11B	12B	13B	14A	6	2,71%	2,715
								9	9A	9C	9C	9C	9C	38	17,19%	17,19
									10	10B	10B	10B	10A	45	20,36%	20,36
										11	12C	13C	14A	10	4,52%	4,525
											12	13C	14B	10	4,52%	4,525
												13	14C	13	5,88%	5,882
													14	40	18,10%	18,1
														221	100,00%	
														TOTAL		

A	5	Muito mais importante
B	3	Mediamente mais importante
C	1	Pouco importante

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Seguindo na classificação de valoração dos requisitos, na figura 15 pode-se identificar quanto ao grau de importância de cada um, sendo o primeiro o mais importante e o último o menos importante.

Figura 15 – Classificação dos requisitos por grau de importância

Rank	Requisito	Descrição	Importância	VC Normalizado
1	10	Ser seguro	45	10
2	14	Ter vida útil condizente	40	9
3	9	Ser eficiente	38	8
4	1	Ser de baixo custo	20	5
5	4	Ter um projeto simples	16	4
6	2	Ter material de boa qualidade	13	3
7	3	Utilizar itens standard	13	3
8	5	Ter um baixo tempo de manufatura	13	3
9	6	Ser de fácil manufatura	13	3
10	13	Ter montagem/desmontagem rápida	13	3
11	7	Ser resistente	11	2
12	11	Ter manutenção barata	10	2
13	12	Ser de manutenção simples	10	2
14	8	Ser leve	6	1

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

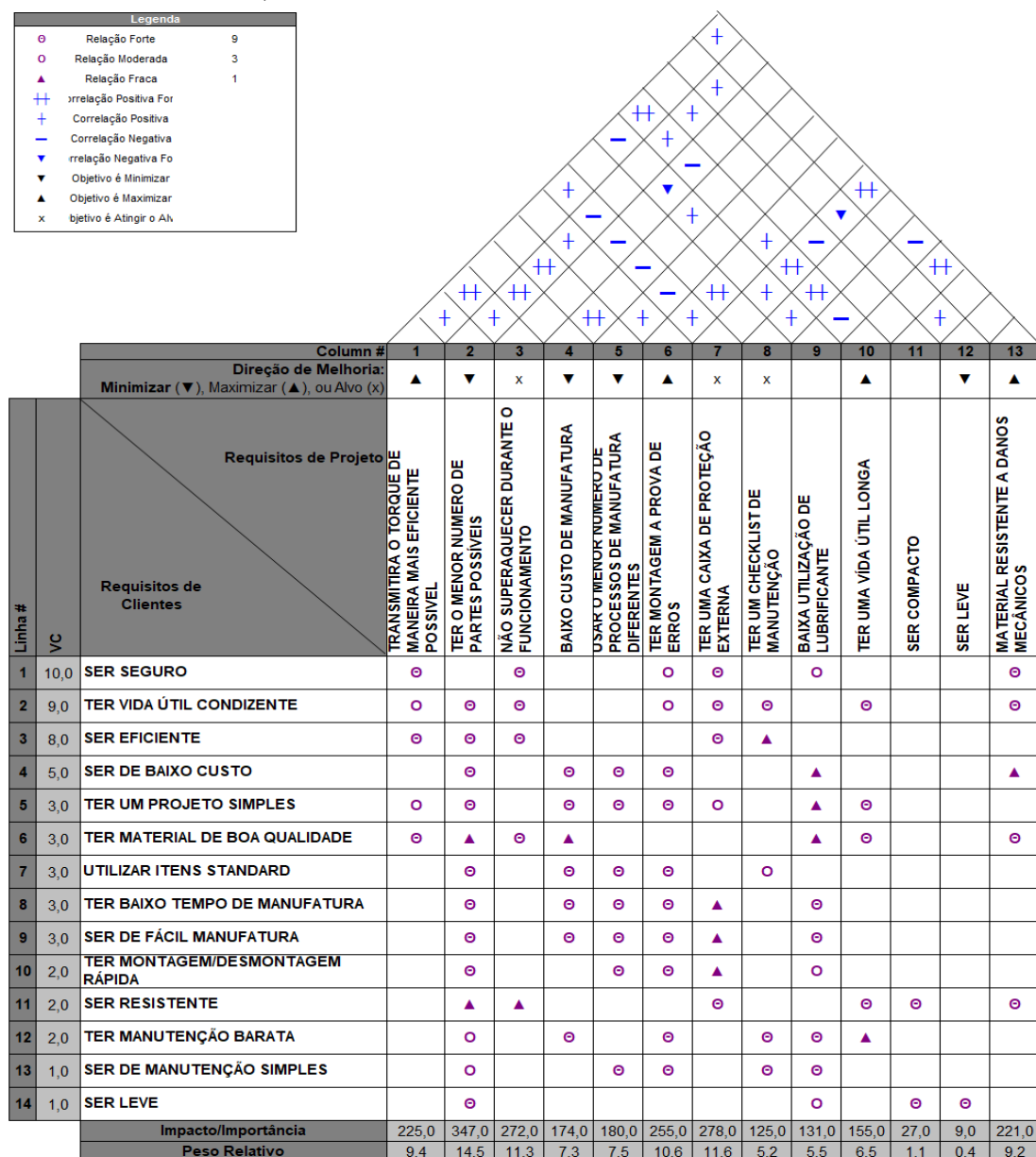
Após a realização da atividade em valorar os requisitos de clientes, aplica-se outra ferramenta chamada QFD ou casa da qualidade. Esta ferramenta possui relação direta com a voz do cliente. Através desta ferramenta é possível realizar comparações entre o que o cliente deseja em seu produto e a maneira que é possível realizá-lo.

Em outras palavras, é realizado a comparação entre os requisitos de clientes e requisitos de projeto para que no final se tenha identificado requisitos de maior importância para a concepção do produto.

Através da base da ferramenta do QFD foi possível realizar correlações entre os requisitos de projeto e os requisitos de clientes em classificações ditas: forte, moderada, fraca ou até mesmo sem relação. De outra banda, destaca-se que através do telhado, foi analisado os próprios requisitos de projeto, para entender se as consequências para o produto serão positivas, negativas ou se não há qualquer relação entre os requisitos.

Diante disso, através Figura 16 é possível verificar a análise realizada através da ferramenta QFD.

Figura 16 – Ferramenta QFD



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

4.1.5 Estabelecer as especificações do Projeto

Seguindo com a última etapa do projeto informacional, tem-se o estabelecimento das especificações do projeto. Nesta etapa é avaliado cada requisito, expondo metas, métodos de avaliação, bem como os aspectos indesejados.

A partir da descrição, observa-se que foram agrupados os requisitos em categorias distintas e quanto a grau de importância para o desenvolvimento do

produto. Seguindo a Figura 17, é possível identificar a separação em terços: terço superior, terço médio e terço inferior.

Figura 17 – Especificações do produto

Especificações do produto						
Terço	Rank	Requisito	Impacto	Meta	Forma de avaliação	Aspecto indesejado
Superior	1	Ter o menor número de peças	347	Ter menos de 17 peças diferentes	Análise de projeto	Ser necessário mais que 17 peças
	2	Ter uma caixa de proteção externa	278	Evitar danos aos componentes internos	Validação em pista	Má fixação da caixa ou quebra
	3	Não superaquecer durante o funcionamento	272	Temperatura inferior a 70° Celsius	Validação em pista	Superaquecer a ponto de danificar o material dos componentes
	4	Ter montagem a prova de erros	255	Peças com formatos únicos	Teste de montagem	Montar a caixa incorretamente
	5	Transmitir o torque da maneira mais eficiente possível	225	Superior a 98%	Análise de projeto	Eficiência menor que 98%
Médio	6	Material resistente a danos mecânicos	221	Que a caixa de proteção não quebre	Validação em pista	Quebra da caixa
	7	Usar o menor número de processos de manufatura diferentes	180	Menor ou igual a 7	Análise de projeto	Ter um número maior que 7
	8	Baixo custo de manufatura	174	Inferior a R\$ 7.000,00	Orçamento	Ultrapassar o valor da meta
	9	Ter uma vida útil longa	155	Superior a 2 anos	Análise de projeto	Durar menos que 2 anos
Inferior	10	Baixa utilização de lubrificante	131	Inferior a 300ml	Validação de bancada	Ultrapassar o valor da meta
	11	Ter um checklist de manutenção	125	Será necessário	Análise de projeto	Não executar a manutenção corretamente
	12	Ser compacto	27	Dimensões que permitam montagem no carro	Análise de projeto	Não atender as dimensões dos componentes do carro
	13	Ser leve	9	Menor que 12 Kg	Análise de projeto	Ultrapassar o valor da meta

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Tendo-se as especificações do produto definidas e classificadas através dos terços superior, médio e inferior, no projeto é dado sequência para a etapa de projeto conceitual.

4.2 PROJETO CONCEITUAL

4.2.1 Verificação do Escopo do Problema

Dando início a primeira fase do projeto conceitual, é necessário que algumas definições sejam estabelecidas, assim como a função global do produto.

Através desta, salienta-se que são relacionados requisitos considerados mais importantes para o projeto. Nesta linha, elencam-se:

- Ter o menor número de peças;
- Ter uma caixa de proteção externa;
- Não superaquecer durante o funcionamento;
- Ter montagem a prova de erros;

- Transmitir o torque da maneira mais eficiente possível.

Através dessa seleção de requisitos é possível viabilizar a transformação das informações. Ou seja, agrupar os requisitos essenciais ao projeto para se ter melhor embasamento na elaboração do problema. Ao encontro do exposto, destaca-se:

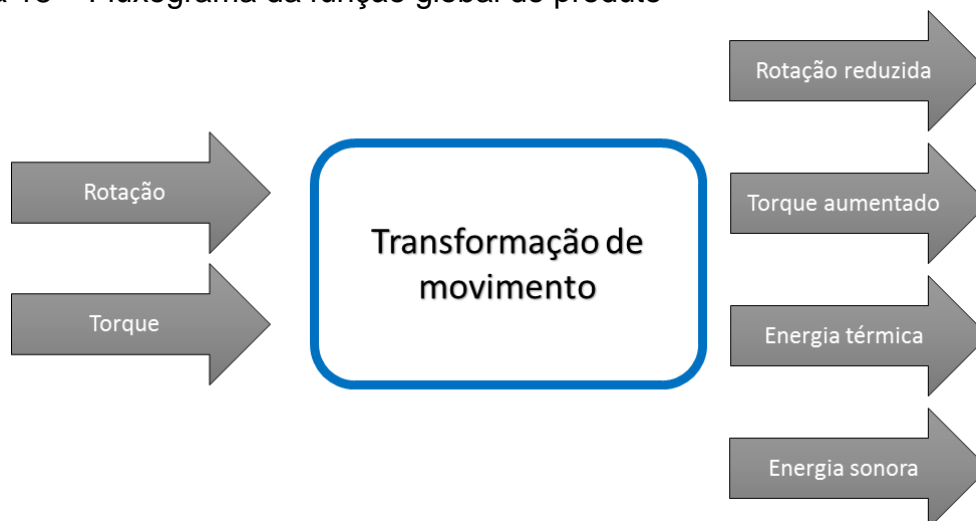
- O produto apresentar o menor número de peças possível para evitar uma montagem incorreta;
- Transmitir o torque da maneira mais eficiente possível sem haver superaquecimento que possa interferir na vida útil dos componentes;
- Ter uma caixa de proteção contra agentes externos.

Tendo-se em vista os pontos destacados, é possível definir a função global do produto através do agrupamento dos requisitos mencionados acima: Caixa de transmissão que apresente o menor número de peças possível e evite uma montagem incorreta, tanto em fabricação quanto em manutenção, que transmita o torque, vindo da CVT, da maneira mais eficiente possível sem haver superaquecimento que possa interferir na vida útil dos componentes internos da transmissão e apresentar uma caixa de proteção contra agentes externos.

4.2.2 Estabelecer a estrutura funcional

Em vias de sequência da primeira etapa onde foi definida a estrutura de funções do produto, ou seja, trazer à tona o modelamento funcional do produto é que se deu devido a função global do produto, conforme evidenciado pela Figura 18.

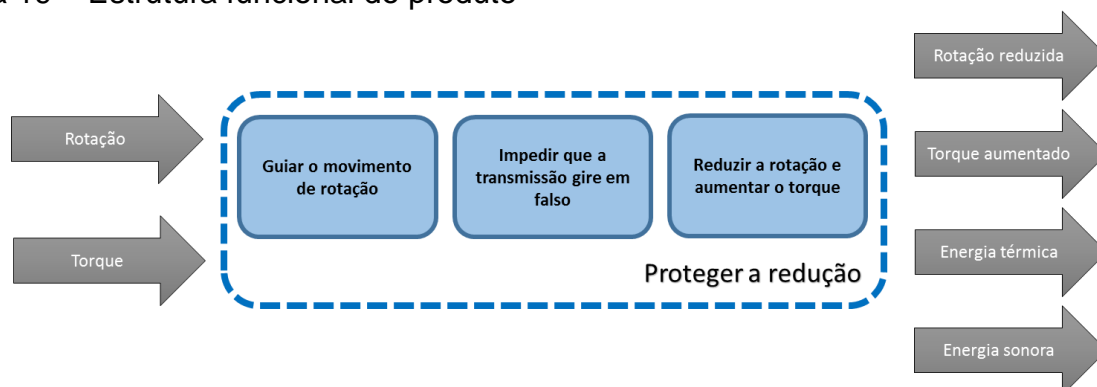
Figura 18 – Fluxograma da função global do produto



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Para estabelecer uma estrutura funcional e explicativa da função global de transformação de movimento do produto, foi desenvolvida a Figura 19, na qual é possível identificar as funções mais específicas, que serão parte da concepção da caixa de transmissão.

Figura 19 – Estrutura funcional do produto



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Em conclusão a esta etapa da estrutura funcional do produto, tem-se a descrição de cada uma das funções e o que essas funções são capazes de desempenhar. A Figura 20 demonstra as análises dos pontos de entrada e saída:

Figura 20 – Descrição das funções

Estrutura de funções básicas			
Função	Descrição	Entrada	Saída
Reduzir a rotação e aumentar o torque	Conjunto de transmissão responsável pela multiplicação do torque e redução da velocidade de giro (rotações)	Rotação e torque proveniente da CVT	Torque aumentado e rotação reduzida
Suportar a transmissão e transmitir movimento	Servir de guia para os corpos rotacionais da transmissão, transmitindo o seu movimento rotacional	Rotação	Rotação estabilizada
Impedir que a transmissão gire em falso	Impedir que a transmissão gire em falso	Rotação da transmissão no eixo	Sincronismo da rotação da transmissão e do eixo
Proteger a redução	Sistema de proteção a fatores externos do conjunto de transmissão	Estrutura e proteção	Proteção da transmissão

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).













4.2.3 Pesquisar por Princípios de Solução

Tendo por completo a definição da função global e, também, a estrutura funcional, foi pesquisado por princípios de soluções que fossem capazes de atender a cada uma das funções estabelecidas aos componentes do produto.

Desta forma foi elaborada a matriz morfológica, afim de buscar atender a estas funções. Para a elaboração da matriz, foram inseridos componentes diversos que pudessem ser capazes de desempenhar cada função.

A Figura 21 apresenta alguns princípios de solução. As imagens foram produzidas em *SolidWorks* e buscadas em sites externos.

Figura 21 – Matriz morfológica

FUNÇÃO	CONCEPÇÃO 1	CONCEPÇÃO 2	CONCEPÇÃO 3
Reduzir a rotação e aumentar o torque	Transmissão por correia 	Transmissão por corrente 	Transmissão por engrenagem de dente reto 
Proteger a redução	Caixa reta 	Caixa à 120° 	Sem caixa de proteção 
Suportar a transmissão e transmitir movimento	Eixo maciço 	Eixo vazado 	Eixo maciço 
Impedir que a engrenagem gire em falso	Chaveta plana 	Chaveta Meia-Lua 	Estriado 

































Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

4.2.4 Combinar os Princípios de Solução

Em sequência e após a criação da matriz morfológica, é necessário que se faça o maior número possível de combinações entre os princípios de solução. Por intermédio destas verificações de combinações é possível se obter características de concepção de produto, que atendam a função global.

Devido às características de cada princípio serem específicas, alguns princípios de solução foram eliminados através de uma análise preliminar de forma que fosse feita uma espécie de filtro, com a finalidade de ter apenas princípios que pudessem tornar-se a concepção final do produto. A Figura 22 expõe as 9 concepções.

Figura 22 – Combinação dos princípios de solução

FUNÇÃO	CONCEPÇÃO 3	CONCEPÇÃO 4	CONCEPÇÃO 8	CONCEPÇÃO 10	CONCEPÇÃO 14	CONCEPÇÃO 24	CONCEPÇÃO 26	CONCEPÇÃO 31	CONCEPÇÃO 36
Reduzir a rotação e aumentar o torque	Transmissão por engrenagem de dente reto 	Transmissão por correia 	Transmissão por corrente 	Transmissão por correia 	Transmissão por corrente 	Transmissão por engrenagem de dente reto 	Transmissão por corrente 	Transmissão por correia 	Transmissão por engrenagem de dente reto 
Proteger a redução	Caixa reta 	Caixa reta 	Caixa à 120° 	Caixa à 120° 	Caixa reta 	Caixa à 120° 	Caixa reta 	Caixa reta 	Caixa à 120° 
Suportar a transmissão e transmitir movimento	Eixo maciço 	Eixo maciço 	Eixo maciço 	Eixo maciço 	Eixo vazado 	Eixo vazado 	Eixo maciço 	Eixo vazado 	Eixo vazado 
Impedir que a engrenagem gire em falso	Chaveta plana 	Chaveta Meia-Lua 	Chaveta plana 	Chaveta Meia-Lua 	Chaveta plana 	Chaveta Meia-Lua 	Estriado 	Estriado 	Estriado 

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

4.2.5 Selecionar Combinações

Tendo como concluída a etapa de combinar os princípios de solução, deu-se início a etapa de selecionar as combinações vistas pela matriz de combinações, que será o conceitual de produto final a ser fabricado.

Para a tomada de decisão final, foi realizada mais uma análise, afim de elencar valores aos requisitos de projeto em relação as combinações da matriz de princípios de solução e ter-se o conceitual de produto mais adequado.

Abaixo são apresentados os dados obtidos através da Figura 23.

Figura 23 – Matriz de decisão para escolha da concepção final do produto

#	Descrição dos requisitos de projeto	Concepções																		
		Importância	3		4		8		10		14		24		26		31		36	
1	Ter o menor numero de peças	347	1,00	347	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	1,00	347	0,00	0	0,00	0	1,00	347
2	Ter uma caixa de proteção externa	278	1,00	278	1,00	278	1,00	278	1,00	278	1,00	278	1,00	278	1,00	278	1,00	278	1,00	278
3	Não superaquecer durante o funcionamento	272	0,00	0	-1,00	-272	0,00	0	-1,00	-272	0,00	0	0,00	0	0,00	0	-1,00	-272	0,00	0
4	Ter montagem a prova de erros	255	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
5	Transmitir o torque de maneira mais eficiente possível	225	1,00	225	0,00	0	1,00	225	0,00	0	1,00	225	1,00	225	1,00	225	0,00	0	1,00	225
6	Material resistente a danos mecânicos	221	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
7	Usar o menor número de processos de manufatura diferentes	180	1,00	180	1,00	180	1,00	180	1,00	180	1,00	180	1,00	180	-1,00	-180	-1,00	-180	-1,00	-180
8	Baixo custo de manufatura	174	0,00	0	1,00	174	-1,00	-174	-1,00	-174	1,00	174	-1,00	-174	1,00	174	1,00	174	-1,00	-174
9	Ter uma vida útil longa	155	1,00	155	0,00	0	1,00	155	0,00	0	1,00	155	1,00	155	1,00	155	0,00	0	1,00	155
10	Baixa utilização de lubrificantes	131	-1,00	-131	1,00	131	-1,00	-131	1,00	131	-1,00	-131	-1,00	-131	-1,00	-131	1,00	131	-1,00	-131
11	Ter um checklist de manutenção	125	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
12	Ser compacto	27	1,00	27	1,00	27	-1,00	-27	-1,00	-27	1,00	27	-1,00	-27	1,00	27	1,00	27	-1,00	-27
13	Ser leve	9	-1,00	-9	1,00	9	1,00	9	1,00	9	1,00	9	-1,00	-9	1,00	9	1,00	9	-1,00	-9
Peso da concepção			1072,00	527,00	515,00	125,00	917,00	844,00	557,00	167,00	484,00									

Fonte:

Elaborado

pelo

Autor

(2018).

Em vias de análise da matriz, apresenta-se na Figura 23 as comparações entre as 9 concepções pré-definidas com os requisitos de projeto, já determinados em fases anteriores.

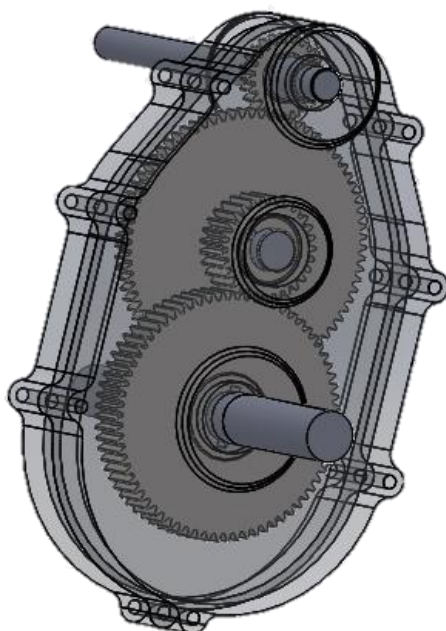
Para cada comparação, foram atribuídos valores dispostos da seguinte forma:

- Valor +1, para concepções com impacto positivo sobre o requisito;
- Valor 0, para concepções com impacto neutro sobre o requisito;
- Valor -1, para concepções com impacto negativo sobre o requisito.

Observando a matriz de decisão, através da Figura 23, é possível analisar na linha inferior a pontuação atingida por cada concepção de produto em comparação aos requisitos de projeto e, a partir disso, identifica-se a concepção que mais obteve pontuação em relação as demais, foi a de número 3.

Visando seguir para o projeto detalhado e como atividade final desta etapa, é apresentado um esboço do produto final, por intermédio da concepção elencada pela matriz de decisão e que pode ser visualizada pela Figura 24.

Figura 24 – Concepção do produto final em 3D



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

4.2.6 Evoluir em variantes de Concepção

Tendo-se por completa a matriz de decisão, a concepção que mais obteve pontuação foi a concepção de transmissão por engrenagens, com caixa de proteção reta (alinhamento de eixos a 180°), eixos maciços e utilização de chaveta plana.

Cada componente será responsável por executar alguma função, que fará, por conseguinte, parte da função global que é a de transformação de movimento, conforme descrito abaixo.

Função de reduzir a rotação e aumentar o torque: O tipo de transmissão selecionada foi a de engrenagens de dente reto. O principal motivo da escolha deste conceito foi devido à durabilidade. Em comparação com outros tipos de engrenagens, as engrenagens de dentes retos apresentam esforços apenas de rotação. Outro ponto muito importante observado na escolha foi o requisito de fácil montagem e desmontagem dos componentes. As engrenagens serão de material aço SAE 8640.

Função de proteger a redução: A caixa irá cobrir todo o sistema de redução e terá como função básica proteger os demais componentes da transmissão, bem como, as engrenagens, eixos, chavetas de qualquer choque mecânico que possa vir a danificar os componentes ou até mesmo proteger ao externo contra acidentes, caso ocorra alguma falha com o sistema de transmissão. A caixa será de alumínio liga 1060 e como base, terá as mesmas dimensões da já existente para permitir que esta seja compatível com o carro. Como o exemplo evidencia, tem-se definida uma distância entre centros dos eixos de 100mm.

Função de suportar a transmissão e transmitir o movimento: Os eixos selecionados na matriz de decisão foram os eixos maciços. A escolha por este tipo é justamente por este poder ser de menor tamanho e poder receber outro componente dos sistemas de transmissão, que são as chavetas. Desta forma, não é necessário se ter gastos de tempo e valor em outros processos mecânicos, como utilizar um eixo estriado. Os eixos serão fabricados por material st5011 (ABNT1035) e terão como principais funções suportar as engrenagens e auxiliar na transmissão da rotação.

Função de impedir que a engrenagem gire em falso: As chavetas selecionadas para o produto foram as de formato plano. Este tipo de chaveta recomenda-se quando há grandes esforços de rotação, como nesse caso, esforço axial. Para a fabricação das chavetas será utilizado material st60 (ABNT 1060).

4.2.7 Dimensionamento do produto

No sentido de ter um produto bem estruturado, abaixo foi elaborado o dimensionamento das engrenagens, eixos e chavetas, por meio de dados coletados do veículo, conforme as figuras 25, 26, 27, 28, 29 e 30.

Uma imagem, em 3D, do produto está no apêndice F, para melhor visualização.

Figura 25 – Dados coletados

Dados conhecidos	
Raio do pneu	0,25m
Perímetro	1,57
Objetivo de velocidade	50km/h

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Figura 26 – Relação de transmissão

Relação de transmissão		
Descrição	Fórmula	Resultado
Rotação no eixo 3	$N3 = (v*60)/P$	530,5 RPM
Rotação no eixo 1	$N1 = N/I CVT$	4285,7 RPM
Relação de transmissão total da caixa	$I caixa = N1/N3$	8,2

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Para definir-se o número de dentes das engrenagens, foi partido do objetivo de atingir a menor dimensão possível para que não aconteça interferência no sistema, conforme demonstra a Figura 27.

Figura 27 – Número de dentes e relação por engrenamento

Engrenamento		
Engrenagens	Equação	Relação
Z1 = 23 dentes	$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{do_2}{do_1} = \frac{n_1}{n_2}$	3,35
Z2 = 77 dentes		2,45
Z3 = 29 dentes		
Z4 = 71 dentes		

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Figura 28 – Dimensionamento das engrenagens

Engrenagens			
Parâmetro dimensionado	Equação	Resultado	
		Pinhão Z1	Pinhão Z3
Fator de Durabilidade	$W = \frac{60 \cdot n_p \cdot h}{10^6}$	2,23	1,78
Pressão Admissível	$p_{adm} = \frac{0,487 \cdot HB}{W^{1/6}}$	1310,57MPa	1641,94MPa
Volume mínimo do pinhão	$b1d_{01}^2 = 5,72 \cdot 10^5 \frac{M_T}{p_{adm}^2} \frac{i+1}{i+0,14} \cdot \varphi$	12009,97mm ³	26071,74mm ³
Diâmetro mínimo do pinhão	$d_{01} = \sqrt[3]{\frac{b1d_{01}^2}{0,25}}$	36,35mm	47,07mm
Módulo Normalizado	$m_n = \frac{d_{01}}{z_1}$	2mm	2mm
Largura Mínima do pinhão, critério de desgaste	$b_a = \frac{bd_0^2}{d_0^2}$	5,67mm	7,75mm
Força Tangencial	$F_t = \frac{M_T}{r}$	1006,33N	2539,92N
Largura mínima do pinhão, resistência a flexão no pé do dente	$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{F_t \cdot q \cdot \varphi}{b \cdot m_n} \leq \sigma_{material}$	10,0633mm	24,6mm
Passo	$t_o = m \cdot \pi$	6,28mm	6,28mm
Vão entre os dentes	$l_o = \frac{t_o}{2}$	3,14mm	3,14mm
Altura da cabeça do dente	$h_k = m$	2mm	2mm
Altura do pé do dente	$h_f = 1,2 \cdot m_n$	2,4mm	2,4mm
Altura do dente	$h = 2 \cdot m_n$	4mm	4mm
Altura total do dente	$h_z = 2,2 \cdot m_n$	4,4mm	4,4mm
Espessura do dente no primitivo	$S_o = \frac{t_o}{2}$	3,14mm	3,14mm
Folga da cabeça	$S_k = 0,2 \cdot m_n$	0,4mm	0,4mm
Diâmetro primitivo	$d_o = m_n \cdot z$	46mm	46mm
Diâmetro de base	$d_g = d_o \cdot \cos\alpha$	43,22mm	43,22mm
Diâmetro interno	$d_f = d_o - 2 \cdot h_f$	41,52mm	41,2mm
Diâmetro externo	$d_k = d_o + 2 \cdot h_k$	50mm	50mm

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Figura 29 – Dimensionamento dos eixos

Eixos				
Parâmetro dimensionado	Equação	Resultado		
		Eixo 3	Eixo 2	Eixo 1
Força tangencial	$F_t = \frac{M_T}{r}$	2414,41N	2539,91N	1006,33N
Força radial	$F_r = F_t \operatorname{tg} \alpha_0$	878,77N	924,45N	366,27N
Reação vertical do apoio A	$RA = \frac{a * F_r}{l}$	310,95N	327,11N	254,26N
Reação horizontal do apoio A	$HA = \frac{a * F_t}{l}$	854,33N	898,74N	698,63N
Momento fletor vertical	$M_V = RA * b$	10447,92N	10990,89N	4042,73N
Momento fletor horizontal	$M_H = HA * b$	28705,48N	30197,66N	11108,22N
Momento fletor resultante	$M_{r(max)} = \sqrt{M_V^2 + M_H^2}$	30547,73N	32135,62N	11821,1N
Momento ideal	$M_i = \sqrt{M_r^2 + (\frac{a}{2} * M_T)^2}$	111409,32Nmm	56142,11Nmm	18681,64Nmm
Coefficiente de Bach	$\bar{a} = \frac{\sigma_{fad_m}}{\tau_{fad_m}}$	1,25	1,25	1,25
Diâmetro mínimo do eixo	$d \geq 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_i}{\sigma_{fad_m}}}$	28,34mm	22,55mm	15,63

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Figura 30 – Dimensionamento das chavetas

Chavetas				
Parâmetro dimensionado	Equação	Resultado		
		Eixo 3	Eixo 2	Eixo 1
Força tangencial	$F_t = M_t/r$	12097,61N	6532,84N	2961,68N
Largura da chaveta	$\tau = \frac{F_t}{b \cdot l}$	33,6 mm	18,15mm	8,23mm

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Diante disso, tem-se dimensionada a caixa de transmissão.

4.3 PROJETO DETALHADO

4.3.1 Elaborar Leiautes Preliminares e Desenhos de Formas

Tendo por finalizada as etapas do projeto informativo e do projeto conceitual, apresenta-se a última etapa da metodologia do projeto de produto: o projeto detalhado do produto final.

Adentrando ao tema, elaboram-se leiautes preliminares e desenhos de formas como a primeira etapa a ser realizada do projeto detalhado. Nesta linha, delinea-se que foram observados os requisitos determinantes para o produto e iniciada a produção do modelo através da ferramenta de CAD *SolidWorks*.

Abaixo tem-se o leiaute preliminar da caixa de transmissão por engrenagens, através da Figura 31.

Figura 31 – BOM (*bill of materials*) Lista de materiais – Caixa de transmissão

BOM - CAIXA DE TRANSMISSÃO	
Item	Quantidade
CAIXA(ALUMINIO) DA TRANSMISSÃO	2
ENGRENAGEM Z1 (ESP. 11mm)	1
ENGRENAGEM Z2 (ESP. 11mm)	1
ENGRENAGEM Z3 (ESP. 25mm)	1
ENGRENAGEM Z4 (ESP. 25mm)	1
CHAVETA_1 (L:15mm)	1
CHAVETA_2 (L:40mm)	2
CHAVETA_3 (L:27mm)	2
EIXO_1(Ø20mm)	1
EIXO_2(Ø25mm)	1
EIXO_3(Ø30mm)	1
ROLAMENTO SKF_61804Z	2
ROLAMENTO SKF_61806	2
ROLAMENTO SKF_61905	2

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Considerando os itens necessários para a construção da caixa de transmissão, conforme acima mencionado, observa-se que é necessário que se tenha um *checklist* de manutenção. Além de ser um requisito de projeto a atender demanda de cliente, auxiliará na durabilidade do produto. O *checklist* deste produto é possível de ser identificado através do apêndice H.

4.3.2 Elaborar Leiautes Detalhados e Desenhos de Formas

Seguindo a etapa dos leiautes detalhados e desenhos de formas, foi definido o leiaute detalhado final do produto, tendo considerado os requisitos observados de acordo com as matrizes.

Os desenhos detalhados do produto final elegido estão em forma de apêndice no final deste trabalho (Apêndice I), exceto itens padrões, também conhecidos como itens de balcão.

4.3.3 Finalizar as Verificações

No tocante à matéria de finalizar as verificações do projeto, salienta-se que nesta etapa foram verificados possíveis fatores de erro quanto ao projeto, conforme mostrado através da Figura 32.

Figura 32 – Verificações de erros do projeto

Título	Questão	Resposta
Função	A função estipulada é cumprida?	Sim
Princípios de Solução	Os princípios de solução escolhidos produzem 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
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: Elaborado pelo Autor (2018).

Diante da aplicação de análise em relação aos erros do projeto, foi contatado que não houveram requisitos que pudessem interferir no produto ou algum erro significativo. Deste modo, destaca-se que iniciada a última etapa do projeto detalhado, isto é, a revisão do projeto.

4.3.4 Revisar Projeto

A última etapa da aplicação da metodologia do produto consiste em revisar o projeto. Nesta fase entende-se que todas as especificações são contempladas para

o produto final e se este poderá desempenhar a função, a qual teve objetivo da execução do trabalho.

Neste sentido, é possível analisar, através da Figura 33, os requisitos que foram atendidos para o produto.

Figura 33 – Lista de revisão do projeto

#	Requisito	Meta	Valor	Verificado na Análise de Projeto
1	Ter o menor número de peças	Ter menos de 17 peças diferentes	17 peças	Atingido
2	Ter uma caixa de proteção externa	Evitar danos aos componentes internos	Possui caixa de proteção externa	Antingido
3	Não superaquecer durante o funcionamento	Temperatura inferior a 70° Celsius	Não possível avaliar sem prototipagem	Não possível avaliar sem prototipagem
4	Ter montagem a prova de erros	Peças com formatos únicos	Peças com formatos únicos	Atingido
5	Transmitir o torque da maneira mais eficiente possível	Superior a 98%	Torque calculado acima de 98%	Atingido
6	Material resistente a danos mecânicos	Que a caixa de proteção não quebre	Elaborada com alumínio liga 1060	Atingido
7	Usar o menor número de processos de manufatura diferentes	Menor ou igual a 7	4 Processos: Fresamento, furação, brochamento, torneamento	Atingido
8	Baixo custo de manufatura	Inferior a R\$ 7.000,00	R\$ 6.460,00	Atingido
9	Ter uma vida útil longa	Superior a 2 anos	Escolha do material	Atingido
10	Baixa utilização de lubrificante	Inferior a 300ml	Volume interno livre inferior a 300ml	Atingido
11	Ter um checklist de manutenção	Será necessário	Existe checklist	Atingido
12	Ser compacto	Dimensões que permitam montagem no carro	Caixa atende as dimensões propostas	Atingido
13	Ser leve	Menor que 12 Kg	11,43 Kg	Atingido

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Em fase de revisão do projeto, todos os requisitos foram atendidos, com exceção de um deles, ao qual somente é possível ser analisado com o protótipo construído, que é o não superaquecimento quando em funcionamento.

Tendo-se a última etapa do projeto detalhado concluída, é possível afirmar que o projeto e as expectativas de cliente atingiram bons resultados por atender aos requisitos. Nesta etapa é chegado ao fim da aplicação da metodologia de projeto de produto.

5 CONCLUSÃO

Mediante a aplicação de uma metodologia de projeto de produto foi possível analisar, comparar e identificar o melhor conceito para a concepção por meio de três vias de estudo para a formação do produto final. Foram elas: Transmissão por correntes, transmissão por correias e transmissão por engrenagens. Além de eleger, também, os demais componentes pertencentes ao sistema da transmissão.

Complementa-se, neste sentido, que as fases do projeto informacional, conceitual e detalhado apresentam-se como etapas cruciais para a definição do produto final. Assim, delinea-se que o projeto informacional identifica-se com o estabelecimento de requisitos, o projeto conceitual com a escolha do produto final e o projeto detalhado com o desenvolvimento do produto.

Através dos estudos aplicados pela metodologia, ressalta-se que o melhor conceito de caixa de transmissão a ser utilizado para o veículo é a caixa de transmissão por engrenagens de dentes retos, por atender os requisitos estabelecidos, tanto de clientes como de projeto.

Ainda, sobre o estudo, o trabalho teve seus objetivos alcançados, eis que foi possível aplicar uma metodologia de projeto de produto, identificar as informações já presentes do veículo Baja Sinuelo e a realizar os cálculos de dimensionamento para apresentar, ao final, a concepção do produto final ao público.

Em sequência dos objetivos, o trabalho em questão teve as metas de requisitos de clientes e projetos, expostos na problemática, alcançados, sendo reduzido o número de processos mecânicos de 7 para 4, onde, com isso, se teve uma redução de custos de mais de R\$500,00 e redução de tempo de fabricação, além de manter o mesmo percentual de eficiência de transmissão (98%) da caixa utilizada anteriormente pela equipe.

Sendo exposta a lista de revisão de projeto, também foram possíveis identificar demais metas alcançadas, estabelecidas no projeto informacional, como ter o menor número de peças possível, ter uma caixa de proteção externa, ter peças com formatos únicos, utilizar material resistente, atender a baixa utilização de lubrificante, elaboração de um checklist de manutenção, ter uma caixa adaptável ao

carro já existente e ser leve. De todo modo, ainda houve uma meta a qual não foi possível mensurar, devido a somente ser possível analisar se construído o protótipo do produto escolhido no projeto conceitual, a qual é de manter uma temperatura inferior a 70° Celsius.

O presente estudo realizado é um projeto ao qual foi elaborado em ferramenta de CAD (desenho assistido por computador). De todo modo, o produto final estabelecido pela metodologia de projeto de produto e dimensionado de acordo com o exposto por Melconian, é possível ser construído e utilizado em futuras competições as quais o veículo baja Sinuelo participar.

REFERÊNCIAS

- ABDO, N. A. **Estruturas de alumínio**. São Paulo: Pini, 1983.
- ALMEIDA, Alexandre Duarte de. **Proposta para aplicação dos princípios da metodologia de processo de desenvolvimento de produtos na Equipe PATO BAJA**. Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica, COEME. Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR, 2016.
- ALMACINHA, José António. **Redutor de parafuso sem-fim/roda de coroa**. Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial. Repositório da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002.
- AMARAL et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- AMARAL, Henrique Uyeda do. **Projeto de melhorias no processo de desenvolvimento do produto de uma empresa de softwares educativos**. São Paulo, 2014.
- ANDRADE, Alan Sulato de. **Elementos orgânicos de máquinas II**. UFPR. Curso de Engenharia Industrial: 2004.
- ANTONELLO, Miguel Guilherme; FRANCESCHI, Alessandro de. **Elementos de Máquinas**. Santa Maria/RS: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2014.
- ANTUNES, I; FREIRE, M. A. C. **Elementos de Máquinas**. São Paulo: Érica, 1997.
- BARBOSA, João Paulo. **Elementos de Máquinas**. IFFES, São Mateus/ES, 2011.
- BARBOSA, João Paulo. **Elementos de Transmissão Correias**. IFFES, São Mateus/ES, 2010.
- BARBOSA, G, S. **Análise de sistema manual de controle de caixa de transmissão veicular – uma abordagem ergonômica**. 2007. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BORGES, Fábio Morais; RODRIGUES, Celso Luiz Pereira. **Adaptação da metodologia de Baxter para o planejamento de novos produtos à luz da segurança no trabalho**. Artigo publicado no XIII SIMPEP (anais do evento). Bauru/SP, Novembro de 2006.
- BOSCH, R. **Manual de tecnologia automotiva**. 25 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Shigley's Mechanical Engineering Design** 8th edition in SI Units. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, NY, USA 2008.

CAETANO, Daniel. **Projeto Conceitual, Básico e Detalhado**. Disponível em: <<http://engdanielcaetano.blogspot.com/2010/07/projeto-conceitual-basico-e-detalhado.html>>. Acesso em 17 outubro de 2018.

CIPOLLA, Gabriel. **Desenvolvimento de uma caixa de redução para veículo Baja SAE**. 2015. 56 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/139079>>. Acesso em 23 de outubro de 2018.

COELHO FILHO, Pedro Augusto. **Adaptação de uma transmissão de moto para um veículo tipo baja**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018.

DIAS, F, M. **Otimização de bancada de ensaio de CVT**. 2010. Projeto de Graduação. Disponível em: <<http://fga.unb.br/articles/0000/5974/PG2.pdf>>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

DIAS, Anderson. **Diferencial e árvores de transmissão automotivos**. Disponível em: <<http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2015/12/diferencial-e-arvores-de-transmissao-automotivos/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

ECHEVESTE, M. E; CASAGRANDE, L. F; CHIOCHETTA, J. C. **Análise comparativa entre o modelo referencial de Rozenfeld e um processo de desenvolvimento de produto**. Revista TECAP. Número 02, Ano 02, Volume 2, 2008.

FATEC SP. **Fórmula SAE**. Disponível em: <http://www.fatecsp.br/?c=formula_sae>. Acesso em: 10 de outubro 2018.

FERREIRA, Cristiano Vasconcellos. **Metodologia para as fases de projeto informacional e conceitual de componentes de plástico injetados integrando os processos de projeto e estimativa de custos**. Tese submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

FERREIRA, C. V. **Estimativa de Custos de Produtos na Fase de Projeto Conceitual: Uma Metodologia para Seleção da Estrutura Funcional e da Alternativa de Solução**. Florianópolis/SC. PPGEM. CTC. UFSC, Dissertação. 1997.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Tese de doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

GENEROSO, D. J. **Elementos de Máquinas**. IFFS Santa Catarina. Florianópolis/SC, Ministério da Educação, 2009.

GOMES, Luiz Vidal N. **Criatividade – Projeto – Desenho – Produto**. SCHDS, 2000.

KRISHNAN, V.; ULRICH K.T. **Product development decisions: a review of the literature**. Management Science, v. 47, n. 1, p. 1-21, 2001.

LÖBACH, B. **Design Industrial: bases para a configuração dos produtos industriais**. Trad. Freddy Van Camp. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LORDES, F; HORTA, M. **Noções Básicas de Elementos de Máquinas – Mecânica**. SENAI, Vitória/ES, 1996.

MARIANO, E. W. et al. **Utilização e proposta de melhoria da caixa de redução fixa do veículo Baja Equipe Clarengex**. Ling. Acadêmica, Batatais, v. 8, n. 1, p. 85-102, jan/jun. 2018.

MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. 10 ed. São Paulo: Érica 2012.

MELLO, Willyams Bezerra de. **Proposta de um método aberto de projeto de produto – três alternativas de criação**. Dissertação. Escola Politécnica da USP, 2011.

MELLO, Carlos Henrique; SILVA, Carlos Eduardo Sanches da; SOUZA, Joab Francisco de. **Desenvolvimento de produtos aplicando técnicas de projeto para montabilidade em uma abordagem de engenharia reversa**. Artigo publicado XIII SIMPEP (anais do evento). Bauru, SP, Novembro de 2006.

MELLO, R. **Análise da sensibilidade do campo acústico veicular à excitação do sistema de transmissão**. 2003. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

MELLO, C. H. P.; SILVA, C. E. S; PAGAN, R. P. **Projeto conceitual no processo de desenvolvimento de produtos eletroeletrônicos: estudos de caso em empresas incubadas**. Revista Produção Online, Florianópolis/SC. Vol. 13, n. 3, p. 1089-1117, jul./set. 2013.

MELLO, Carlos Henrique; CHIMENDES, Vanessa Cristhina Gatto Chimendes. **Análise de três modelos de referência para o projeto e desenvolvimento de serviços**. Artigo publicado no XXVI ENEGEP (anais do evento). Fortaleza/CE, Outubro de 2006.

NETO, Alfredo Iarozinski; FAVARETTO, Fábio. **Projeto conceitual: O projeto da “Forma” do produto**. Anais do evento V CBGDP. Curitiba/PR, agosto de 2005, p. 01-09.

NORTON, Robert L. **Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada**. Ed. 2. Porto Alegre: Bookman, 2004.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. Ed. 4. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PAGAN, Rafael Perez; SILVA, Carlos Eduardo Sanches da; MELLO, Carlos Henrique Pereira. **Projeto conceitual no processo de desenvolvimento de produtos eletroeletrônicos: estudos de caso em empresas incubadas**. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.13, n. 3, p. 1089-1117, jul./set. 2013.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepção para dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. Tese Doutorado em projetos de Sistemas Mecânicos CTC/EMC. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

RODRIGUES, Matheus Ribeiro. **Estudo teórico e experimental de uma transmissão continuamente variável para veículo baja SAE**. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica USP. São Paulo, 2011.

ROOZENBURG, N. F. M., EEKELS, J. **Product Design: fundamentals and methods**. Chichester: John Wiley & Sons, 1995.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SAE BRASIL. **Baja SAE Brasil**. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/imprensa/releases/Post/4277/23%C2%AA->>>. Acesso em: 08 de outubro de 2018.

SANCHES, Vinicius Rodrigues et al. **O Projeto Informacional do desenvolvimento de uma impressora 3D**. Anais do evento XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção Fortaleza/CE, outubro de 2015.

SANTOS, Claudemilson dos; MENEZES, Marizilda dos Santos. O design para a micro e pequena empresa na região de Bauru: a abordagem do projeto pelo desenho. MLV Horn - Projética Revista Científica de Design, 2007.

SELEME, R; PAULA, A. de. **Projeto de produto: desenvolvimento e gestão de bens, serviços e marcas**. Curitiba: Ibpex, 2006.

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "**Centro de gravidade (CG)**"; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/centro-gravidade-cg.htm>>. Acesso em 13 de março de 2017.

SILVA, M. W. S. et al. **Dimensionamento do sistema de transmissão por corrente de um carro baja SAE**. Anais do evento Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC. Belém/PA, agosto de 2017.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Engrenagens cilíndricas helicoidais**. Disponível em: <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/metais-e-artefatos/engrenagens->>

pozelli/produtos/acessorios/engrenagens-cilindricas-helicoidais>. Acesso em: 10/10/2018.

TEBALDI, Adriano de Moura. **Projeto de uma caixa de transmissão com uma marcha reduzida para protótipo baja SAE**. Dem. POLI, UFRJ. Rio de Janeiro: 2015.

APÊNCICE A – CÁLCULOS PARA DIMENSIONAMENTO DE TRANSMISSÃO POR CORREIA EM “V”

Transmissões por correia em "V"		
Equação	Descrição	Fórmula
1	Potência projetada	$P_p = P_{motor} \cdot f_s$
2	Diâmetro	$D = d \cdot i$
3	Relação de transmissão	$i = \frac{n_{maior}}{n_{menor}} = \frac{D}{d}$
4	Comprimento das correias	$l = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$
5	Ajuste de distância entre centros	$C_a = \frac{l_A - h(D - d)}{2}$
6	Comprimento de ajuste da correia	$l_A = l_c - 1,57(D + d)$
7	Distância entre centro	$C = \frac{3d + D}{2}$
8	Capacidade de transmissão por correia	$P_{pC} = (P_b + P_a) \cdot f_{CC} \cdot f_{CAC}$
9	Número de correias	$n_{CO} = \frac{P_p}{P_{pC}}$
10	Velocidade periférica da correia	$V_p = \frac{\pi \cdot r_1 \cdot n_1}{30} = \frac{\pi \cdot r_2 \cdot n_2}{30}$
11	Velocidade periférica máxima	$\alpha_{rad} = \frac{\pi}{180} \alpha^\circ$
12	Torque na polia 1	$M_{T_1} = \frac{P}{\omega_1} = \frac{30P}{\pi \cdot n_1}$
13	Torque na polia 2	$M_{T_2} = \frac{P}{\omega_2} = \frac{30P}{\pi \cdot n_2}$
14	Força tangencial na polia 1	$F_T = \frac{M_{T_1}}{r_1} = \frac{2M_{T_1}}{d_1}$
15	Força tangencial na polia 2	$F_T = \frac{M_{T_2}}{r_2} = \frac{2M_{T_2}}{d_2}$
16	Força motriz	$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu \cdot \alpha_{rad}}$
17	Força resistiva	$F_1 - F_2 = F_T$
18	Força resultante	$F = \sqrt{(F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos\alpha)}$

APENDICE B – CÁLCULOS PARA DIMENSIONAMENTO DE TRANSMISSÃO POR CORRENTES

Transmissões por correntes		
Equação	Descrição	Fórmula
1	Carga máxima na corrente	$F_{m\acute{a}x} = \frac{F_{rup}}{n_s * k}$
2	Fator de operação k	$k = k_s * k_{(l)} * k_{po}$
3	Distância entre centros (estimativa)	$C = (30 \text{ a } 50)t$
4	Número de elos	$y = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2C}{t} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi}\right)^2 * \frac{t}{C}$
5	Distância entre centros (correta)	$C = \frac{t}{4} \left\{ y - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left[\left(y - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2 \right]} \right\}$
6	Força na corrente	$F_T = \frac{P}{V_C} \quad F_T = \frac{2M_T}{Vd_0}$
7	Velocidade da corrente	$V_C = \frac{Z_1 * t * n_1}{60 * 1000}$
8	Área de superfície de contato	$A_s = 0,5d_r * b_r$
9	Carga atuante no eixo	$F_{arv} = F_T + 2k_0 * q * C$

APENDICE C – CÁLCULOS PARA DIMENSIONAMENTO DE TRANSMISSÃO POR ENGRENAGENS

Transmissões por engrenagens		
Equação	Descrição	Fórmula
1	Relação de transmissão	$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_{o2}}{d_{o1}} = \frac{n_1}{n_2}$
2	Rendimento total	$\eta_t = \eta_{cvt} * \eta_e * \eta_m$
3	Potência útil	$P_u = P_e * \eta_t$
4	Momento torçor ou torque	$M_T = \frac{30000 \cdot P_u}{\pi \cdot n}$
5	Rotação das engrenagens	$n_{z_2} = \frac{n_{z_1} \cdot z_1}{z_2}$
6	Fator de durabilidade do pinhão	$W = \frac{60 \cdot n_p \cdot h}{10^6}$
7	Pressão admissível	$p_{adm} = \frac{0,487 \cdot HB}{W^{1/6}}$
8	Volume mínimo do pinhão	$b_1 d_{o_1}^2 = 5,72 \cdot 10^5 * \frac{M_T}{(p_{adm})^2} * \frac{i + 1}{i + 0,14} * \varphi$
9	Diâmetro mínimo do pinhão	$d_{o_1} = \sqrt[3]{\frac{b_1 d_{o_1}^2}{0,25}}$
10	Módulo normalizado	$m_n = \frac{d_{o_1}}{z_1}$
11	Largura mínima da engrenagem	$b_{d_1} = \frac{b_1 d_{o_1}^2}{d_{o_1}^2}$
12	Tensão admissível do material	$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{F_t \cdot q \cdot \varphi}{b \cdot m_n} \leq \sigma_{material}$

Continua

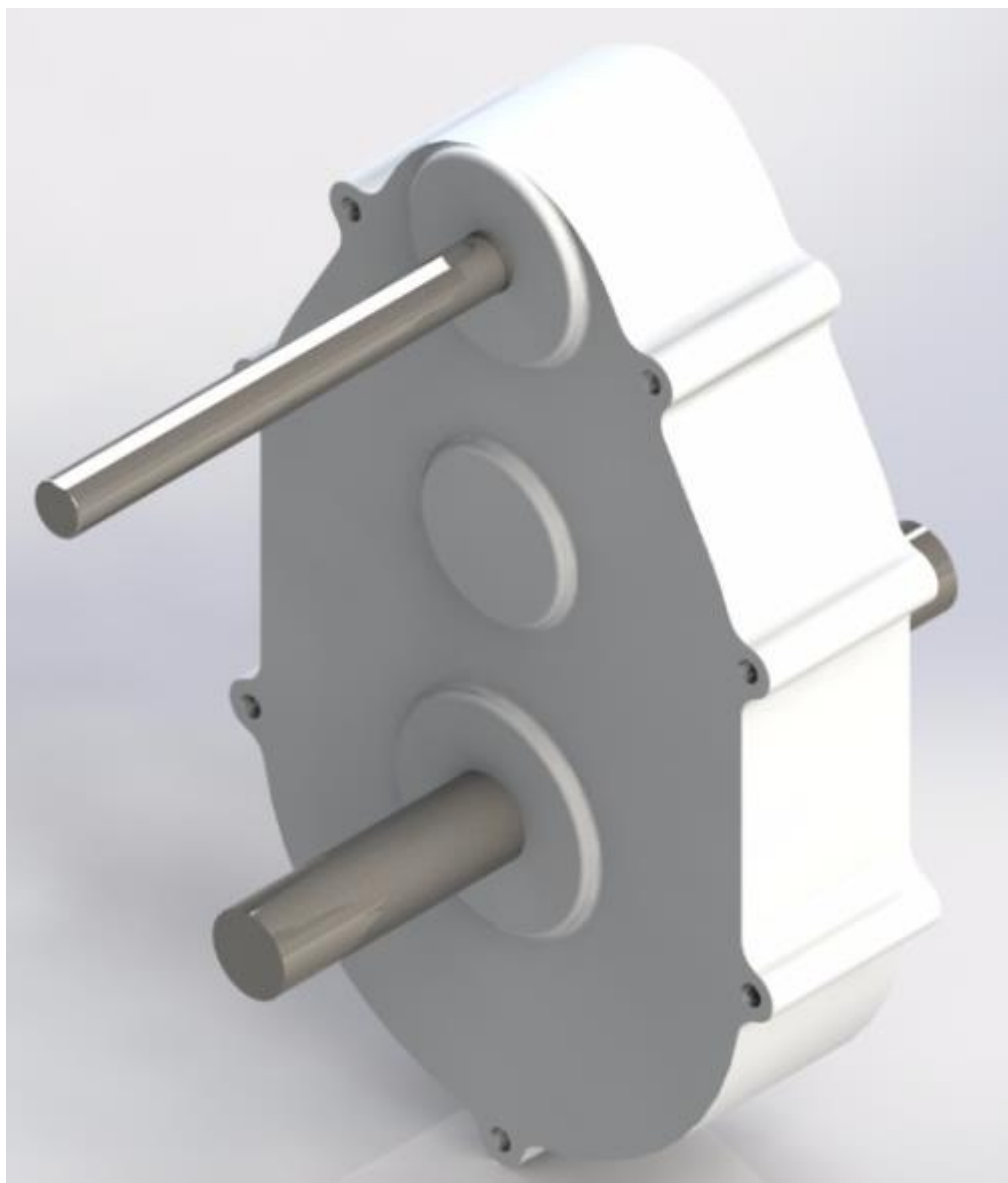
13	Carga tangencial	$F_t = \frac{M_T}{r}$
14	Passo das engrenagens	$t_o = m * \pi$
15	Vão entre dentes	$l_o = \frac{t_o}{2}$
16	Altura do cabeça do dente	$h_k = m$
17	Altura do pé do dente	$h_f = 1,2 * m_n$
18	Altura do dente	$h = 2 * m_n$
19	Altura total do dente	$h_z = 2,2 * m_n$
20	Espessura do pé do dente primitivo	$S_o = \frac{t_o}{2}$
21	Folga da cabeça do dente	$S_k = 0,2 * m_n$
22	Diâmetro primitivo	$d_o = m_n * z$
23	Diâmetro da base	$d_g = d_o * \cos \alpha$
24	Diâmetro interno	$d_f = d_o - 2 * h_f$
25	Diâmetro externo	$d_k = d_o + 2 * h_k$
26	Distância entre centros	$C_c = \frac{d_{o1} + d_{o2}}{2}$

APENDICE D – CÁLCULOS PARA DIMENSIONAMENTO DE EIXOS DE TRANSMISSÃO

Dimensionar eixos		
Equação	Descrição	Fórmulas
1	Força Tangencial	$F_t = MT/r$
2	Força Radial	$F_r = F_t \operatorname{tg} \alpha$
3	Reação vertical de apoio A	$R_A = a \cdot F_r / l$
4	Reação horizontal de apoio A	$H_A = a \cdot F_t / l$
5	Momento fletor vertical	$M_V = R_A \cdot b$
6	Momento fletor horizontal	$M_H = H_A \cdot b$
7	Momento fletor resultante	$M_r(\text{máx}) = \sqrt{M_V^2 + M_H^2}$
8	Momento ideal	$M_i = \sqrt{M_r^2 + (a/2 \cdot MT)^2}$
9	Coeficiente de Bach	$\bar{a} = \sigma_{adm} / \tau_{adm}$
10	Diâmetro mínimo do eixo	$d \geq 2,17 \cdot \sqrt{M_i / \sigma_{adm}^3}$

APENDICE E – CÁLCULOS PARA DIMENSIONAMENTO DE CHAVETAS

Dimensionar chavetas		
Equação	Descrição	Fórmulas
1	Tensão admissível ao cisalhamento	$\tau = Ft/b \cdot l$
2	Pressão de contato	$\sigma d = Ft/l(h-t_1)$
3	Força tangencial	$Ft = Mt/r$

APENDICE F – IMAGEM EM 3D

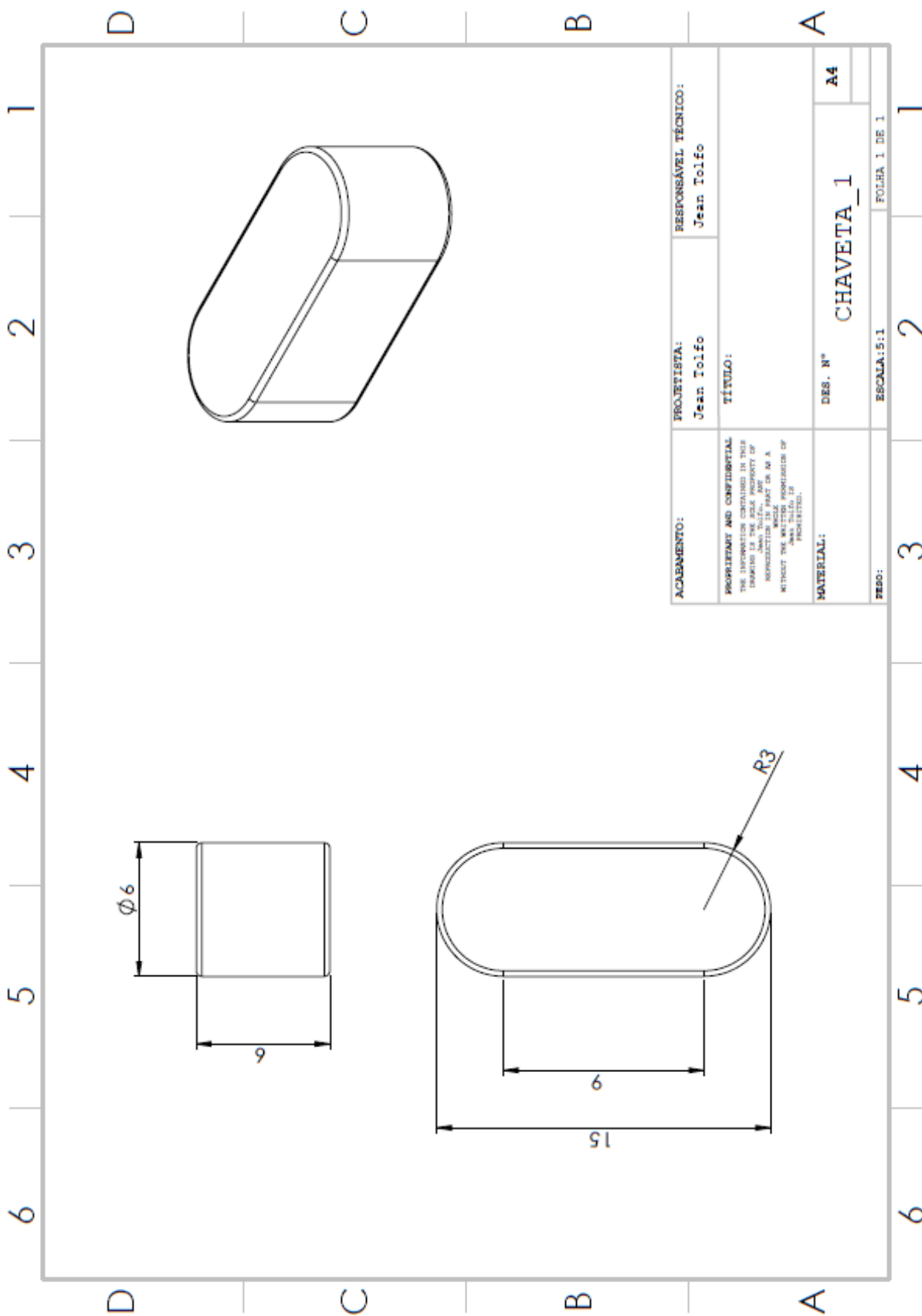
APENDICE G – ORÇAMENTO

Orçamento		
Descrição	Quantidade	Valor
Caixa	1	R\$ 3.250,00
Engrenagens	4	R\$ 1.870,00
Eixos	3	R\$ 995,00
Chavetas	6	R\$ 28,00
Rolamentos	6	R\$ 219,00
Parafusos	7	R\$ 77,00
Porcas	7	R\$ 21,00
		R\$ 6.460,00

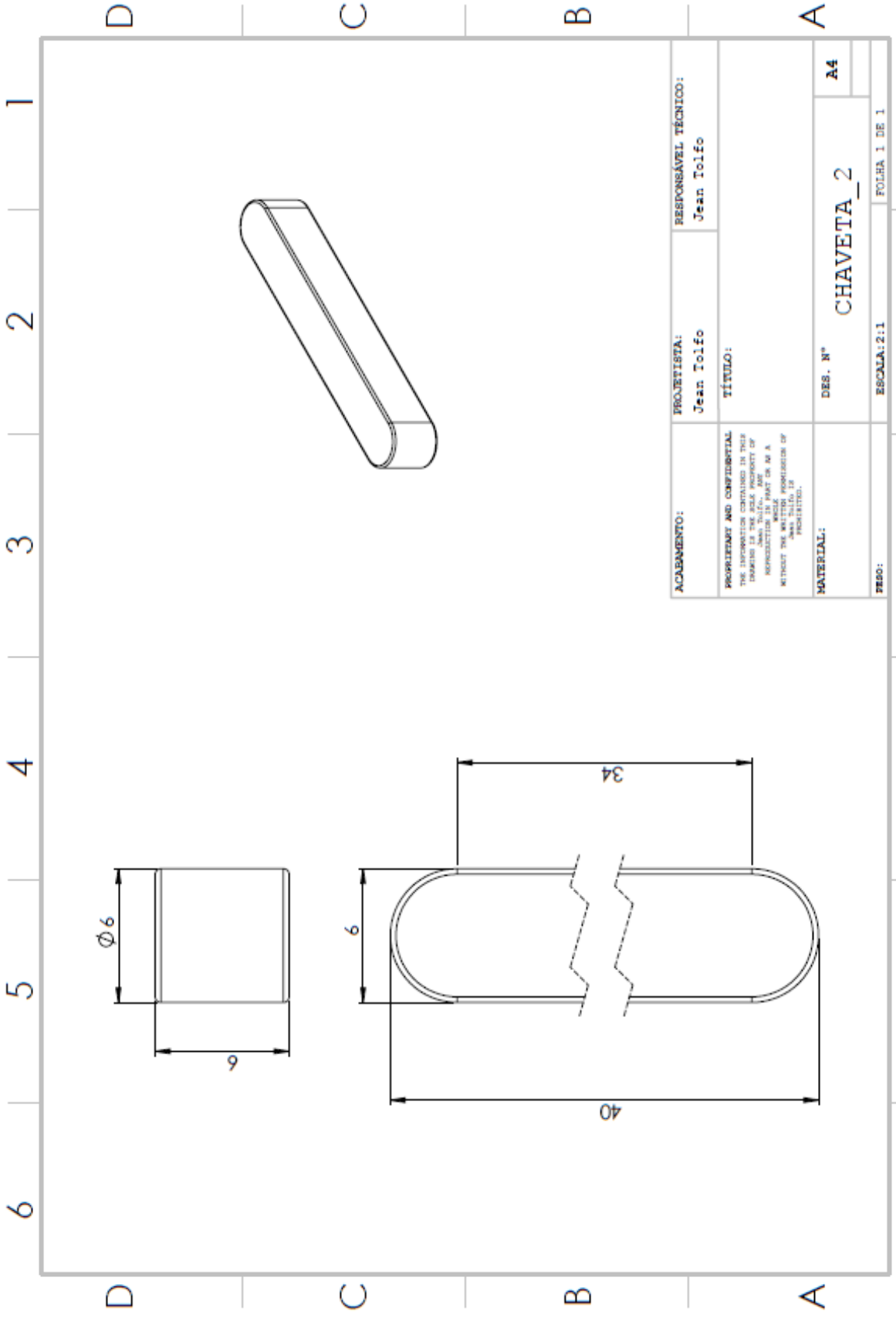
APENDICE H – CHECKLIST

Item	OK	N/A
Verificar se os parafusos foram apertados corretamente		
Verificar se os rolamentos estão funcionais		
Verificar se o sistema gira sem resistência		
Verificar se tem óleo dentro da caixa		
Verificar o período de troca do óleo da caixa		
Verificar a limpeza interna da caixa		
Verificar se as chavetas estão na posição correta		
Verificar a integridade das chavetas		

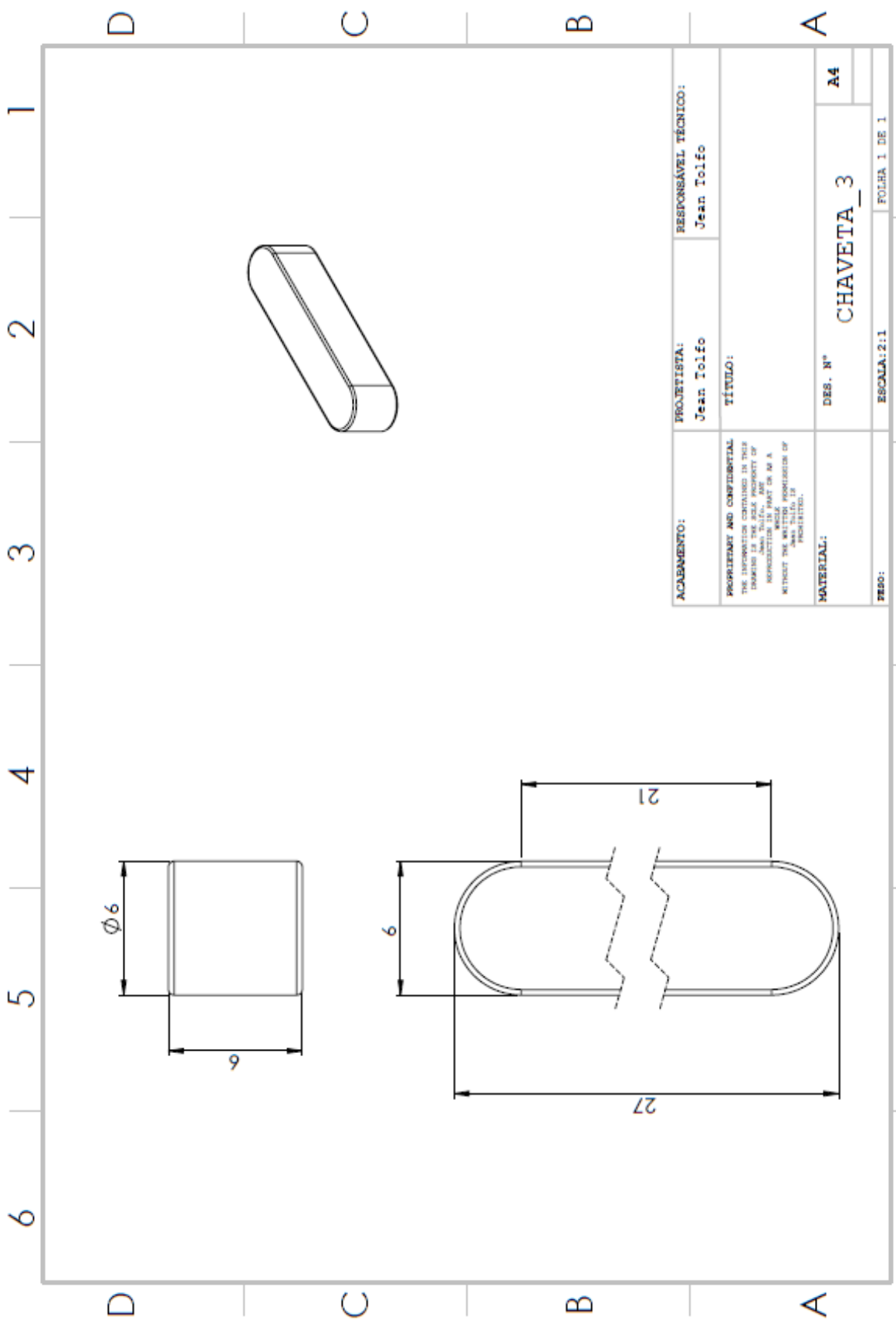
APENDICE I – DESENHOS DETALHADOS



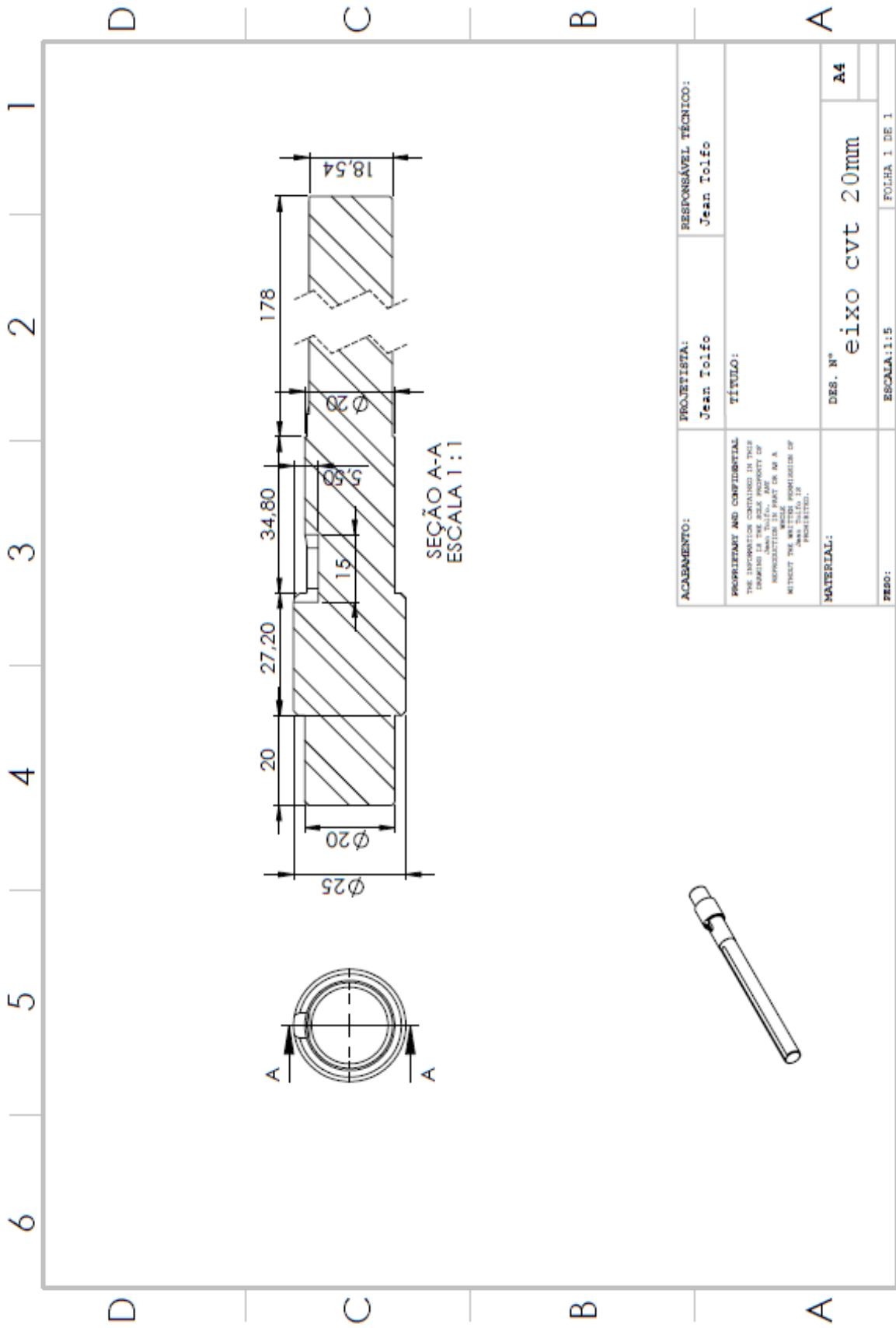
ACABAMENTO:	PROJETISTA: Jean Tolfo	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Jean Tolfo
PROPRIETÁRIO E CONFIDENCIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF JEAN TOLFO. IT IS NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF JEAN TOLFO.		
TÍTULO:	DES. N° CHAVETA_1	
MATERIAL:	A4	
FEBO:	ESCALA: 5:1	FOLHA 1 DE 1



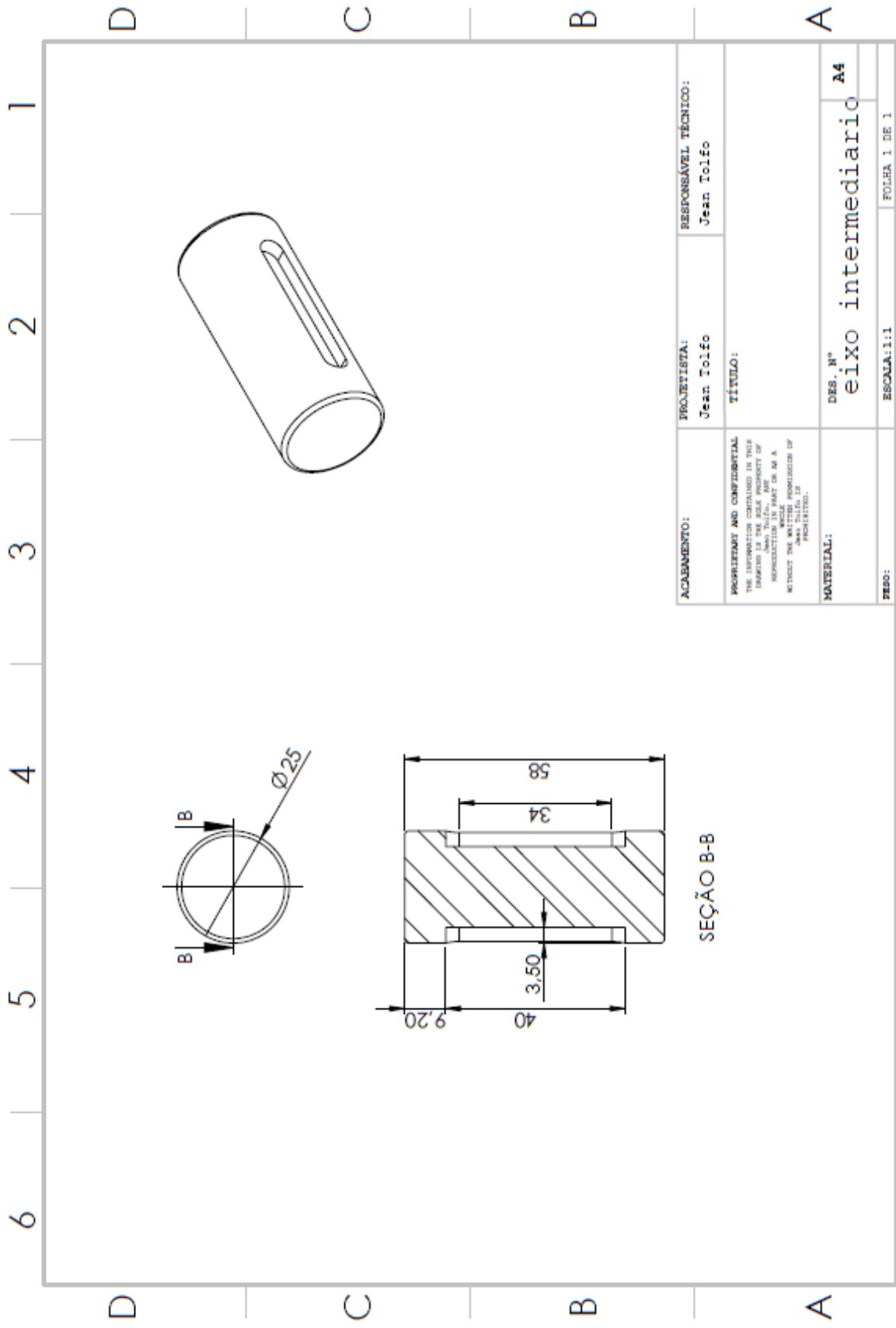
ACABAMENTO:	PROJETISTA: Jean Tolfo	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Jean Tolfo
PROPRIETÁRIO AND CONFIDENTIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF Jean Tolfo, AND REPRODUCTION OR TRANSMISSION IN ANY FORM OR BY ANY MEANS WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF Jean Tolfo IS PROHIBITED.	TÍTULO: CHAVETA_2	
MATERIAL:	DES. N°	A4
FEQ:		ESCALA: 2:1
		FOLHA 1 DE 1



ACABAMENTO:	PROJETISTA: Jean Tolfo	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Jean Tolfo
PROPRIETÁRIO AND CONFIDENTIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS UNCLASSIFIED IN FULL OR PART BY JEAN TOLFO. ANY REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF THIS INFORMATION IN ANY FORM OR BY ANY MEANS WITHOUT THE WRITING PERMISSION OF JEAN TOLFO IS PROHIBITED.	TÍTULO:	
MATERIAL:	DES. N° CHAVETA_3	A4
FEBO:	ESCALA: 2:1	FOLHA 1 DE 1

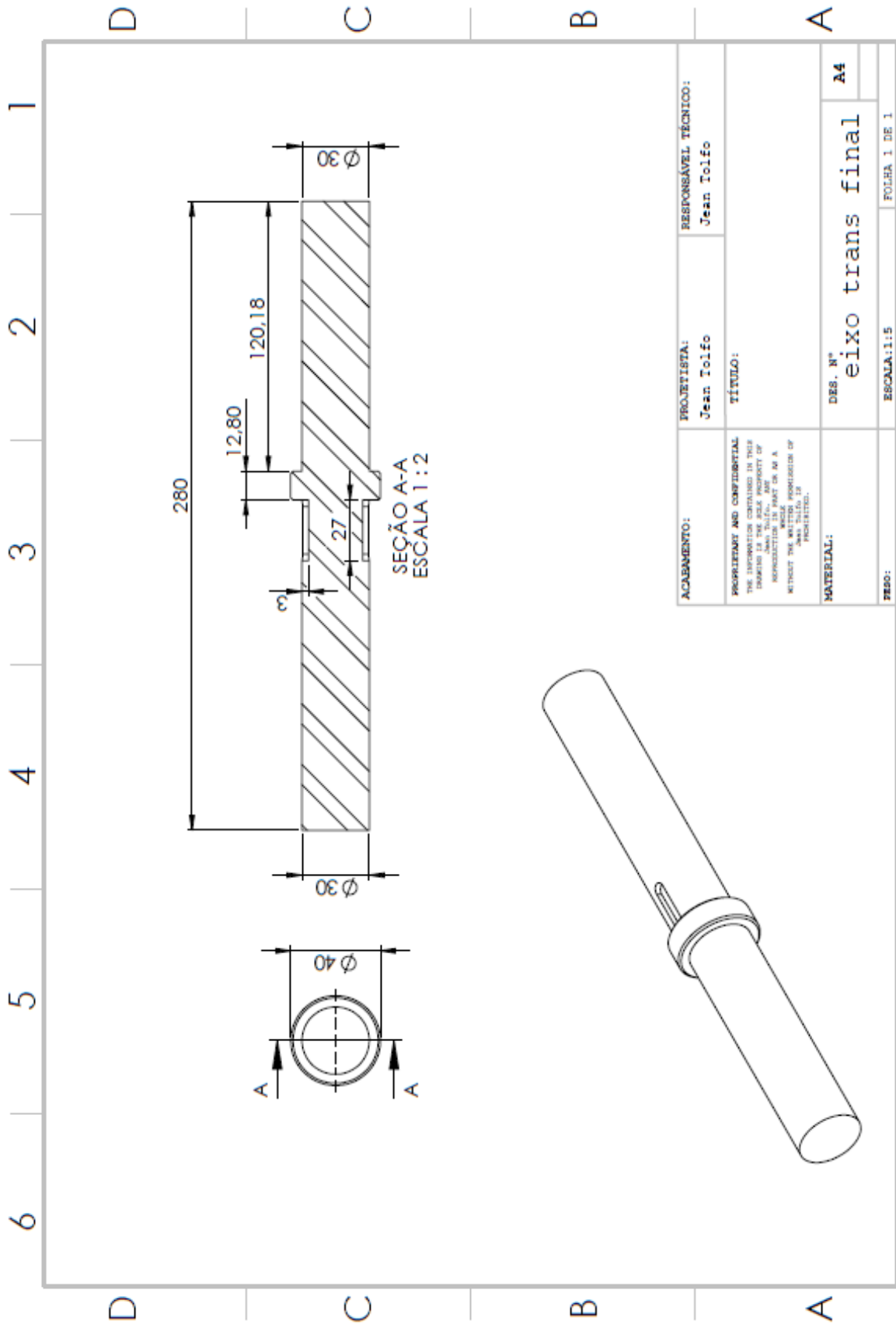


ACABAMENTO:	PROJETISTA: Jean Tolfo	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Jean Tolfo
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF JEAN TOLFO, AND REPRODUCTION OR TRANSMISSION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF JEAN TOLFO IS PROHIBITED.	TÍTULO:	
MATERIAL:	DES. N° eixo cvt 20mm	A4
FREDO:	ESCALA:1:5	FOLHA 1 DE 1

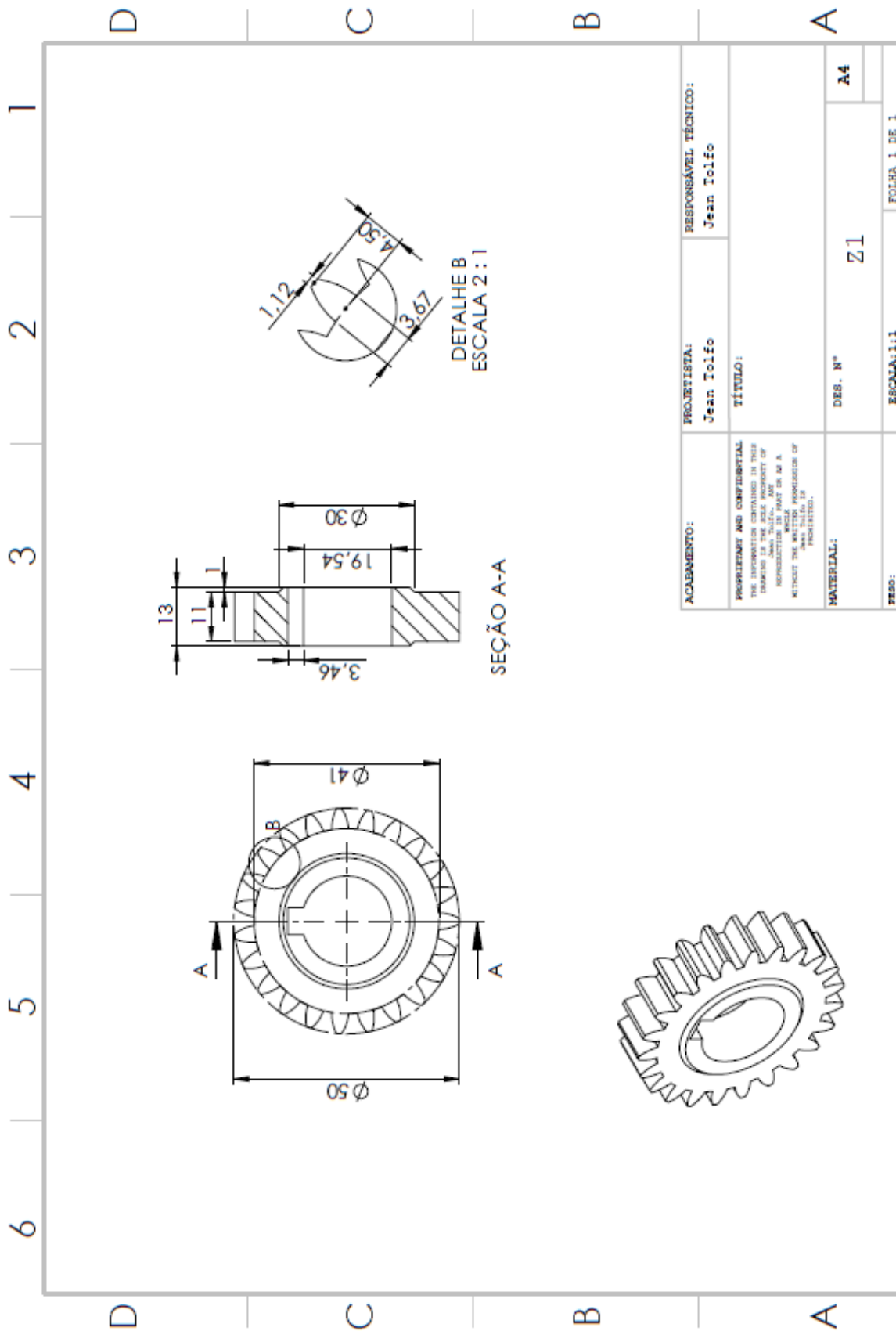


ACABAMENTO:	PROJETISTA: Jean Tolfo	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Jean Tolfo
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL THIS DRAWING AND ANY INFORMATION CONTAINED HEREIN IS THE SOLE PROPERTY OF JEAN TOLFO, AND REPRODUCTION OR TRANSMISSION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF JEAN TOLFO IS PROHIBITED.	TÍTULO:	
MATERIAL:	DES. N° eixo intermediario A4	
FBSO:	ESCALA: 1:1	FOLHA 1 DE 1

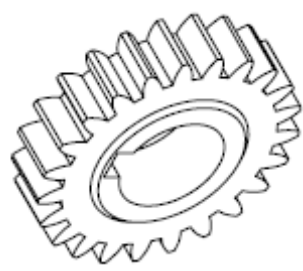
SEÇÃO B-B

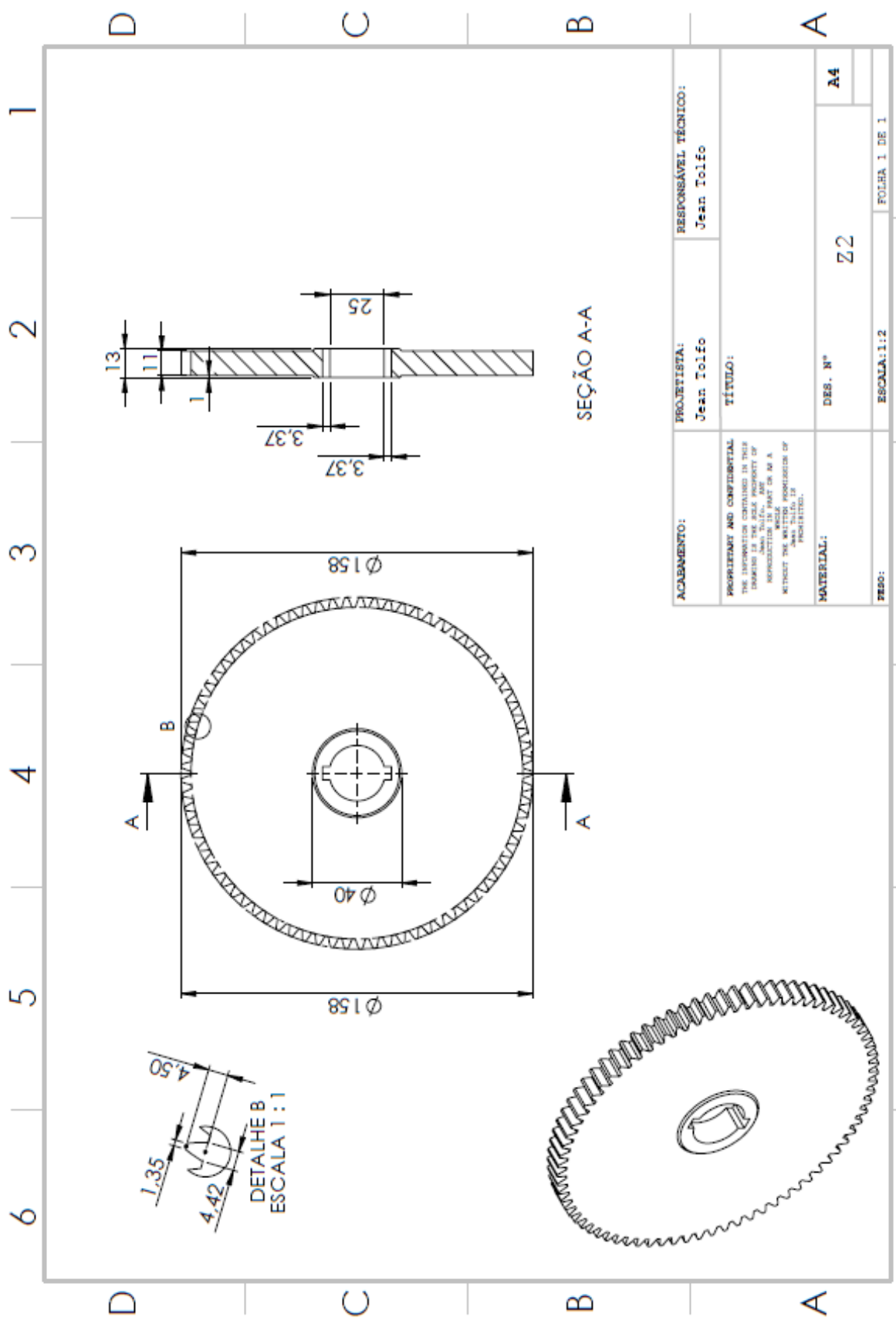


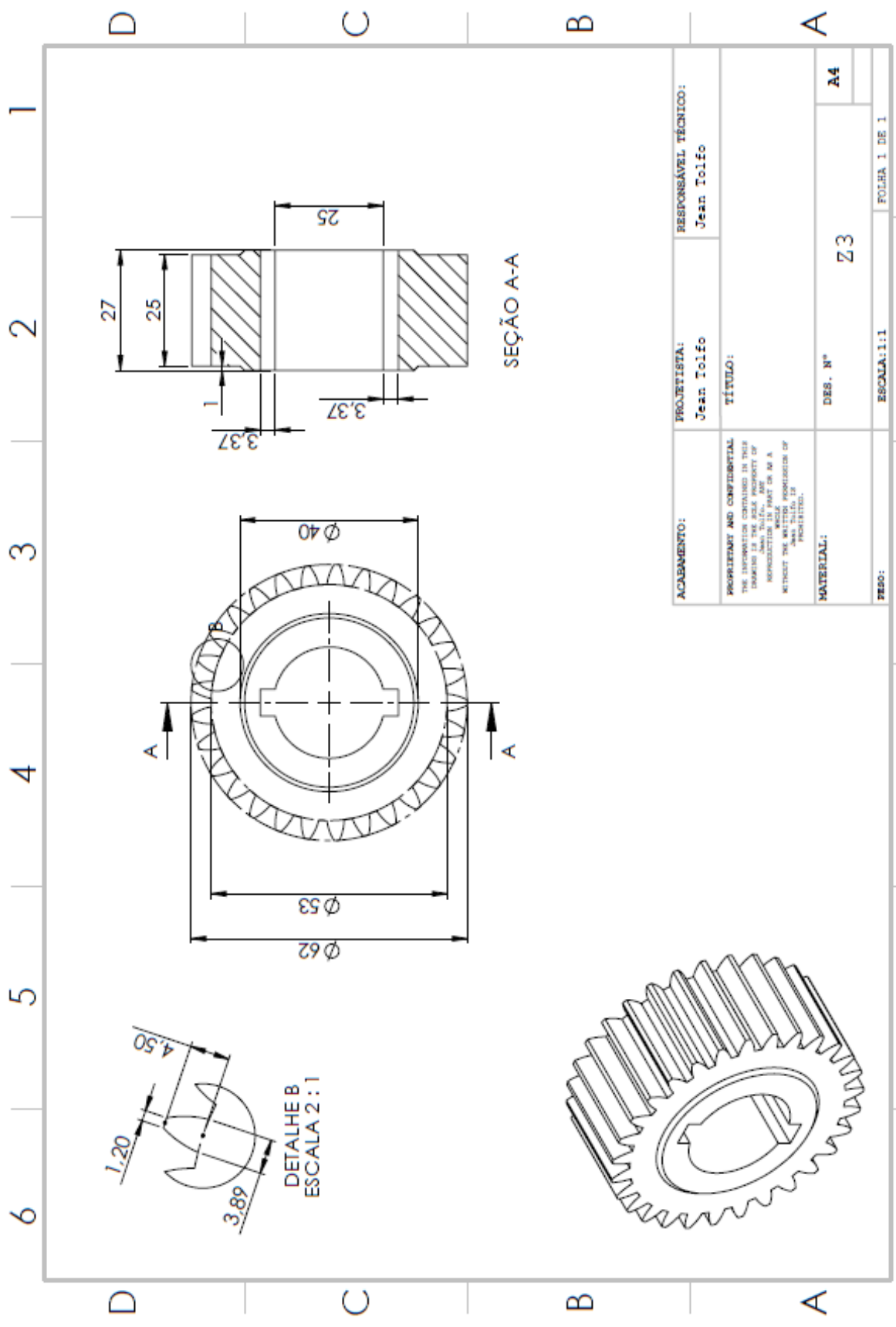
ACABAMENTO:	PROJETISTA: Jean Tolfo	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Jean Tolfo
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF JEAN TOLFO. ANY REPRODUCTION OR TRANSMISSION IN ANY FORM OR BY ANY MEANS WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF JEAN TOLFO IS PROHIBITED.	TÍTULO:	
MATERIAL:	DES. N° eixo trans final	A4
FEBO:	ESCALA: 1:5	FOLHA 1 DE 1

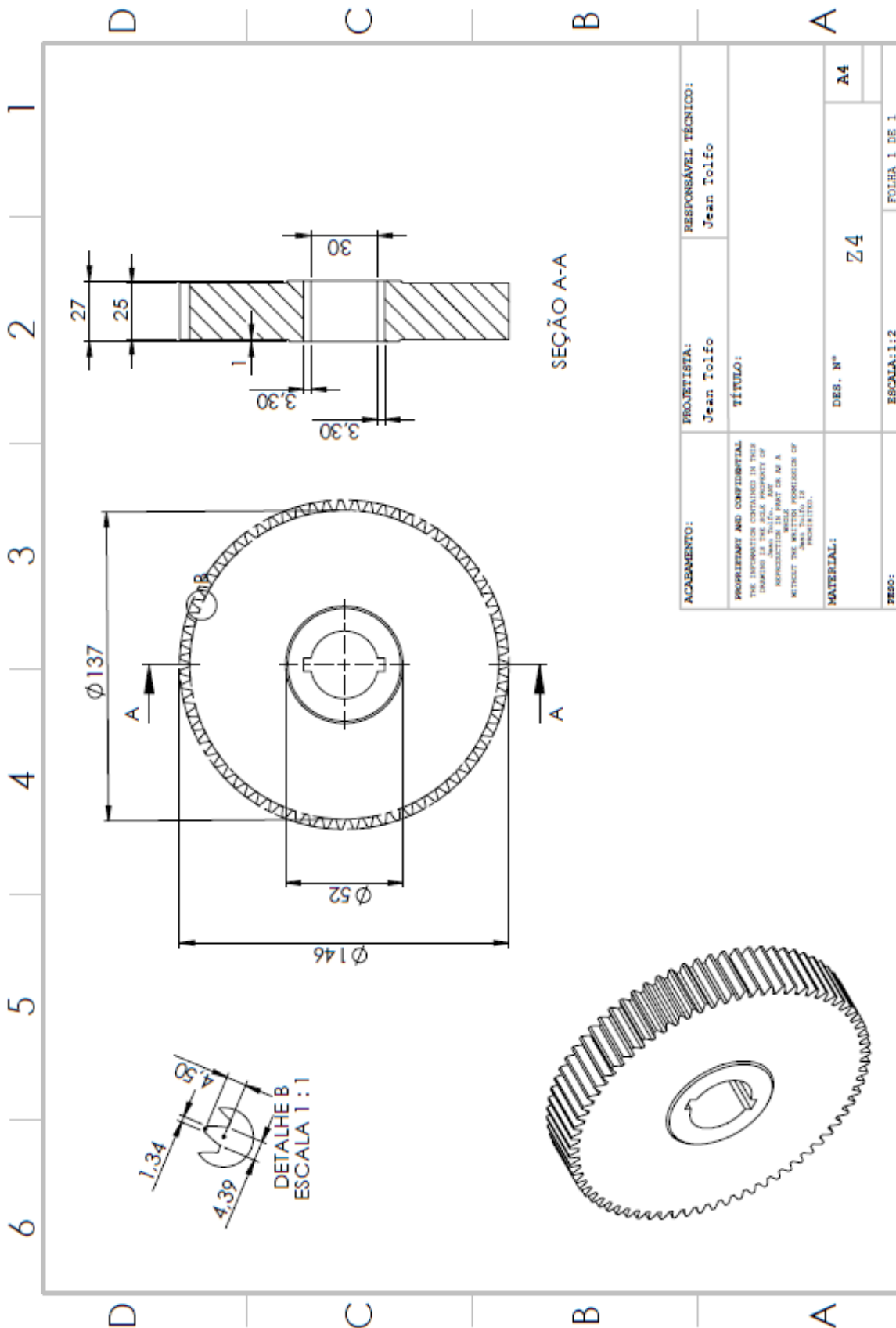


ACABAMENTO:	PROJETISTA: Jean Tolfo	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Jean Tolfo
PROPRIETÁRIO AND CONFIDENTIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF JEAN TOLFO, AND REPRODUCTION WITHOUT HIS WRITTEN PERMISSION IS PROHIBITED.		
TÍTULO:	DES. N°	Z1
MATERIAL:	ESCALA: 1:1	A4
FOLHA 1 DE 1		

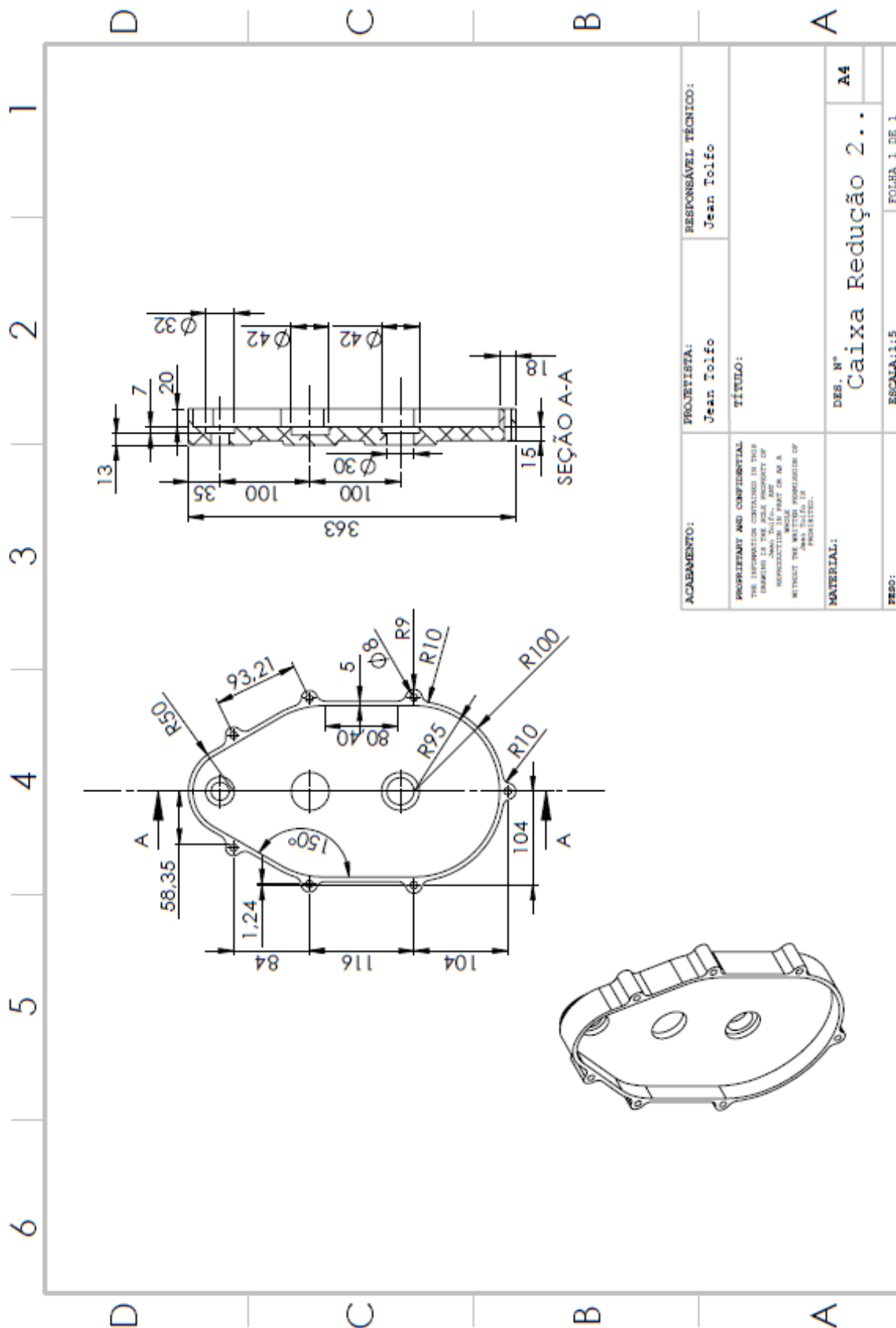




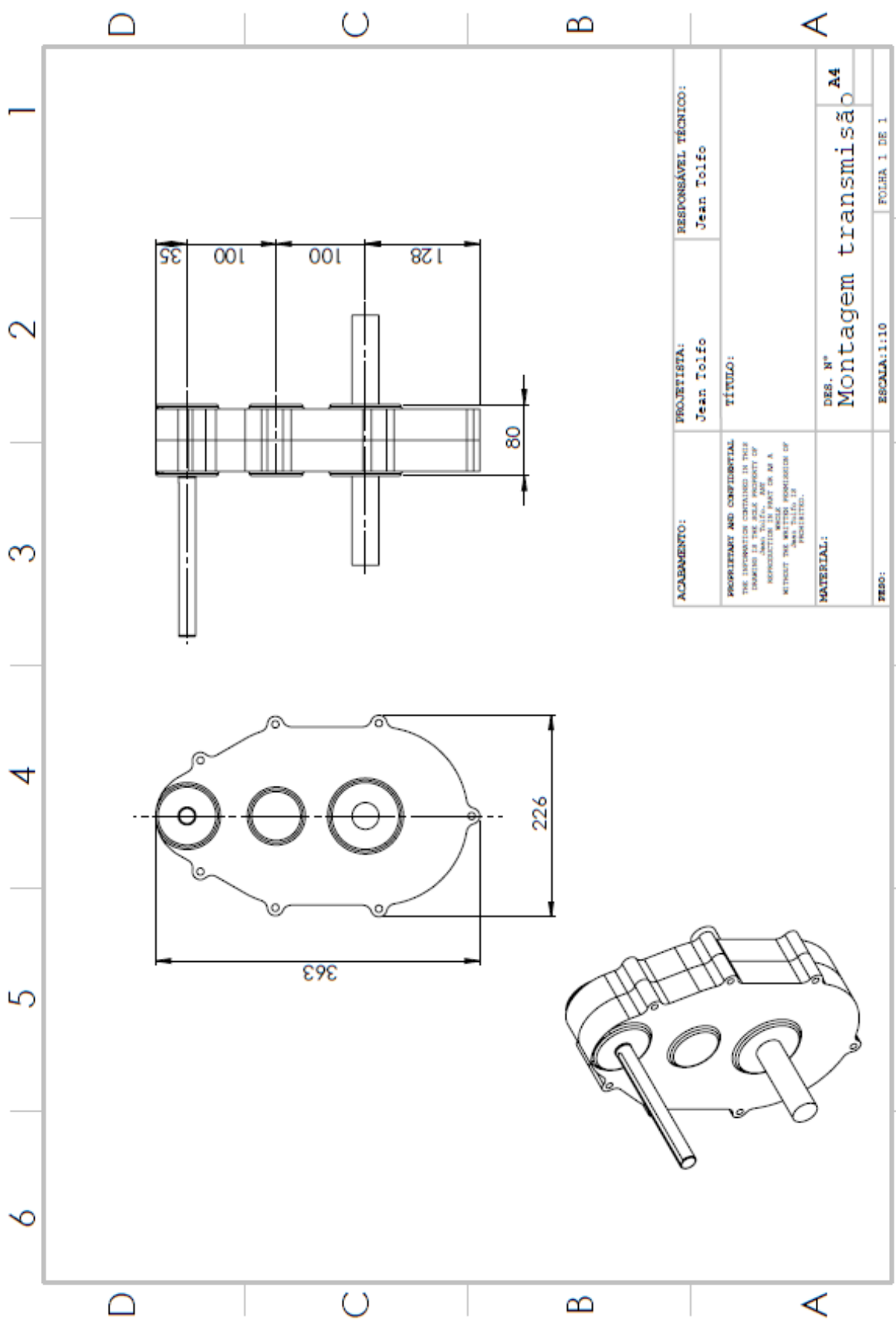




ACABAMENTO:	PROJETISTA: Jean Tolfo	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Jean Tolfo
TÍTULO:		
<p><small>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</small> <small>THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF JEAN TOLFO, INC. ANY REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF ANY PART OR A WHOLE THEREOF WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF JEAN TOLFO, INC. IS PROHIBITED.</small></p>		
MATERIAL:	DES. N° Z4	A4
FEBO:	ESCALA: 1:2	FOLHA: 1 DE 1



ACABAMENTO:	PROJETISTA:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:
	Jean Tolfo	Jean Tolfo
PROPRIETÁRIO E CONFIDENCIAL THIS INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF JEAN TOLFO, AND IS NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF JEAN TOLFO. VIOLATION IS PROHIBITED.		
TÍTULO:		
Caixa Redução 2.0		
MATERIAL:	DES. N°	A4
FEBO:		FOLHA 1 DE 1
ESCALA: 1:5		



ACABAMENTO:	PROJETISTA: Jean Tolfo	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Jean Tolfo
PROPRIETÁRIO AND CONFIDENTIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS UNCLASSIFIED IN WHOLE OR IN PART ON THE AUTHORITY OF JEAN TOLFO. ANY REPRODUCTION IN PART OR IN A WHOLE IN ANY FORM OR BY ANY MEANS WITHOUT THE WRITING PERMISSION OF JEAN TOLFO IS PROHIBITED.		
MATERIAL:	TÍTULO:	
	DES. N° Montagem transmissão A4	
PESO:	ESCALA: 1:10	FOLHA 1 DE 1