



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS CARAÚBAS
CURSO ENGENHARIA MECÂNICA

BRUNO CRISTIAN ALMEIDA

**ANÁLISE DE UM SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE UMA CVT PARA UM
VEICULO BAJA SAE.**

**Caraúbas/RN
2019**

BRUNO CRISTIAN ALMEIDA

**ANÁLISE DE UM SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE UMA CVT PARA UM
VEICULO BAJA SAE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Luz Espindola -
UFERSA

**Caraúbas/RN
2019**

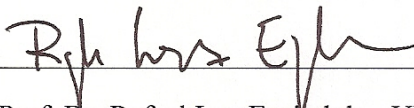
BRUNO CRISTIAN ALMEIDA

**ANÁLISE DE UM SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE UMA CVT PARA UM
VEÍCULO BAJA SAE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Campus Caraúbas para a obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

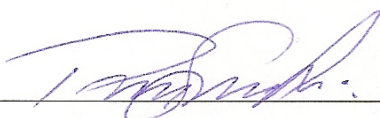
APROVADO EM: 20/03/2019

BANCA EXAMINADORA



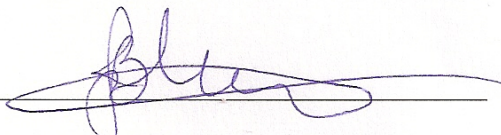
Prof. Dr. Rafael Luz Espindola - UFERSA

Presidente



Prof. Dr. Rudson de Souza Lima - UFERSA

Primeiro Membro



Prof. Dr. Jackson de Brito Simões - UFERSA

Segundo Membro

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A447a Almeida, Bruno.
ANÁLISE DE UM SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE UMA
CVT PARA UM VEICULO BAJA SAE. / Bruno Almeida. -
2019.
51 f. : il.

Orientador: Rafael Espindola.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Mecânica, 2019.

1. Anteparos. 2. Proteção da transmissão. 3.
Temperatura da CVT. 4. Transmissão CVT. I.
Espindola, Rafael, orient. II. Título.

Ao meu avô materno Benito João Pessoa (*In Memoriam*) que desde o início teve como prioridade a educação dos seus filhos e netos, sempre trabalhando em favor deles. Como patriarca da família sempre esteve presente na vida de cada um, e a sua perda trouxe um grande abalo. Mas seus ensinamentos prevaleceram e ainda são seguidos, sua história de vida sempre será lembrada no coração da nossa família. Eu o tenho como fonte de orgulho, persistência e inspiração.

A minha avó materna Rita Bela Pessoa (*In Memoriam*) que mesmo não a conhecendo, seus ensinamentos e exemplo foram transmitidos até mim. Sem nenhuma dúvida, esses ensinamentos fizeram com que me tornasse a pessoa que sou hoje.

Ao meu tio José Pessoa (Dedé da praça) que o tenho no meu coração, ele me mostrou que não podemos desistir dos sonhos e devemos agarrá-los.

Dedico este trabalho a Deus, por sua infinita bondade, a minha mãe, meu pai e meu irmão, a toda minha família, meus amigos e colegas, as pessoas que sempre me apoiaram todos que me ajudaram diretamente ou indiretamente na minha vida e para essa vitória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço infinitamente a Deus, por ter me guiado pelo caminho certo e por ter me dado força nas horas mais difíceis.

A minha mãe Maria Goretti que sempre teve minha educação como prioridade, sempre me motivou a estudar, procurando sempre a melhor educação que poderia me dar, sempre buscando o melhor para minha vida, além de ser um exemplo de mulher e de mãe, uma mulher guerreira.

Ao meu pai José Nildo que buscou sempre o melhor para minha vida, me ensinou como respeitar as pessoas, dá o devido valor as conquistas. Apoiando-me na vida de estudante, fazendo com que eu sempre pudesse estar presente nas aulas, mesmo que isso lhe custasse atrasos, até hoje ainda faz isso. Tenho como um exemplo de pai, e homem batalhador.

Ao meu prof. Dr. Rafael Luz Espindola pela orientação, dedicação neste trabalho, com competência me transmitiu ensinamentos para realização deste projeto, pela oportunidade, e a forma inteligente para conduzir esse trabalho, além de toda paciência.

A minha namorada Naila Nayane por ter me apoiado e dado forças em todos os momentos da minha graduação.

Aos meus amigos que contribuíram e me ajudaram nesse período acadêmico, contribuindo na minha formação acadêmica e como pessoa.

À equipe CARAUBAJA, que me motivou a realizar deste projeto, pela disponibilidade do protótipo, além da motivação, ajuda e força para a realização do trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o resfriamento da proteção do CVT (CVT, do inglês *continuously variable transmission*), para melhorar a eficiência do conjunto. Para o desenvolvimento de um sistema de resfriamento para a CVT aplicado a um veículo Baja SAE, se fez necessário uma análise da correia, proteção e as quais temperaturas elas estão sujeitas. A análise da temperatura da CVT é importante, pois o protótipo apresentou problemas com o aumento da temperatura que provocou desgaste da correia ao longo do tempo e diminuição sua eficiência. Foi proposto um estudo mais detalhado das temperaturas atuantes na proteção durante o seu processo de trabalho, assim como uma análise e identificação de falha de componentes. Esse estudo que realizado promoveu uma chance de aprender sobre o comportamento das correias com a elevação da temperatura. Sucessivamente com os dados obtidos dos experimentos realizou-se uma análise dos dados. Finalmente, com as informações adquiridas nas etapas, foi feita uma discussão e validação dos resultados adquiridos. Onde se percebeu que com apenas a adição da ventoinha na configuração original da proteção piora o resfriamento.

Palavras-chave: Anteparos; Proteção da transmissão; temperatura da CVT; Transmissão CVT.

ABSTRACT

The present work aims at the cooling of the CVT (Continuous Variable Transmission) (CVT), to improve the efficiency of the set. For the development of a cooling system for the CVT applied to a Baja SAE vehicle, a belt analysis, protection and at what temperatures they were subjected were necessary. The analysis of the temperature of the CVT is important, because the prototype presented problems with the temperature increase that caused belt wear over time and its efficiency decrease. It was proposed a more detailed study of the protective temperatures during the work process, as well as an analysis and identification of components failure. This study carried out a chance to learn about the behavior of belts with the elevation of temperature. Successively with the data obtained from the experiments, the data were analyzed. Finally, with the information acquired in the steps, a discussion and validation of the acquired results was made. Where it was realized that with just the addition of the fan in the original configuration of the protection worsens the cooling.

Keywords: Bulkhead; Transmission protection; CVT temperature; CVT transmission.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Os sistemas de um automóvel.	16
Figura 2 - Sistema de transmissão.	18
Figura 3 - Exemplo de ampliação (esquerda) e redução (direita).....	19
Figura 4 - Par de engrenagens.	20
Figura 5 - Par de engrenagens de dentes retos.....	21
Figura 6 - Par de engrenagens helicoidais.....	21
Figura 7 - Engrenagens cônicas.....	22
Figura 8 – Corrente de rolos dupla.	23
Figura 9 - Corrente tipo Galle simples.....	24
Figura 10 - Corrente tipo Zobel.....	25
Figura 11 - Corrente tipo Fleyer	25
Figura 12 - Correntes silenciosas.....	26
Figura 13 - Corrente de rolos.....	26
Figura 14 - Correia plana	28
Figura 15 - Correia em Trapezoidal.....	28
Figura 16 - Correia sincronizadora	29
Figura 17 - Transmissão por CVT	30
Figura 18 - Anteparos do trem de força e proteção de entrada de dedos.....	31
Figura 19 - Influência da temperatura na vida das correias.	32
Figura 20 - Protótipo 2018 (Severo).....	33
Figura 21 - Ventoinha utilizada	34
Figura 22 - Termopar utilizado.....	35
Figura 23 – Desenho 3D da caixa de proteção	36
Figura 24 - Pontos de medição de temperatura na caixa de proteção da CVT.....	37
Figura 25 - Locais de medições na correia.....	38
Figura 26 - Posição da ventoinha no veículo	39
Figura 27 - Região 1 da proteção, primeira volta	41
Figura 28 - Região 3 da proteção, primeira volta	42
Figura 29 - Correia, primeira volta	42
Figura 30 - Região 1 da proteção, segunda volta.....	43
Figura 31 - Região 3 da proteção, segunda volta.....	44
Figura 32 - Correia, segunda volta.....	44

Figura 33 - Regiões, primeira volta	45
Figura 34 - Regiões, segunda volta.....	45
Figura 35 - Influencia dos furos na temperatura de saída	46
Figura 36 - Temperatura da correia variando a configuração dos furos	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros da ventoinha	34
--	----

LISTA DE SIGLAS

CAD – Computer Aided Design

CFD - (*Computational Fluid Dynamics*)

CVT - *Continuously Variable Transmission*

HP – *HORSEPOWER*

SAE - Society of Automotive Engineers

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2. OBJETIVO GERAL	15
1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. PRINCIPAIS SISTEMAS DO AUTOMÓVEL	16
2.2. SISTEMAS DE TRANSMISSÃO	17
2.3. TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSMISSÃO	19
2.3.1. Sistema de Transmissão por Engrenagens	20
2.3.1.1. Engrenagens cilíndricas de dentes retos.....	20
2.3.1.2. Engrenagens Helicoidais	21
2.3.1.3. Engrenagens Cônicas	22
2.3.2. Sistema de Transmissão por Correntes	22
2.3.2.1. Galle	24
2.3.2.2. Zobel ou Lamelar	24
2.3.2.3. Fleyer.....	25
2.3.2.4. Correntes Silenciosas ou Dentes Invertidos	25
2.3.2.5. Corrente de Rolos	26
2.3.3. Sistema de Transmissão por Correias	26
2.3.3.1. Correias Planas	27
2.3.3.2. Correias Trapezoidais ou em “V”	28
2.3.3.3. Correias Sincronizadoras	29
2.4. SISTEMA DE TRANSMISSÃO POR CVT	29
2.5. PROTEÇÃO DE CVT	30
2.6. TEMPERATURA NA CORREIA E PROTEÇÃO DA CVT	31
3. METODOLOGIA.....	33

3.1. MATERIAIS	33
3.1.1. Caraubaja 2018	33
3.1.2. Ventilador Radial (Ventoinha)	34
3.1.3. Termopar	35
3.2. METODOLOGIA.....	35
3.2.1. Medição da temperatura da proteção da CVT	36
3.2.2. Medição da temperatura de saída da proteção da CVT variando a sua geometria	38
3.2.3. Análise dos Resultados	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1. MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DA PROTEÇÃO DA CVT	41
4.2. MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DE SAÍDA DA PROTEÇÃO DA CVT VARIANDO A SUA GEOMETRIA	46
5. CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

O Programa Baja SAE é uma competição entre Instituições de Ensino Superior, onde cada equipe deve projetar e fabricar um veículo *off-road* (fora de estrada) com características de ser seguro, facilmente transportado e de simples manutenção e operação. Este protótipo surge a partir do trabalho em grupo dos estudantes para a execução de todas as atividades que o projeto demanda, visando a utilização, na prática, dos conhecimentos adquiridos em sala de aula. Assim, a competição proporciona aos acadêmicos uma oportunidade de projetar, elaborar, dimensionar, analisar, simular, fabricar, montar e testar um projeto mecânico, além de oferecer a oportunidade de desenvolver a capacidade de trabalho em equipe.

Dentre os mecanismos usados em veículos de locomoção, um deles é o sistema de transmissão. Onde este sistema é responsável por transmitir a rotação do motor para as rodas, fazendo com que o veículo se desloque. Esse movimento pode ser alcançado de diferentes formas no que se refere à transmissão e aos seus variados tipos. Como o Regulamento Administrativo Técnico Baja SAE Brasil (RATBSB) reivindica que todas as equipes devem utilizar o mesmo motor (Briggs & Stratton de 10 HP), as equipes procuram melhorar o desempenho do protótipo no sistema de transmissão com diferentes tipos de transmissão e relações.

O sistema de transmissão do protótipo *off-road* baja é estudado pelos alunos de forma profunda com o intuito de conseguir um ponto de melhor desempenho, fazendo com que o veículo trabalhe em seu funcionamento máximo durante as competições. Devido à limitação imposta pelo RATBSB, as equipes em sua maioria optam por utilizarem dois tipos de transmissão que trabalham juntos. A primeira é uma transmissão continuamente variada (CVT, do inglês *continuously variable transmission*). A segunda é uma relação final fixa, sendo essa atingida pela utilização de correntes de rolos ou por caixas de reduções de engrenagens.

A CVT que será utilizada para o estudo em questão é de polias cônicas e correia de borracha em V. Este sistema consiste em uma polia motora, que é vinculada a uma fonte de potência (motor), e uma polia movida, que é à saída de potência para a redução fixa. Essas duas são conectadas pela correia em V especialmente desenvolvida para a aplicação.

O regulamento não permite que partes girantes do protótipo estejam desprotegidas, por isso se faz necessário uma proteção para a CVT. Porém, tal proteção não permite que o ar circule bem para fora, fazendo com que a correia aqueça e perca eficiência, além de diminuir

sua vida útil. Deste modo, se faz necessário a realização de um estudo para reduzir esse aquecimento.

1.1 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento de novos elementos que compõem o sistema de transmissão, ou aperfeiçoamento deles, faz-se necessário na medida em que surgem desafios. Dessa forma, surge a necessidade de produzir novas peças e projetos que melhorem o desempenho do veículo, trazendo segurança e eficiência ao sistema.

O presente trabalho visa o diminuir a temperatura em operação da proteção do CVT para que a correia tenha uma vida útil maior, e com isso, melhorar a eficiência do conjunto. Para isso, foi proposto um estudo mais detalhado das temperaturas presentes na proteção durante o seu operação, assim como uma análise e identificação de falha de componentes.

Esse estudo possibilitou a análise sobre o comportamento das correias com a elevação da temperatura, além de possibilitar a vivência de todas as fases de um projeto, que consiste desde a análise informacional, escolha dos materiais e suas características, à realização de cálculos, análise em softwares e as demais singularidades desse projeto.

1.2. OBJETIVO GERAL

Analisar um sistema de resfriamento para a proteção da CVT de um protótipo Baja SAE;

1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

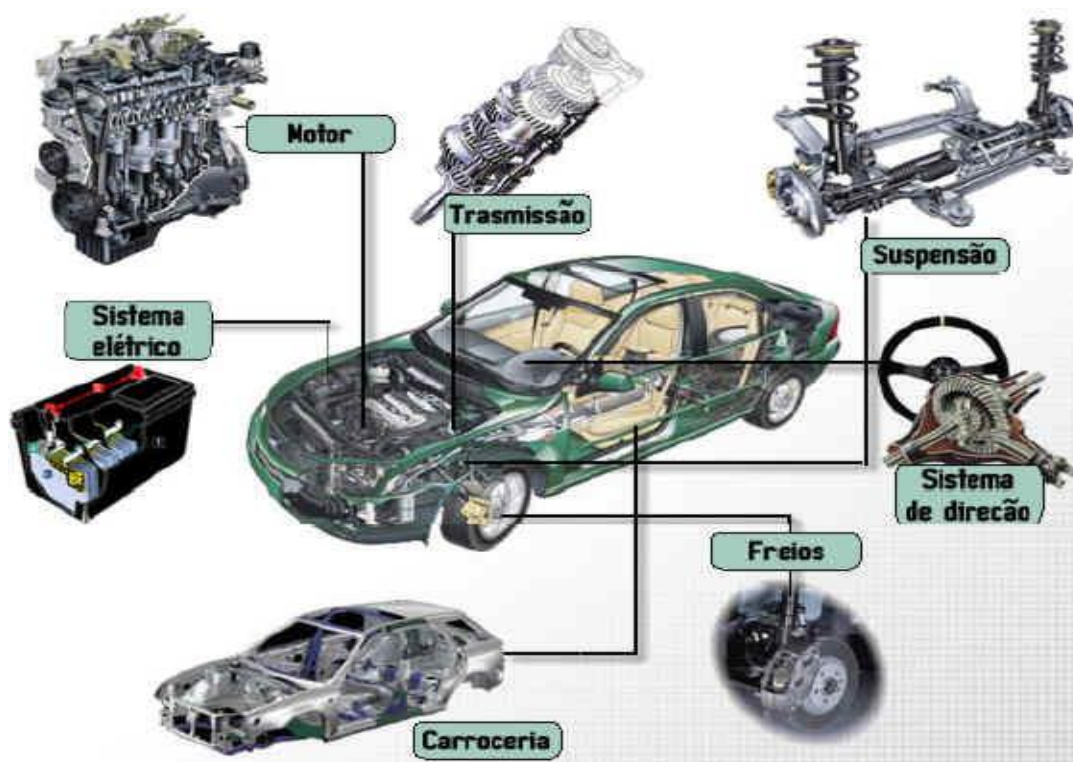
- Realizar estudo sobre correias;
- Analisar a temperatura na proteção da CVT;
- Propor uma nova configuração da proteção que cumpra com as normas da competição Baja SAE;

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. PRINCIPAIS SISTEMAS DO AUTOMÓVEL

Pode-se dividir os carros em sete principais subsistemas, que são compostos por: Motor; Transmissão; Freios; Sistema Elétrico; Direção; Suspensão; e Carroceria. A Figura 1 mostra os sistemas que compõem o carro.

Figura 1 - Os sistemas de um automóvel.



Fonte: fazerfacil.com.br (2007).

O motor de combustão interna é responsável por transformar a energia térmica (queima do combustível) em energia mecânica. A maioria dos motores se baseia no princípio da combustão interna, no qual existe a queima da mistura ar com o combustível no interior dos cilindros, movimentando os pistões, que se deslocam dentro dos cilindros.

À medida que a mistura se inflama, expande-se, empurrando o pistão para baixo. Segundo Heywood (1998) a configuração mecânica mais comum de um motor de combustão interna é o sistema biela-manivela, o qual permite a conversão de um movimento alternativo linear de um êmbolo ou pistão, em movimento rotacional da cambota (virabrequim). Atualmente existem os motores elétricos que convertem energia elétrica em energia mecânica

através dos princípios do eletromagnetismo. Já os carros híbridos funcionam com um motor à combustão e outro elétrico.

Nos freios, a pressão exercida sobre o pedal é convertida hidraulicamente, através de tubulações e cilindros, em uma pressão superior, aplicada sobre tambores ou discos acoplados às rodas, com a finalidade de diminuir sua rotação por meio do atrito. O atrito produz uma força capaz de reduzir a velocidade do automóvel, no qual ele gera energia térmica (calor), que se dissipa no ar, e energia mecânica.

A carroceria (chassi) deve ser resistente, proporcionar espaço para os ocupantes do automóvel, bagagens e também protegê-los em caso de acidentes. Uma carroceria excessivamente rígida absorverá pouca energia resultante do impacto numa colisão, aumentando, assim, a transmissibilidade de energia para os ocupantes do veículo. Por outro lado, uma carroceria demasiadamente fraca pode colidir sobre estes. O Chassi é definido como a estrutura principal de um automóvel, pois é nele que todos os sistemas do veículo são acoplados. Portanto, os chassis devem ser projetados a fim de resistir aos esforços impostos por esses componentes, como por exemplo, pela suspensão (Soares *et al*, 2012).

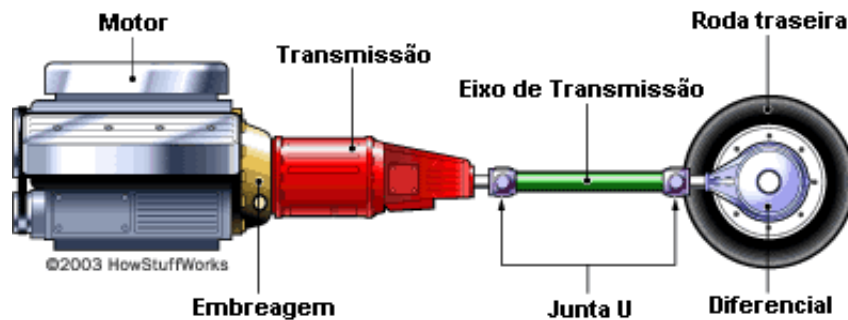
A suspensão é composta por molas e amortecedores, onde as molas têm a função de armazenar energia elástica, que ocorre quando o carro está movimentando-se em pavimento irregular. A função do amortecedor é dissipar energia advinda do movimento da suspensão quando ela oscila. Segundo Iezzo (2010), o papel da suspensão é absorver as vibrações e choques das rodas, proporcionando maior conforto aos passageiros e mantendo o contato entre pneu-solo, visando garantir a estabilidade do veículo mesmo em condições adversas.

A direção tem como principal função, transformar os comandos do motorista feito no volante em necessidade direcional, gerando ângulos nas rodas dianteiras e/ou traseiras. Conforme Gillespie (1992), o sistema de direção dos veículos automotores possui grande importância no comportamento estático e dinâmico.

2.2. SISTEMAS DE TRANSMISSÃO

A função de uma transmissão veicular é adaptar a tração disponível da unidade motora para o veículo, superfície, motorista e ambiente envolvidos. A transmissão ainda tem um papel decisivo na confiabilidade, consumo de combustível, facilidade no uso do veículo e desempenho (LECHNER E NAUNHEIMER, 1999, p.1). Em resumo, a transmissão (Figura 2) tem como função transmitir a potência desenvolvida pelo motor.

Figura 2 - Sistema de transmissão.



Fonte: Portal Lubes (2016).

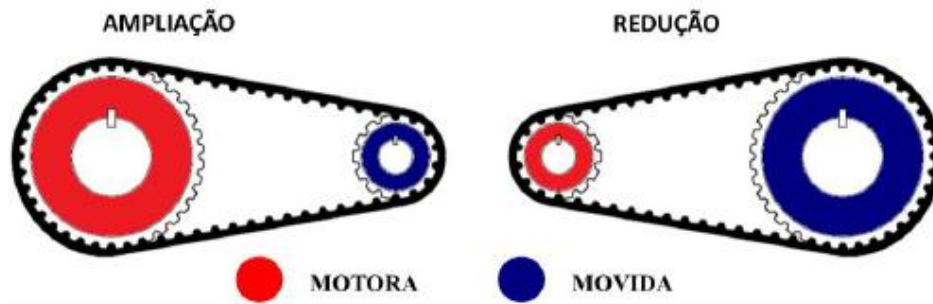
Segundo Reshetov (1979), a tarefa das caixas de câmbio ou de transmissão com engrenagens é a regulação da velocidade por meio de transmissões graduadas. Os principais requisitos para as caixas de câmbio são: garantir a quantidade necessária de rotações no eixo acionado; proporcionar coeficiente de rendimento de modo que tenha torque suficiente nas rodas motrizes; possuir pequenas dimensões; e fácil manejo, montagem, manutenção e regulação.

Deste modo, as características seguintes são desejáveis para um sistema de transmissão:

- Confiabilidade;
- Conforto;
- Baixa frequência de manutenção;
- Componentes que facilitem a produção em massa;
- Massa reduzida;
- Fornecimento do torque exigido para o uso diário do veículo.

O sistema de transmissão pode ser dividido em dois grupos, redutores e ampliadores de velocidade (Figura 3). Os redutores reduzem a velocidade angular produzida pela fonte motriz, produzindo um aumento do torque na saída. Para isto, a engrenagem ou polia motora deve possuir um diâmetro menor que o diâmetro da engrenagem ou polia movida. Os ampliadores funcionam de forma inversa aos redutores.

Figura 3 - Exemplo de ampliação (esquerda) e redução (direita).



Fonte: SERAPHIM (2014).

Para a obtenção de variados tipos de reduções na transmissão, sem ser preciso projetar projetos com dimensões enormes, utiliza-se de vários pares de conjuntos de engrenagens. Uma caixa de transmissão pode transferir a rotação entre os seus eixos de várias formas: corrente de rolos, engrenagens e conjuntos polias/correia.

2.3. TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSMISSÃO

Regularmente, os sistemas de transmissão são separados em dois grandes grupos: Transmissões com elementos rígidos; e transmissões com elementos flexíveis.

Os elementos de transmissão tidos como rígidos são aqueles que não podem ter sua geometria alterada, como engrenagens. Segundo Norton (2013), engrenagens são usadas para transmitir torque e velocidade angular em uma ampla variedade de aplicações. Podendo realizar transmissão de potência entre eixos paralelos, perpendiculares, com ou sem interseção.

Já os elementos de transmissões flexíveis são aqueles que conseguem variar sua forma durante o processo de transmissão de potência. De acordo com Shigley (2008), correias, cordas, correntes e outros similares elásticos ou elementos de máquinas flexíveis são utilizados em sistemas de transporte e na transmissão de potência sobre distâncias relativamente grandes. Usualmente, são utilizados para substituir engrenagens, eixos e mancais, dispositivos rígidos de transmissão. Diante do exposto, o presente trabalho abordará a seguir os sistemas de transmissão por engrenagens, correntes de rolos e correias.

Muito utilizada na transmissão por eixos paralelos, suportam grandes relações de transmissão e as forças atuantes são apenas radiais, o que facilita também o projeto de seus mancais (CHILDS, PETER R.N, 2014, p.109). Segundo Shigley (2008), a engrenagem cilíndrica de dentes retos é a mais simples e, por essa razão, utilizada para desenvolver as relações cinemáticas primárias na forma de dente. A Figura 5 ilustra um par de engrenagens de dentes retos.

Figura 5 - Par de engrenagens de dentes retos.



Fonte: Métodos mecânicos (2015).

2.3.1.2. Engrenagens Helicoidais

Seus dentes são inclinados com relação ao eixo de rotação. Podem ser utilizadas nas mesmas aplicações das engrenagens de dentes retos, porém as helicoidais são menos barulhentas, devido seu engajamento ser mais gradual dos dentes. Para Shigley (2008), o dente inclinado também cria forças axiais e conjugadas de flexão, que não estão presentes no caso de dentes retos. Em alguns casos são utilizadas para transmitir movimento entre eixos não paralelos. Uma ilustração das engrenagens helicoidais é apresentada na Figura 6.

Figura 6 - Par de engrenagens helicoidais.



Fonte: Adaptado de Norton (2013).

2.3.1.3. Engrenagens Cônicas

Seus dentes possuem formato em superfícies cônicas e são utilizados principalmente para transmitir movimento entre eixos que se interceptam.

De acordo com Norton (2013), se os dentes forem cortados paralelos ao eixo do cone, elas serão engrenagens cônicas retas, análogas às engrenagens retas. Se os dentes forem cortados em um ângulo de espiral com relação ao eixo do cone, elas serão engrenagens cônicas espirais, análogas às engrenagens helicoidais.

O contato entre os dentes das engrenagens cônicas retas ou espirais (helicoidais) tem os mesmos atributos que as suas contrapartes cilíndricas, cônicas espirais trabalham mais silenciosa e suavemente que as cônicas retas. A Figura 7, ilustra os dois tipos de engrenagens.

Figura 7 - Engrenagens cônicas



Engrenagens cônicas de (a) dentes retos e (b) dentes espirais. Fonte: Norton (2013).

2.3.2. Sistema de Transmissão por Correntes

Esse sistema é composto por rodas dentadas movidas e motoras e uma corrente de rolos. Seu funcionamento acontece pela transmissão da força de contato entre os rolos da corrente e os dentes das engrenagens.

De acordo com Shigley (2008), características básicas da transmissão por corrente incluem: razão constante, uma vez que nenhum escorregamento nem fluência estão

envolvidos; vida longa; a capacidade de acionar vários eixos a partir de uma única fonte de potência.

Existem sistemas que utilizam correntes de rolos com uma fileira (corrente de rolos simples), e que utilizem com mais de uma fileira, assim pode-se obter maiores capacidades de carga com um mesmo passo de corrente, mantendo o sistema compacto. Na Figura 8 pode ser vista uma corrente de rolos dupla.

Figura 8 – Corrente de rolos dupla.



Fonte: De Marcos (2009).

Para De Marco (2009), as características mais relevantes deste sistema são:

- Adequada para grandes distâncias entre eixos (tornando impraticável a utilização de engrenagens);
- Transmissão de maior potência (quando comparada com correias)
- Permite a variação do comprimento, com a remoção ou adição de elos;
- Menor carga nos mancais, já que não necessita de uma carga inicial;
- Não há perigo de deslizamento;
- Bons rendimentos e eficiência (98 a 99 %, em condições ideais);
- Longa vida útil;
- Permite grandes reduções ($i < 7$);
- São mais tolerantes em relação ao desalinhamento de centros;
- Transmissão sincronizada.

Ainda segundo De Marco (2009), os materiais de fabricação das correntes devem atender aos requerimentos de carga elevada, alta resistência, alta suscetibilidade ao tratamento térmico, alta resistência aos esforços de fadiga, baixa temperatura de transição dúctil-frágil, baixa sensibilidade ao impacto, excelentes possibilidades de usinagem, conformação, corte e solda. Desta forma, usualmente são fabricadas em aços especiais (aço cromo-níquel) passando também por processos de tratamento térmico. A seguir, será mostrado os diferentes tipos de correntes.

2.3.2.1. Galle

Estas são correntes sem roletes (Figura 9), compostas por placas laterais e pinos maciços. Aumentando-se o número de placas laterais pode-se obter maiores capacidades de carga. Segundo De Marco (2009) normalmente são utilizadas para elevar ou abaixar pequenas cargas, tais como: máquinas de elevação até 20 T e com pequena altura, portões e transmissão de pequenas potências em baixas rotações.

Figura 9 - Corrente tipo Galle simples



Fonte: De Marco (2009).

2.3.2.2. Zobel ou Lamelar

Para De Marco (2009), são mais resistentes ao desgaste do que as correntes do tipo Galle, pois possuem maior superfície de contato. Possuem as buchas fixas às placas internas e os pinos fixos às placas externas. Os pinos podem ser vazados, o que resulta em uma corrente com menor peso. A Figura 10 ilustra uma corrente deste tipo.

Figura 10 - Corrente tipo Zobel

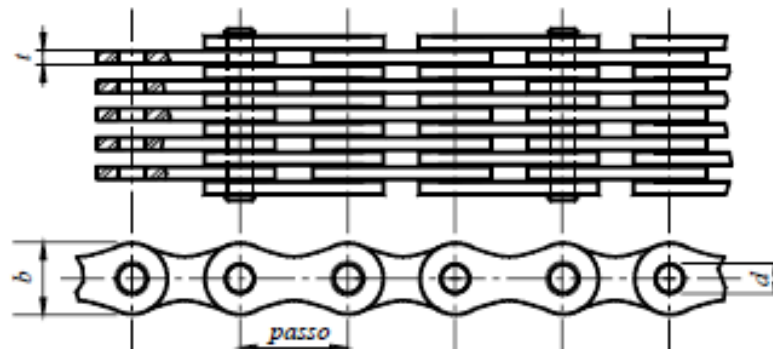


Fonte: De Marco (2009).

2.3.2.3. Fleyer

São semelhantes às correntes Galle e não possuem roletes (Figura 11). São empregadas para elevação de carga, tracionamento, máquinas siderúrgicas de pequeno porte e etc.

Figura 11 - Corrente tipo Fleyer



Fonte: De Marco (2009).

2.3.2.4. Correntes Silenciosas ou Dentes Invertidos

São as correntes que são fabricadas com dentes com as placas laterais em forma de dentes invertidos para se acoplarem aos dentes das engrenagens. Com esta geometria o engrenamento é feito de forma gradual, com melhor distribuição da carga ao longo do “dente”, diminuindo, assim, o impacto, o desgaste, o efeito cordal e o ruído em altas velocidades (7 a 16 m/s). A Figura 12 ilustra esse tipo de corrente.

Figura 12 - Correntes silenciosas



Fonte: De Marco (2009).

2.3.2.5. Corrente de Rolos

Este tipo de corrente (Figura 13) é a mais popular, as correntes de rolos são as mais utilizadas, tanto para transmissão de potência como para esteira transportadora. São fabricadas com diversos elos sendo cada um deles composto de placas, roletes, grampos ou anéis e pinos.

Figura 13 - Corrente de rolos



Fonte: De Marco (2009).

2.3.3. Sistema de Transmissão por Correias

Correias e polias são os elementos de transmissão de movimentos mais antigos. A correia é um elemento de transmissão flexível usado para transmitir potência entre dois eixos paralelos distantes. As principais vantagens deste sistema estão relacionadas à simplicidade de construção, baixos níveis de ruído e capacidade de absorção de impactos elasticamente (NIEMANN, 1971).

Para Shigley (2008), uma vez que esses elementos são elásticos e usualmente bastante compridos, desempenham um papel bastante importante em absorver cargas de choque e em amortecer e isolar os efeitos de vibrações. Segundo De Marco (2009), O grande sucesso na utilização das correias é devido, principalmente, às seguintes razões: a boa economia proporcionada por esta transmissão, sua grande versatilidade e a segurança.

As principais características é ser uma transmissão essencialmente por atrito, onde este é resultante de uma compressão inicial entre a correia e a polia através de uma carga inicial quando estacionária, e ser adequada para grandes distâncias entre eixos.

Antigamente as correias eram fabricadas em couro. Hoje em dia este material não é quase utilizado, sendo apenas para correias planas. A composição das correias modernas é de material compósito. É uma mistura de polímeros (borracha) com fibras vegetais (algodão ou cânhamo) ou materiais metálicos (arames ou cabos de aço). Pode-se dividir as correias em três tipos, apresentados a seguir.

2.3.3.1. Correias Planas

É o tipo mais simples de correias existente e possuem como vantagem a possibilidade de se utilizar o escorregamento da correia como um sistema semelhante ao de uma embreagem, onde a polia motora rotaciona, mas a correia não transmite o torque à polia movida (SHIGLEY, 1984). São aplicadas principalmente quando se possui grandes distâncias entre centros. Entretanto, possuem como desvantagem a variação na relação de transmissão devido ao escorregamento, e à resistência inferior a de outros tipos para uma mesma espessura, além do limite de relação de transmissão de 1:5 (NIEMANN, 1971). A Figura 14 mostra uma correia plana. Para Shigley (2008), as correias planas são silenciosas, eficientes em altas velocidades e podem transmitir grandes quantidades de potência entre centros e grandes distâncias.

Figura 14 - Correia plana

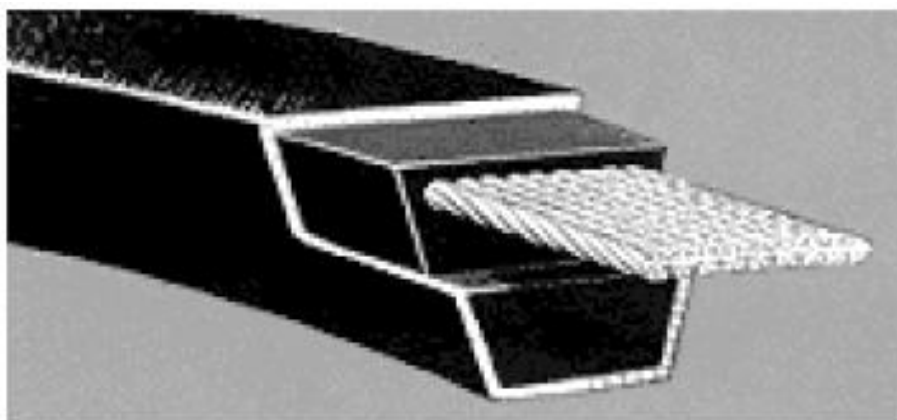


Fonte: Soluções industriais (2019)

2.3.3.2. Correias Trapezoidais ou em “V”

Segundo Shigley (2008), são ligeiramente menos eficientes que correias planas, porém um número maior delas pode ser utilizado em uma única roldana, perfazendo assim um acionamento múltiplo. Sua principal vantagem está relacionada à possibilidade de se utilizar este tipo de sistema de transmissão em distâncias entre centros menores e pela diminuição do escorregamento em relação à polia, pois o movimento do sistema de transmissão força a introdução da correia na ranhura existente na polia, aumentando a força de atrito entre a correia e a polia em comparação às correias planas (SHIGLEY, 1984). A Figura 15 mostra uma correia trapezoidal, também conhecida como correia em V.

Figura 15 - Correia em Trapezoidal



Fonte: De Marco (2009)

2.3.3.3. Correias Sincronizadoras

Estas correias se distinguem dos outros tipos pelo fato de possuírem dentes que, em contato com canais existentes nas polias, permitem a movimentação do sistema, como percebe-se na Figura 16. Para Shigley (2009), a correia sincronizadora não alonga ou escorrega e, conseqüentemente, transmite potência a uma razão de velocidade angular constante. Por possuir dentes, proporciona diversas vantagens sobre correias ordinárias, como a não necessidade de tração inicial ou pré-tração. Desta forma, as transmissões de centros fixos podem ser usadas.

Figura 16 - Correia sincronizadora



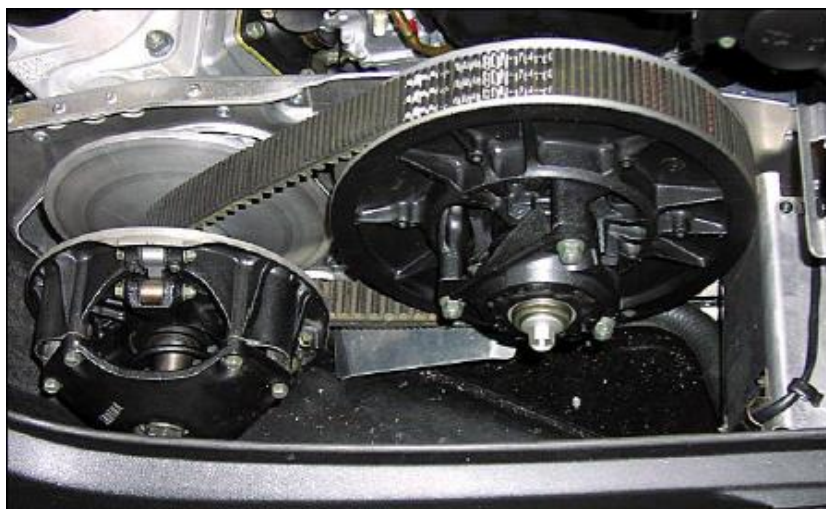
Fonte: ATI (2012).

2.4. SISTEMA DE TRANSMISSÃO POR CVT

Continuously Variable Transmission (CVT), ou Transmissão Continuamente Variável, para Albuquerque (2002), é um dispositivo de transmissão de potência no qual a relação de velocidades pode ser mudada de maneira contínua.

A CVT transmite potência sem as discontinuidades que são comuns nas transmissões escalonadas, de forma a evitar mudanças bruscas no torque e na velocidade de saída. A transmissão ocorre através do deslocamento axial dos discos cônicos, onde os diâmetros das polias motora e movida são acionadas e variam opostamente, de tal modo que se conserva a tensão sem a variação da distância entre os eixos (Figura 17).

Figura 17 - Transmissão por CVT



Fonte: De Marco (2009)

As CVTs destacam-se atualmente na área automobilística por reduzir o consumo de combustível, diminuir a emissão de poluentes no ar e por melhorar a dirigibilidade e o conforto do veículo. Uma característica que se destaca é sua eficiência, que desperta um crescente interesse para estudos de seu comportamento dinâmico, além do desenvolvimento de novos projetos objetivando a otimização dos recursos disponíveis (TARDIN;MATTEDI, 2008).

Com movimentos contínuos e opostos (uma abrindo e a outra fechando), as polias alteram sensivelmente a relação de transmissão, como se houvessem infinitas marchas dentro do intervalo onde a relação de transmissão varia do valor mínimo ao valor máximo oferecida pela CVT.

2.5. PROTEÇÃO DE CVT

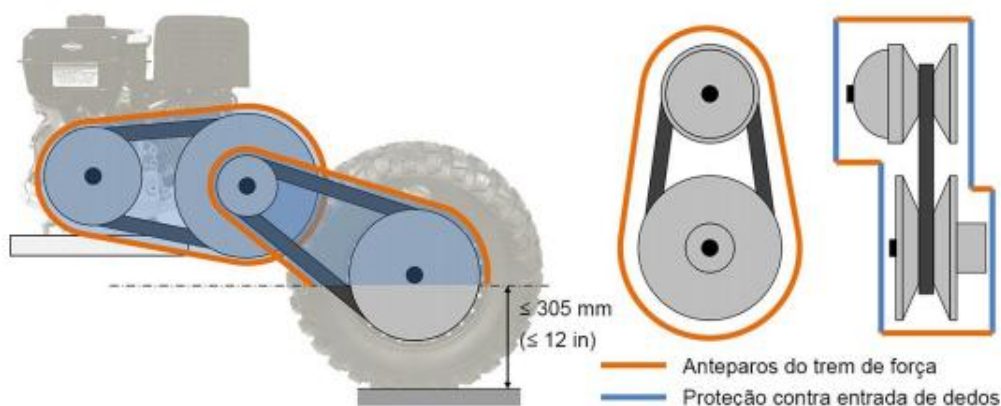
Segundo o RATBSB (2018), todas as peças rotacionadas pelo motor, como correntes, polias e correias, que girem na velocidade do eixo das rodas ou mais rápido, devem ser protegidas. O regulamento não permite que partes girantes do protótipo estejam desprotegidas, para evitar acidentes, por isso se faz necessário uma proteção para a CVT. Diante disso, a proteção da CVT de um veículo Baja SAE é importante porque o mesmo também é normatizado, necessitando estar adequado aos requisitos exigidos pelas regras da competição da Baja SAE Brasil.

De acordo com o RATBSB (2018), as proteções devem se estender ao redor da periferia das peças em rotação e devem ser mais largas do que a peça sendo protegida. Esse requisito inclui toda a periferia das polias de CVT, não apenas a largura da correia. Além disso,

anteparos em todo o redor de qualquer peça rotativa devem impedir a entrada de objetos com 6 mm de diâmetro ou maiores (como dedos pequenos), impedindo seu contato com a peça. A Figura 18 mostra um exemplo dessa proteção.

Os materiais das proteções também são restritos, sendo aceitos: Aço com ao menos 1,5 mm (0,06 in) de espessura e resistência ao impacto igual ou superior ao aço SAE 1010, alumínio com ao menos 3,0 mm (0,12 in) de espessura e resistência ao impacto igual ou superior ao alumínio SAE 6061-T6. Uma alternativa, é que as proteções podem ser feitas de um material com absorção de energia na ruptura equivalente. Ensaio aceitos para prova de equivalência são ensaios de resistência ao impacto, como Charpy e Izod.

Figura 18 - Anteparos do trem de força e proteção de entrada de dedos.



Fonte: RATBSB (2019).

2.6. TEMPERATURA NA CORREIA E PROTEÇÃO DA CVT

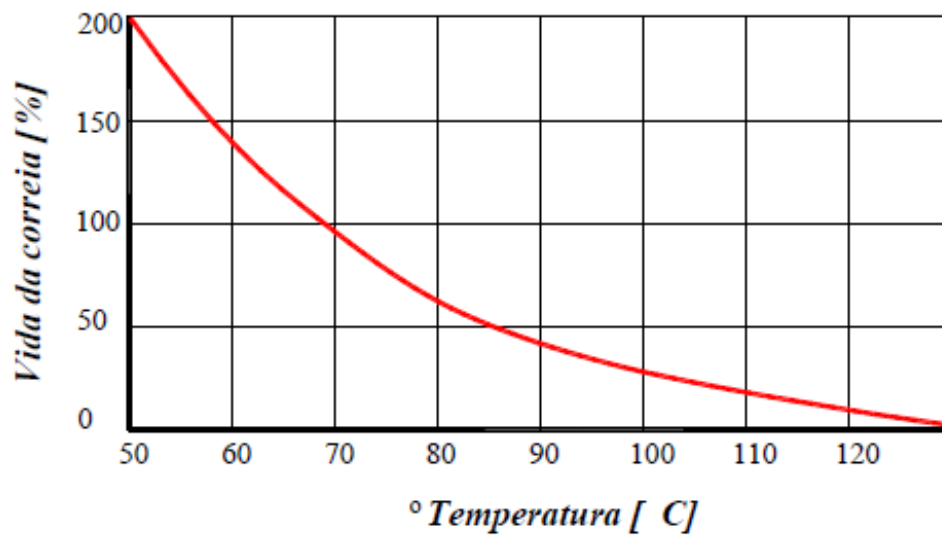
Temperaturas acima dos limites funcionais das correias influenciam diretamente no desempenho do sistema, assim como na vida útil da correia. Segundo Gonçalves (2010), a exposição das correias às altas temperaturas apresenta influência significativa sobre sua vida útil, devido à cura progressiva do elastômero, diminuindo sua elasticidade e tornando-os frágeis.

O aumento de temperatura da correia pode ser gerado por duas fontes: externas e internas. As fontes externas podem ser devido a proximidade de superfícies com alta temperatura ou devido ao fluxo de ar quente. Nas fontes internas, quatro fatores influenciam de forma significativa, que são:

- Atrito devido à dobra do material que passa através das polias;
- Tensão insuficiente no sistema gerando escorregamento da correia;
- Força transmitida elevada;
- Tipo e construção da correia.

Para De Marco (2009), a influência da temperatura na vida de correias é influenciada a partir de 70° C conforme mostra a Figura 19. Uma temperatura de trabalho de 80° C reduz a vida da correia em cerca de 50 %. Calculado usando 70°C como temperatura ideal.

Figura 19 - Influência da temperatura na vida das correias.



Fonte: De Marco (2009).

De acordo com Bresolin (2012), nota-se uma tendência ao escorregamento da correia com o aumento da temperatura, apesar de só começar a ser significativa para temperaturas próximas aos 50 °C.

3. METODOLOGIA

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos utilizados para a realização deste trabalho. Que foi realizado no laboratório de Mecânica da Universidade Federal Rural do Semi Árido - UFERSA, campus Caraúbas e tendo como suporte o projeto CARAUBAJA, que também pertence Universidade Federal Rural do Semi Árido - UFERSA, campus Caraúbas.

3.1. MATERIAIS

A seguir são apresentados os principais materiais utilizados no trabalho.

3.1.1. Caraubaja 2018, protótipo SEVERO

O modelo experimental de referência para o presente trabalho é o veículo *off-road* de competição Baja, projetado pelos estudantes do curso de engenharia mecânica e afins da Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA). A principal função do projeto e dos alunos é participar das competições realizadas pela a SAE Brasil, no qual o protótipo é submetido a uma série de rigorosos testes tanto estáticos como dinâmicos.

Segundo Diniz (2014), o Baja é um veículo constituído, principalmente, por estrutura tubular, denominada de gaiola ou chassi, suspensão dianteira e traseira, transmissão, freios, direção e sistemas elétricos (Figura 20).

Figura 20 - Protótipo 2018 (Severo)



Fonte: Autor.

O Caraubaja é movido por um motor estacionário de 7456 W (10 HP) a gasolina e a transmissão de movimento é feita automaticamente, através de uma CVT (CVT *Comet 780*) com correia em “V” e transmissão fixa de correntes de rolos. A proteção da CVT é fabricada de fibra de vidro com cinta de aço.

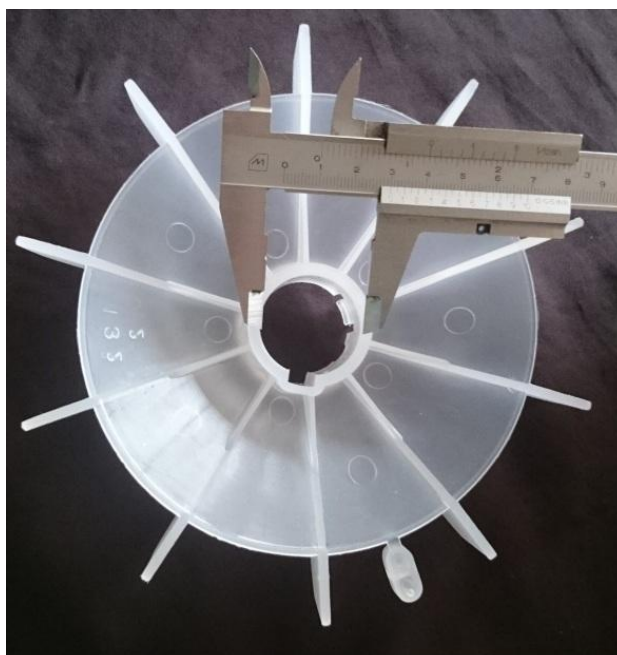
3.1.2. Ventilador Radial (Ventoinha)

Como proposta do trabalho para resfriar a proteção e correia da CVT, utilizou-se do dispositivo conhecido como “ventoinha” que é uma espécie de pequeno ventilador que refrigera ou ajuda a refrigerar um motor. O modelo utilizado foi a ventoinha do Motor Weg Blindado Trifasico 7,5cv Alta Rotação. Este modelo foi o escolhido, pois suas características foram as que se adequaram melhor ao projeto (Diâmetro externo e diâmetro interno). Os parâmetros relevantes do dispositivo são mostrados na Tabela 1. Na figura 21, temos uma imagem da ventoinha utilizada.

Tabela 1 - Parâmetros da ventoinha	
Parâmetros	Valores
Diâmetro externo	140 mm
Diâmetro interno	28 mm
Espessura	33 mm
Número de palhetas	10

Fonte: Autoria própria.

Figura 21 - Ventoinha utilizada



Fonte: produto.mercadolivre.com.br (acesso em: 14/03/19)

3.1.3. Termopar

Os valores das temperaturas foram obtidos através de um sensor termopar do tipo K, que estava conectado a um multímetro digital (termômetro termopar) para leitura das temperaturas em tempo real.

O termopar é um dispositivo constituído por dois fios de metais diferentes, soldados nas extremidades que, quando submetidos a temperaturas diferentes, estabelecem uma força eletromotriz, a partir dessa força produzida é possível determinar a temperatura. Optou-se pelo uso de termopar por sua versatilidade e disponibilidade. A Figura 22 mostra o dispositivo utilizado para as medições de temperatura.

Figura 22 – Termopar e termômetro utilizado



Fonte: Autoria própria

3.2. MÉTODO

Para a aquisição dos dados da análise de forma a analisar a temperatura da CVT foram realizados os seguintes procedimentos. Medição da temperatura do ar nos furos da proteção CVT na parte onde fica localizada a polia motora, na parte onde fica localizada a polia movida e a temperatura da correia da CVT. Também foi analisada a temperatura de saída do ar da proteção variando a geometria da proteção da CVT.

Todas as medições foram realizadas com o veículo na mesma configuração, variando apenas os componentes importantes para análise (configurações dos furos da proteção, sem ventoinha, com ventoinha). Os procedimentos utilizados para análise serão descritos nos itens que seguem.

3.2.1. Medição da temperatura da proteção da CVT

Para a realização da análise, o protótipo Baja foi posto a se locomover por um circuito pré-definido semelhante à competição (pista de testes da equipe) durante 10 minutos, para aquecer os componentes. Inicialmente realizou-se a medição da temperatura sem nenhuma alteração na geometria da proteção ou CVT. O segundo teste foi realizado adicionando uma ventoinha no eixo da polia motora a fim de direcionar o ar quente para fora da proteção.

As medições foram feitas em locais pré-definidos na proteção da CVT, como mostram as Figuras 23 e 24. Os locais de medição foram divididos em dez pontos ao longo dos diâmetros das polias na proteção, sendo cinco pontos na parte da frente da proteção onde se localiza a polia motora, Figura 24 (região 1), e cinco pontos na parte de trás onde se localiza a polia movida, Figura 24 (região 3). A região 2 é a parte do centro onde há a redução da largura da caixa como pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 – Desenho 3D da caixa de proteção



Fonte: Autor.

Figura 24 - Pontos de medição de temperatura na caixa de proteção da CVT

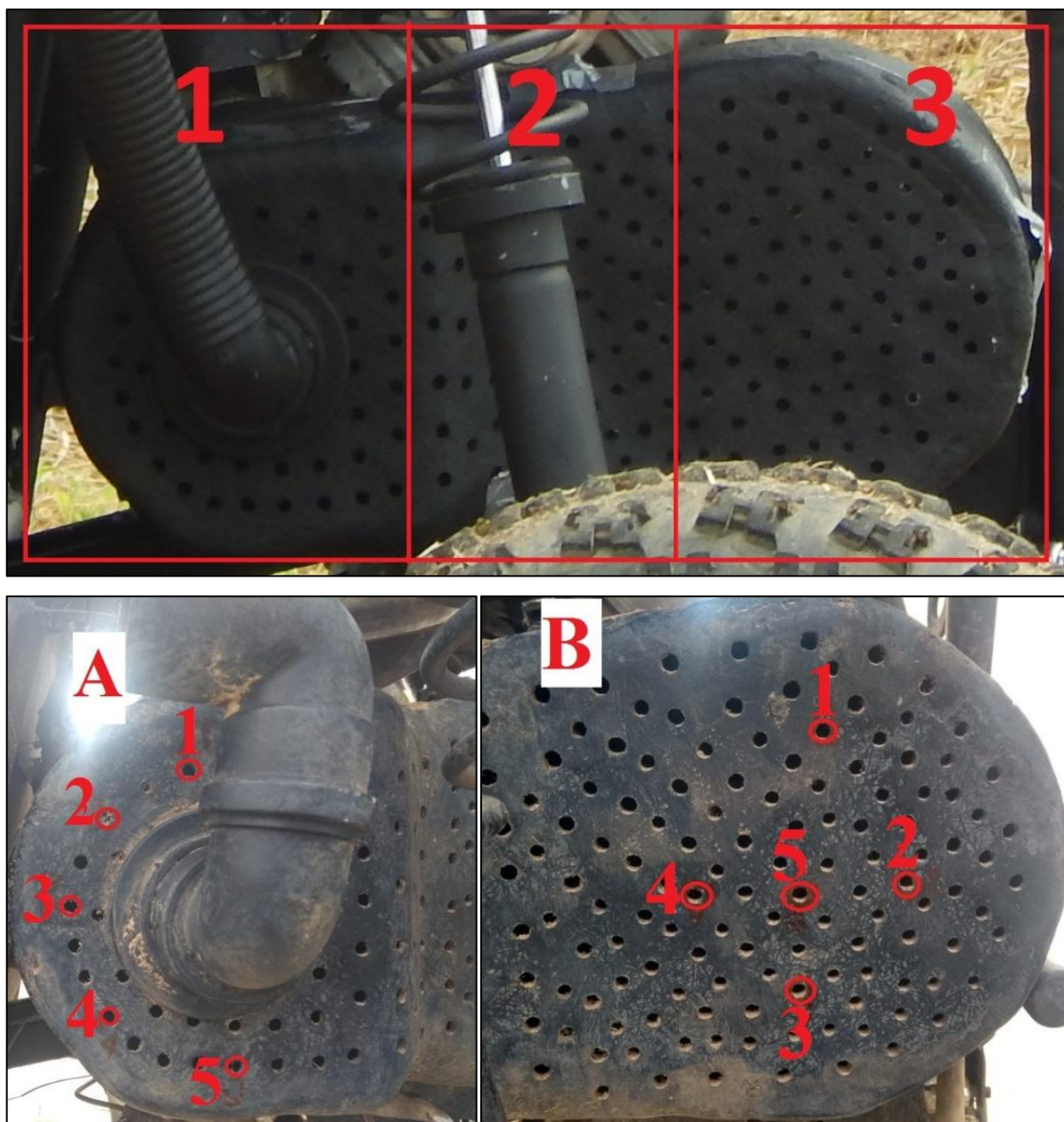


Imagem acima mostra as 3 regiões delimitadas na caixa de proteção. Nas imagens abaixo (A E B) pode se ver os locais para medição da temperatura, sendo “A” referente a Região 1 e “B” referente a Região 3. Fonte: Autor.

Para medição da temperatura na correia, verificou-se a temperatura em 5 pontos ao longo do seu perímetro da parte superior (parte que fica tensionada), variando as distâncias entre os pontos em 50 mm, como mostra a Figura 25.

Figura 25 - Locais de medições na correia



Fonte: Autoria própria.

3.2.2. Medição da temperatura de saída da proteção da CVT variando a sua geometria

Após a realização dos testes anteriores, alterou-se a geometria da tampa da proteção da CVT e foi realizada outra análise.

Nessa nova análise, utilizando a configuração normal (sem ventoinha) e com a ventoinha, mediu-se a temperatura na saída da proteção da CVT e na correia. Foram feitas 3 análises: com a ventoinha (Figura 26) e com os furos na parte da curva da tampa da CVT fechados (região 2); com ventoinha e com todos os furos da parte da frente fechados (região 1 e 2); e sem ventoinha com todos os furos da parte da frente fechados.

Nesse teste, o veículo foi acionado erguido (rodas sem contato com o chão) e acelerado ao máximo, foi realizado dentro do laboratório com a temperatura controlada. A temperatura foi medida durante 5 minutos para cada configuração, registrando as temperaturas no intervalo de 30 segundos. E após os 5 minutos, era medida a temperatura da correia da mesma forma que o teste anterior.

Figura 26 - Posição da ventoinha no veículo



Fonte: Autoria própria.

3.2.3. Análise dos Resultados

O presente trabalho submete a uma análise do comportamento do componente de transmissão CVT, em função da temperatura do ar interno da proteção da CVT. Deste modo, foram realizados ensaios e medições com o propósito de se obter um número de informações possível para desempenhar a análise. Assim, com os dados obtidos, foi produzida uma análise das configurações apresentadas anteriormente a fim de determinar a melhor forma para o resfriamento do conjunto.

Com os dados obtidos, foram produzidos gráficos para analisar inicialmente os três tipos de configurações: sem ventoinha, com ventoinha, com ventoinha em um dia ensolarado. Este ultimo foi realizado com intuito de avaliar a influencia da temperatura em um dia bastante quente. Foram plotados 3 gráficos para cada passagem, de cada configuração. Estes contendo os valores dos pontos de medições da região 1, região 3 e correia. Posteriormente geraram-se os gráficos das temperaturas médias em cada região, de modo a observar a temperatura por região.

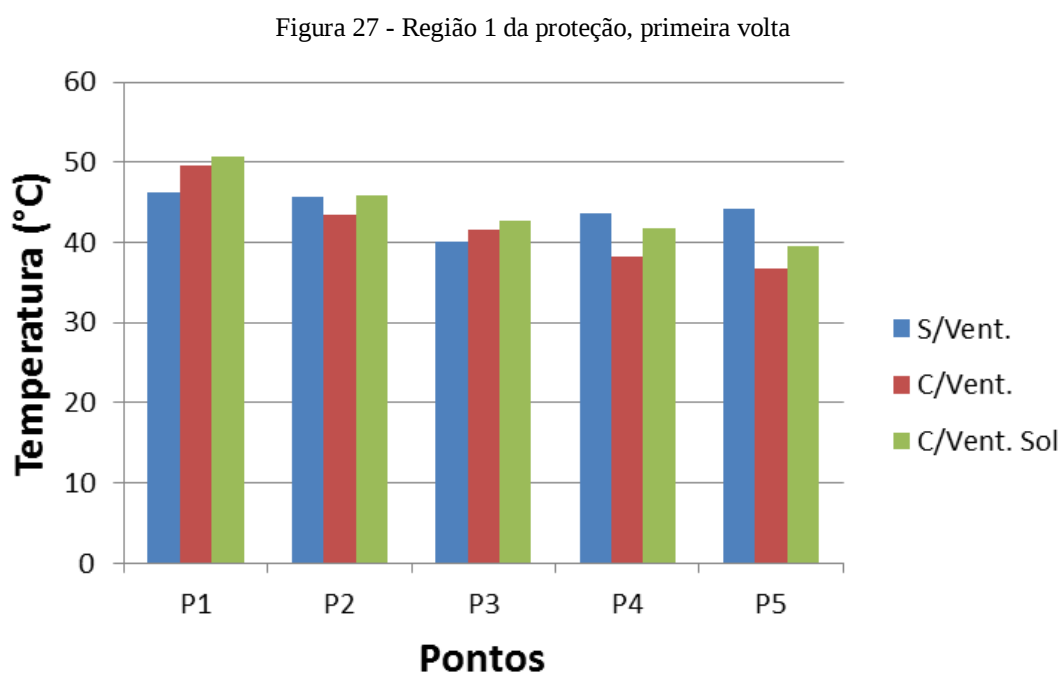
Para a segunda análise, foi produzido um gráfico da temperatura em função do tempo para 3 configurações. A primeira com ventoinha e os furos da região 2 obstruídos. A segunda com ventoinha e os furos das regiões 1 e 2 obstruídos. E a terceira sem ventoinha e com os furos das regiões 1 e 2 obstruídos. Para observar o comportamento da temperatura na saída da proteção (região 3) em um intervalo de 5 minutos, os dados foram coletados a cada meio minuto (30 s). Os furos foram obstruídos com fita isolante (*Silver Tape*). Este teste foi realizado com o intuito de entender a influência dos furos na transferência de calor entre o ar e correia. Logo após, foi observada a temperatura da correia em 5 pontos, de modo examinar a influencia das configurações na temperatura da correia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados das aplicações das metodologias apresentadas anteriormente, seguindo suas fases, apresentando os dados e o desenvolvimento do trabalho.

4.1. MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DA PROTEÇÃO DA CVT

Os resultados obtidos após a primeira volta são apresentados na Figura 27. Os dados são referentes a região 1 da proteção. Na legenda, em azul estão os valores para a medição sem ventoinha, em vermelho para a medição com ventoinha e em verde para a medição com ventoinha em um dia ensolarado. No eixo horizontal os pontos onde foram realizadas as medições e no eixo vertical os valores das temperaturas em graus Celsius (°C).

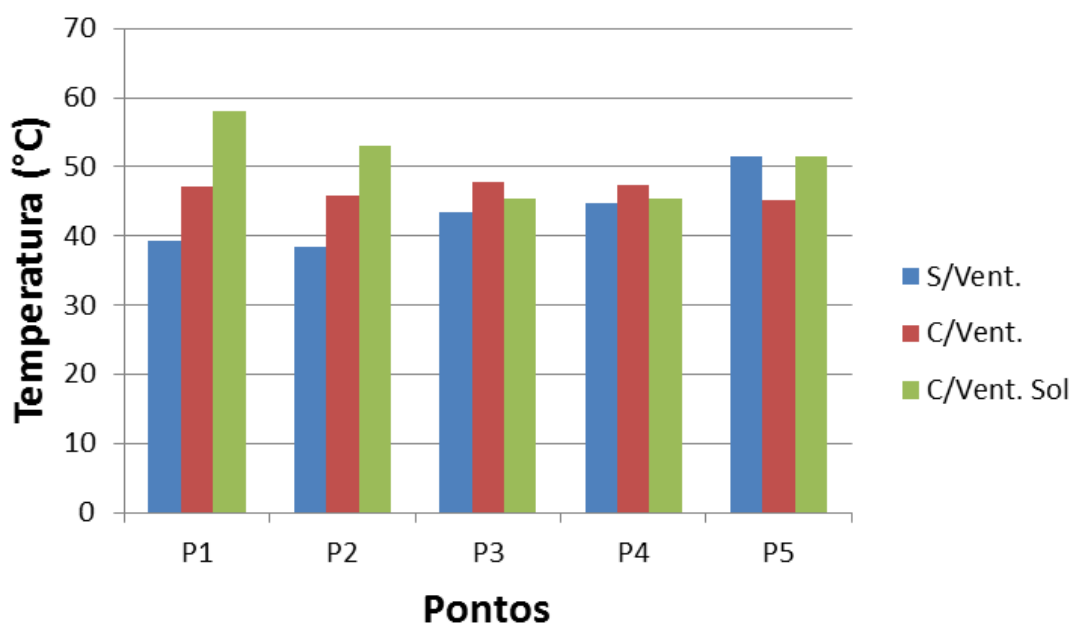


Fonte: Autoria própria.

A partir das informações do gráfico, pode-se perceber que, entre as 3 situações analisadas, as temperaturas se mantiveram próximas. A maior diferença foi no ponto 5 (P5), onde houve uma diferença de aproximadamente 7 °C entre a coleta sem ventoinha e a com ventoinha.

Os dados obtidos para região 3 primeira volta são apresentados na Figura 28. Neste, podemos notar a grande diferença do P1, aonde a temperatura em um dia ensolarado chegou a 58 °C. E as temperaturas com ventoinha apresentaram valores maiores que sem a ventoinha.

Figura 28 - Região 3 da proteção, primeira volta

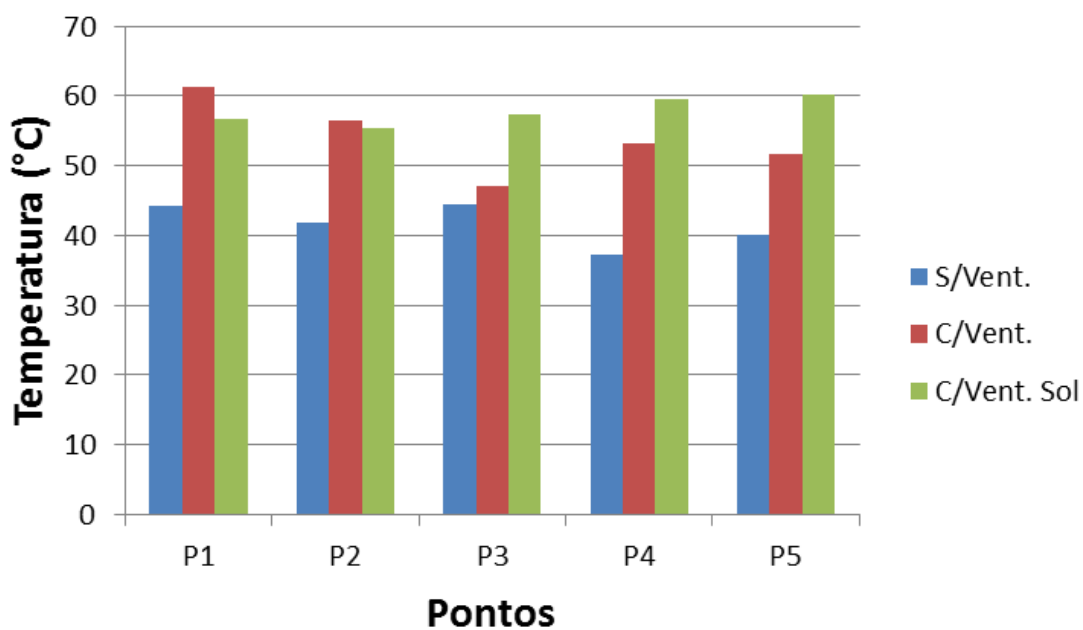


Fonte: Autoria própria

De fato, era esperado valores mais altos com ventoinha e na região 3 (saída da proteção do CVT), devido a ventoinha impulsionar o ar quente para fora da proteção.

Na Figura 29, os dados referentes à temperatura da correia são apresentados.

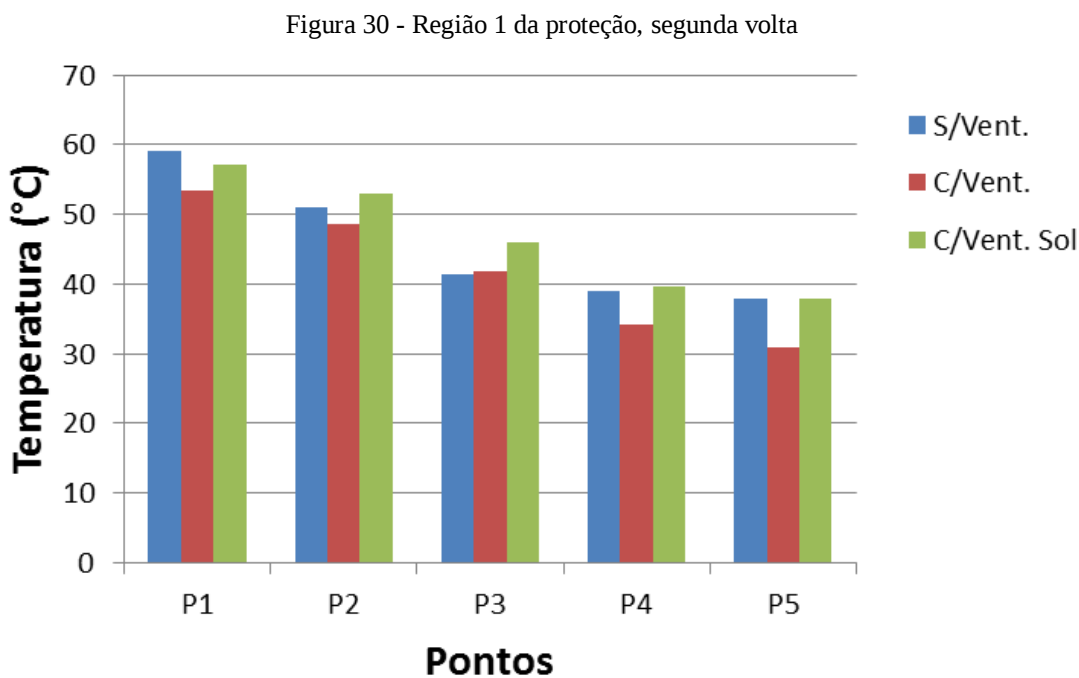
Figura 29 - Correia, primeira volta



Fonte: Autoria própria.

Nesta parte, podem-se notar que as temperaturas da correia com ventoinha foram superiores em todos os pontos. Este efeito pode ter ocorrido devido a correia não resfriar totalmente de um teste para o outro. E também pode não ter ocorrido a transferência de calor como era esperado entre a correia e o ar produzido pela ventoinha.

A seguir na Figura 30, são apresentados os dados da região 1 para a segunda volta.

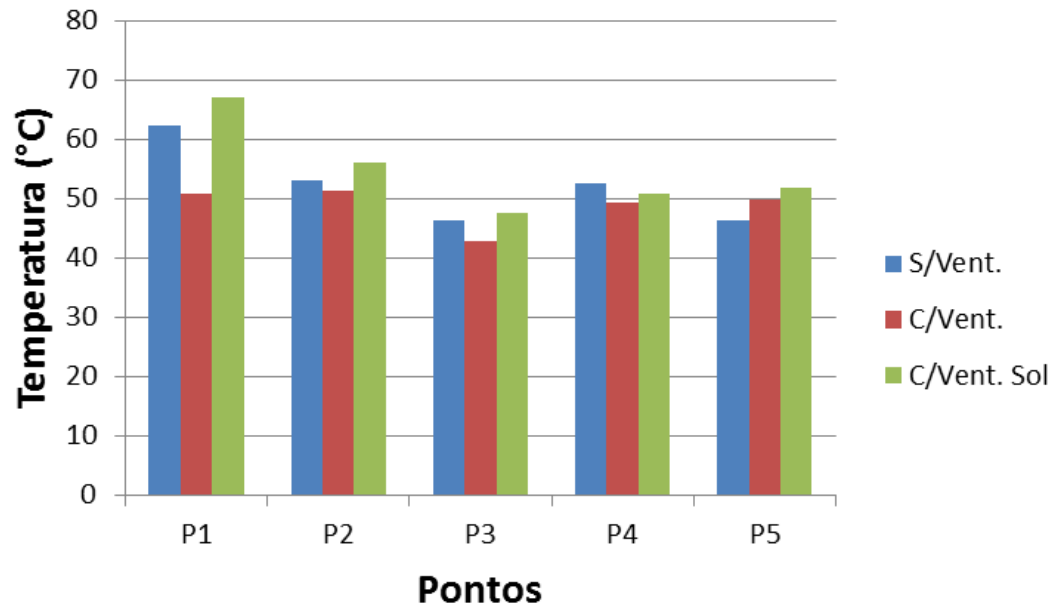


Fonte: Autor.

Pode-se notar que as temperaturas da configuração com ventoinha são menores que sem. Após 10 minutos da coleta de dados anterior. Ela conseguiu expulsar parte do ar quente desta região. É possível notar também, que a temperatura em P1 é sempre mais elevada que nos outros pontos. Isto ocorre devido este ponto estar na parte superior da proteção. Como o ar quente é menos denso, ele tende a subir. Outro fator que influencia, é que a parte superior é onde a correia está tensionada. O que também influencia na temperatura do P5, que é na parte inferior e possui temperaturas mais baixas.

Na Figura 31 são apresentados os dados referentes a segunda volta na região 3. Esse ponto apresentou certa semelhança com os dados anteriores da região 1 na segunda volta. Temperaturas menores para a configuração com a ventoinha. Apenas o P5 que apresentou uma temperatura superior quando comparada com a sem ventoinha.

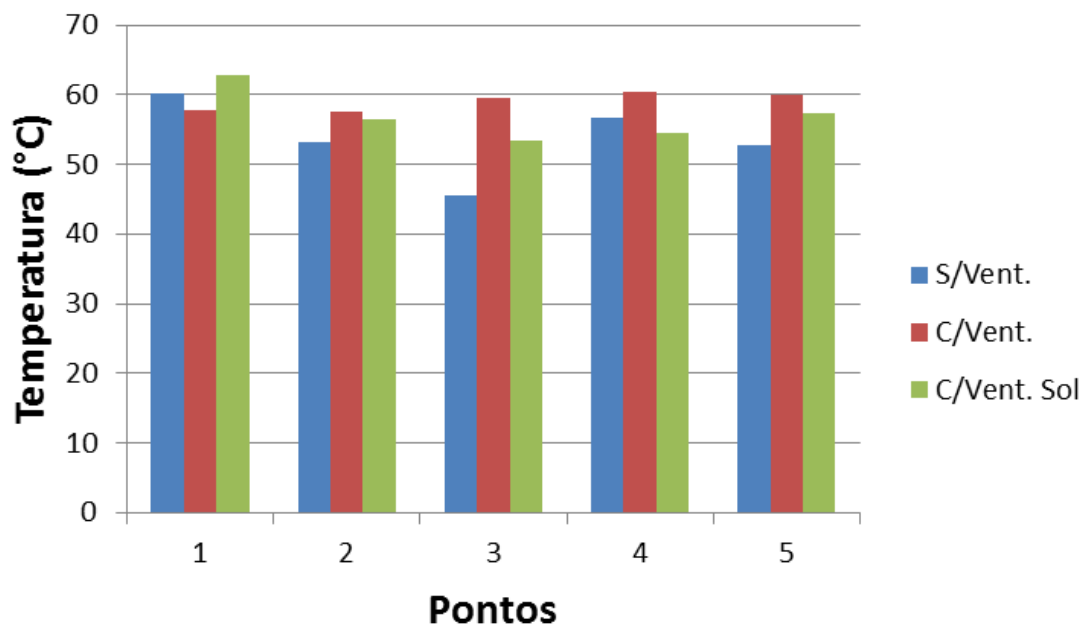
Figura 31 - Região 3 da proteção, segunda volta



Fonte: Autor.

Em seguida apresenta-se na Figura 32, as temperaturas da correia na segunda volta.

Figura 32 - Correia, segunda volta

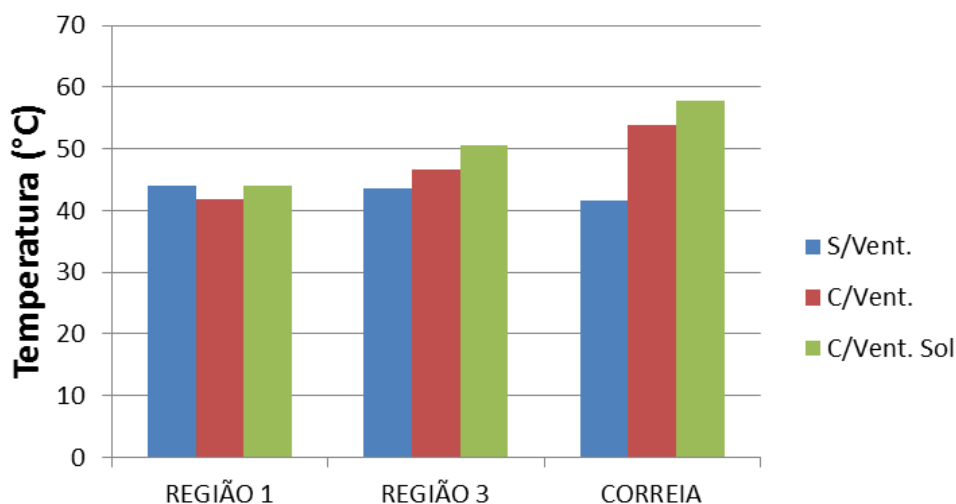


Fonte: Autoria própria.

É facilmente observado que os valores para a configuração com ventoinha são superiores a configuração sem ventoinha, apresentando temperaturas entre 57,8 °C e 60°C.

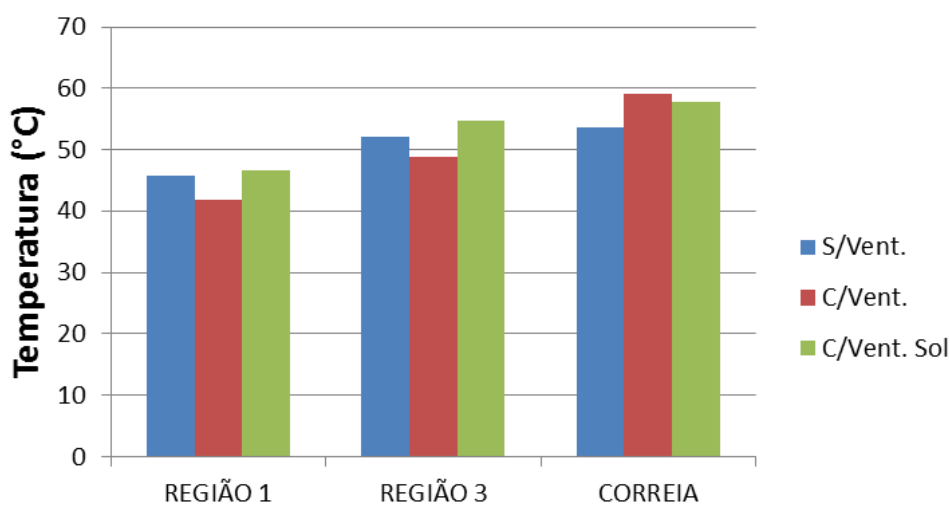
Para uma melhor comparação dos resultados, foram elaborados dois gráficos com a temperatura média em cada região para cada volta, com o intuito de analisar as regiões. (Figura 33 e 34).

Figura 33 - Regiões, primeira volta



Fonte: Autoria própria.

Figura 34 - Regiões, segunda volta



Fonte: Autoria própria.

Pode-se notar que as temperaturas na região 3, sempre são superiores à região 1, isto se deve ao fato do ar fluir da região 1 para 3 e também que na região 3 está localizada a polia movida que trabalha bastante tencionada. Na segunda volta foi possível perceber que as temperaturas da configuração com ventoinha foram menores que sem ventoinha. Porém, tal configuração apresentou os maiores valores para temperatura da correia nas duas voltas.

É possível que com a colocação da ventoinha a troca de calor do ar com a correia não tenha sido efetiva, de modo que a ventoinha expulsava o ar antes que ele entrasse em contato

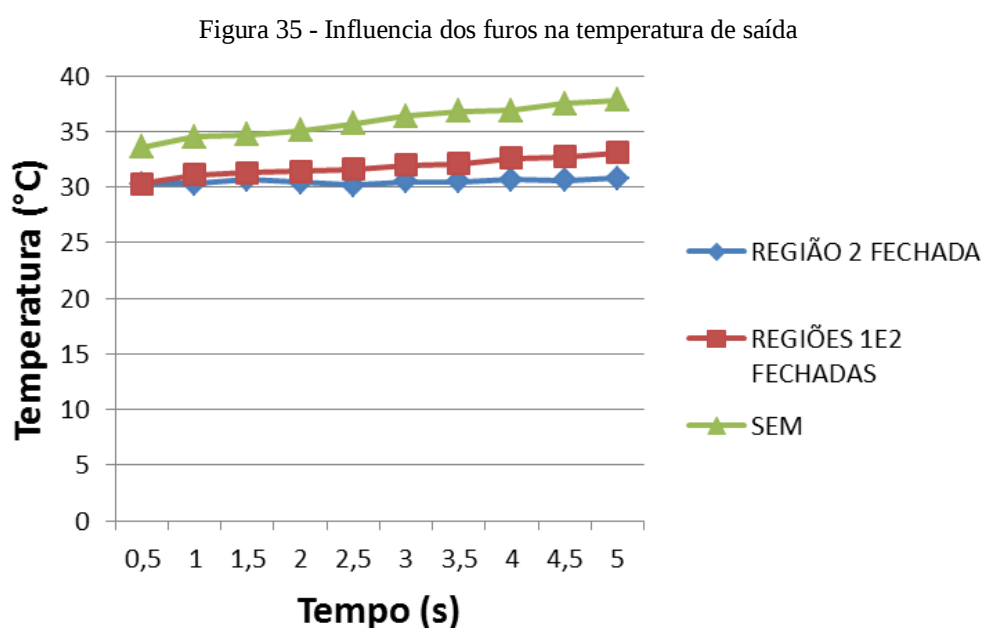
com a correia. As configurações dos furos também podem ter atrapalhado. Uma vez que toda a proteção é furada, o ar entre e sai de maneira aleatória. Assim, o fluxo de ar para ocorrer a transferência de calor não é bem definido. Outra possível influência é o ar quente estar retornando pelos furos, não permitindo a entrada de ar frio.

No dia ensolarado, onde a temperatura ambiente estava em aproximadamente 34°C, pode-se notar a grande influência que casou na análise, apresentado valores maiores que do outro dia onde a temperatura ambiente era de 28°C.

Algumas dificuldades foram encontradas durante a realização dos testes. Devido as condições climáticas, não foi possível realizar testes com as temperaturas ambientes semelhantes. Outro fator foi a competição Baja SAE Brasil. Como a equipe estava se preparando para viajar não foi possível realizar mais testes. A falta de equipamentos mais sofisticados também influenciou na análise.

4.2. MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DE SAÍDA DA PROTEÇÃO DA CVT VARIANDO A SUA GEOMETRIA

Com a finalidade de analisar a influência dos furos da proteção da CVT com a transferência de calor com a correia (Figura 35) foi realizado o teste a seguir. A linha em azul é referente ao teste com a região 2 da proteção fechada, linha vermelha com as regiões 1 e 2 fechadas e a linha verde que é a configuração sem ventoinha e com as regiões 1 e 2 fechadas. No eixo horizontal os valores de tempo e no eixo vertical valores da temperatura.

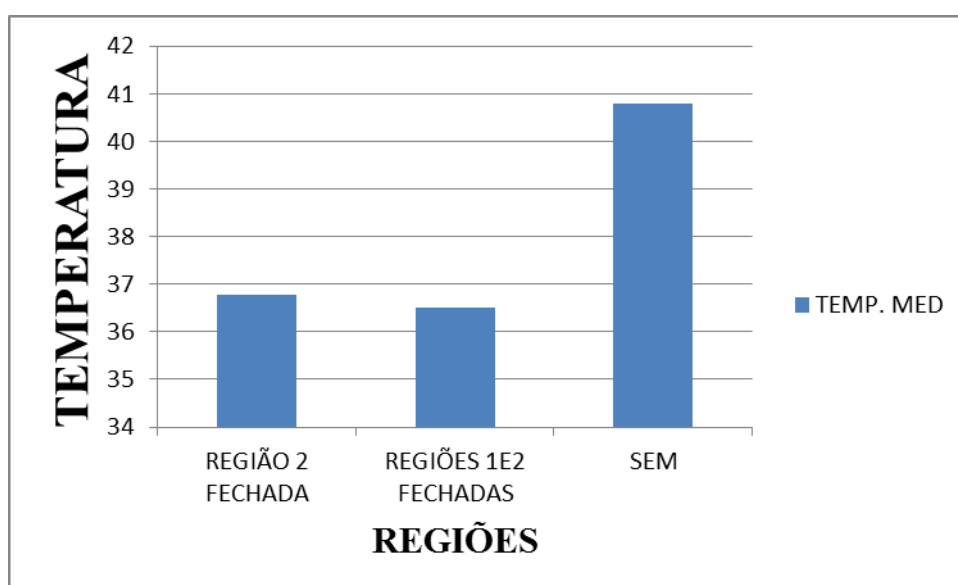


Fonte: Autor.

Neste teste pode se notar a influência dos furos com a troca calor da CVT com o ar. A temperatura ambiente durante o teste variou entre 23,6°C e 24,2°C, sendo que esta pequena variação não influenciou nos resultados. Percebe-se que sem a ventoinha a temperatura de saída da proteção foi superior às demais. E a ventoinha com apenas a região 2 fechada obteve os valores mais baixos.

Em seguida foi analisada a influência da configuração na temperatura da correia, como mostra a Figura 36.

Figura 36 - Temperatura da correia variando a configuração dos furos



Fonte: Autor.

É perceptível que com o fechamento dos furos o fluxo de ar dentro da proteção conseguiu reduzir a temperatura da correia. Reduzindo em cerca de 2°C. Apesar de não ser tão relevante, caso o intervalo de tempo fosse maior a diferença iria aumentar cada vez mais.

Comparando as Figuras 35 e 36, os resultados sugerem que com apenas a região 2 fechada o ar entrando e saindo não tinha um escoamento bem definido, ocasionando que o ar mais baixo na saída não se refletisse na temperatura da correia. Possivelmente parte do ar continuava saindo sem interagir com a correia e por isso ainda frio. Já com as regiões 1 e 2 fechadas houve uma melhoria no escoamento, uma vez que a temperatura da correia foi a mais baixa. Os valores de temperatura na saída mais altos que os do caso em que há somente a região 2 refletem essa maior troca. Já na situação sem ventoinha e com as regiões 1 e 2 fechadas, o fluxo de ar foi muito comprometido, já que a área para entrada do ar de forma natural foi reduzida. Isso levou aos valores altos na região 3 e na correia.

É importante frisar que os resultados obtidos são dados experimentais, e dessa maneira carregam erros inerentes ao teste realizado.

5. CONCLUSÃO

No presente trabalho foi mostrado o estudo da temperatura na proteção da CVT. Foi realizado um estudo sobre correias, para entender melhor sobre seu funcionamento e aplicações.

A partir da primeira análise verificou-se que apenas a adição da ventoinha na configuração original da proteção piora o resfriamento. Desta forma, é mais interessante continuar usando a mesma configuração.

Percebeu-se também que na configuração original da proteção, a ventoinha causava uma desorganização no fluxo do ar, não permitindo um fluxo bem definido e não permitindo que a correia trocasse calor com o ar.

Com os testes realizados não notou-se nenhuma degradação da correia da CVT utilizada, ao final dos testes ela estava em um bom estado. Sendo assim não foi possível analisar a influência da temperatura na vida útil da correia;

Já na segunda análise, notou-se a influência que os furos têm no fluxo do ar dentro da CVT. De modo que fechando os furos da região 1 e 2, a ventoinha melhora o resfriamento.

Como sugestão de trabalhos futuros, propõem:

- Realização do teste sem a ventoinha e sem os furos fechados para a ultima análise, que por questões de tempo não possível realizar.
- Análise em CFD (*Computational Fluid Dynamics*) para compreender melhor o fluxo do ar na proteção. Podendo também analisar como seria o comportamento com apenas uma entrada de ar e uma saída de ar.
- Realização do teste com a ventoinha com os furos na proteção fechados para analisar a influência dos furos no aquecimento da correia.

REFERÊNCIAS

- A.T.I. BRASIL ARTIGOS TÉCNICOS INDUSTRIAIS LTDA., **Transmissão à correia sincronizada**. Curitiba: A.T.I. Brasil, 2012. 99 p.
- ALBUQUERQUE, A. A. de. **Caracterização da Resposta Dinâmica de uma CVT por Polias Expansivas**, 2002. 179 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2002.
- ASER, Igor Neves; SERAPHIM, Sylvio Kaschner Costalonga. **PROJETO DE CAIXA DE REDUÇÃO DE VELOCIDADE POR CORREIA SINCRONIZADORA PARA VEÍCULO BAJA SAE®**. 2014. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.
- BRESOLIN, João Guilherme. **Avaliação Da Eficiência Do Sistema De Transmissão Utilizado em Protótipo BAJA SAE**. 2012. 27 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- CHILDS, Peter R. N.. **Mechanical Design Engineering Handbook**. Butterworth Heinemann, 2014. 817
- DE MARCO Filho, F. **Elementos de transmissão flexíveis**. 2 ed. Departamento de Engenharia Mecânica, Poli/UFRJ, 2009. 143 p.
- LECHNER, G.; NAUNHEIMER, H. **Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application**: Springer, 1ª edição, 1999.
- MÉTODOS MECÂNICOS. **Engrenagem cilíndrica de dentes retos**. Disponível em: <<http://eng-cleitonchaves.blogspot.com/2015/03/engrenagem-cilindrica-de-dentes-retos.html>> Acesso em 16 de Março de 2019.
- NORTON, Robert L. **Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada**, 2. ed. Porto Alegre. Bookman, 2004.

PORTAL LUBES. **Funcionamento do sistema de transmissão de um veículo.** Disponível em: <<http://portallubes.com.br/2016/11/sistema-de-transmissao/>> Acesso em 16 de Março de 2019.

PORTAL SAE BRASIL. **Regulamento Baja SAE Brasil:** Definições. Disponível em:<<http://portal.saebrasil.org.br/Portals/0/PE/RBSB%202017/RBSB%201%20%20Definicoes%20-%20Emenda%200.pdf>>. Acesso em: 16 Março de 2019.

RESHETOV, D. N. Machine Design, Editora Mir, 1979.

SHIGLEY, J. E., MISCHKE, C. R., BUDYNAS, R. G. (2005), **Projeto de engenharia mecânica.** Porto Alegre, Bookman, 2008.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Correia plana.**
<<https://www..com.brsolucoesindustriais/empresa/movimentacao-e-armazenagem/correias-universais/produtos/acessorios/correias-planas>> Acesso em 16 de Março de 2019.