

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO UTILIZADO EM
PROTÓTIPOS BAJA SAE

por

João Guilherme Bresolin

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, julho de 2012.

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO UTILIZADO EM
PROTÓTIPOS BAJA SAE

por

João Guilherme Bresolin

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Arnaldo Ruben Gonzalez
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Projeto e Fabricação**

Orientador: Prof. André João de Souza

Comissão de Avaliação:

Prof. Eduardo A. Perondi

Prof. Patric D. Neis

Prof. Cíntia C. P. Mazzaferro

Porto Alegre, 06 de julho de 2012.

Este trabalho é dedicado à
Equipe Tchê de Baja SAE – UFRGS.
Que sirva como inspiração e referência para
trabalhos futuros e para a contínua busca pelo
aperfeiçoamento técnico do projeto e dos
alunos nele envolvidos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente à minha família pelo apoio incondicional, exemplo constante e suporte infalível nos momentos de necessidade, durante a realização deste trabalho e toda a caminhada que levou a ele;

Ao Eng. Carlos Alberto K. Thomas pelo empréstimo dos principais equipamentos e pela paciência que demonstrou sempre que lhe consultei sobre questões relativas a este trabalho;

À Dana Indústrias, especialmente na pessoa do Eng. Demetrius Figueiró, pela compreensão nas diversas ocasiões quando tive de me afastar do trabalho para a realização de testes ou cumprimento de prazos do trabalho, além do empréstimo de alguns equipamentos e pelas oportunidades de aprendizado que foram úteis ao longo da criação desta pesquisa;

Ao Prof. André João de Souza, meu orientador neste trabalho, pelas excelentes contribuições ao resultado final aqui apresentado e pela paciência com meus constantes desafios aos prazos prometidos;

Aos colegas e amigos Rodrigo Minozzo, Lucas V. Adamatti e Franck M. Bortoncello pelo fundamental apoio na realização dos experimentos necessários;

À Equipe Tchê de Baja SAE – UFRGS, pelo auxílio nas atividades e pelas oportunidades e ensinamentos que levaram à escolha do tema deste trabalho;

A todos os outros professores, profissionais, amigos e colegas que, de uma forma ou outra, contribuíram para fazer desta monografia uma realidade.

BRESOLIN, J. G., **Avaliação da eficiência do sistema de transmissão utilizado em protótipos Baja SAE**. 2012. 27 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RESUMO

O propósito deste trabalho é avaliar a influência de parâmetros de regulação da transmissão continuamente variável por correia de borracha utilizada em protótipos Baja SAE na eficiência do sistema de transmissão. Dados de torque de saída da transmissão, velocidade angular das polias primária e secundária e diâmetro adotado pela correia em ambas as polias foram adquiridos experimentalmente para os vários casos testados. Os resultados mostram que quanto mais nova for a correia maior tende a ser sua eficiência, com redução de até 75% do escorregamento em baixos torques e de 10 a 15% para altos torques e que a aplicação de aditivo antiderrapante causa um aumento da potência transmitida de até 145% em baixas rotações, apesar de mostrar pouco aumento em altas rotações e causar dificuldades na operação da transmissão. Foi avaliada também a influência da pressão exercida pelas polias contra a correia e da temperatura da correia. Apesar de estes últimos testes terem apresentados pouca variação, notou-se uma tendência ao aumento da eficiência com o aumento da pressão e com a redução da temperatura.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência, Transmissão, CVT, Baja SAE.

BRESOLIN, J. G. **Efficiency evaluation of the transmission system used in Baja SAE prototypes**. 2012. 27p. Monograph (Undergraduate Final Project in Mechanical Engineering) – Department of Mechanical Engineering, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ABSTRACT

The purpose of this project is to evaluate the influence of the setup parameters of the rubber belt type continuously variable transmission used in Baja SAE vehicles on the transmission system efficiency. Torque data, angular speed of the primary and secondary pulleys and the diameter of the belt in both pulleys were all experimentally determined for each of the situations tested. Results show that the newer the belt the greater it's efficiency tends to be, showing slippage reduction of up the 75% for low torques and 10 to 15% for high torques and that the application of an anti-slip additive causes an increase of up to 145% of the power transmitted for low engine rotations, though there's little increase for high rotations and difficulties on the operation of the transmission were caused. The influences of the pressure exerted by the pulleys on the belt and of the temperature of the belt were also evaluated. Despite both tests having shown only small variations, a tendency was noted of the increase of efficiency with the increase of the pressure and the reduction of the belt temperature.

KEYWORDS: Efficiency, Transmission, CVT, Baja SAE

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	O BAJA	1
1.2.	TRANSMISSÕES EM PROTÓTIPOS BAJA SAE	1
1.3.	CVT NO BAJA	2
2.	OBJETIVOS	2
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.1.	HISTÓRICO E TIPOS DE CVT.....	2
3.2.	FORMAS DE PERDA DE POTÊNCIA.....	3
4.	METODOLOGIA	4
4.1.	MEDIÇÕES.....	4
4.1.1.	Medição do torque de saída do sistema de transmissão	4
4.1.2.	Medição da velocidade angular em ambas as polias da CVT	5
4.1.3.	Medição da posição da correia em ambas as polias da CVT.....	6
4.2.	PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO	7
4.3.	DADOS DE ANÁLISE	7
4.4.	AQUISIÇÃO DE DADOS	8
4.4.1.	CÁLCULO DAS VELOCIDADES ANGULARES.....	8
4.4.2.	INCERTEZA DE MEDIÇÃO.....	8
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
5.1.	ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA CORREIA.....	9
5.2.	APLICAÇÃO DO ADITIVO ANTIDERRAPANTE	11
5.3.	PRESSÃO CONTRA A CORREIA.....	12
5.4.	TEMPERATURA DA CORREIA	13
6.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS	14
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
	APÊNDICE 1 - INSTRUMENTAÇÃO INSTALADA NO VEÍCULO	16
	APÊNDICE 2 - CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO DE TORQUE	16
	APÊNDICE 3 - CÁLCULO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO DO DIÂMETRO DA CORREIA NAS POLIAS	18
	APÊNDICE 4 - CÁLCULO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO DA POTÊNCIA	18
	APÊNDICE 5 - CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO DO COEF. DE ADERÊNCIA	18
	APÊNDICE 6 - PROGRAMA PARA CÁLCULO DAS VELOCIDADES ANGULARES A PARTIR DO SINAL DIGITAL DOS SENSORES.....	19
	APÊNDICE 7 - EXEMPLO DE DADOS OBTIDOS EM CAMPO.....	19
	ANEXO 1 - DADOS DISPONIBILIZADOS PELO FABRICANTE SOBRE A CVT UTILIZADA. .	20

1. INTRODUÇÃO

1.1. O BAJA

O projeto Baja SAE Brasil propõe a estudantes de engenharia construir um protótipo *off-road* para participação em competições estudantis (regionais, nacionais e internacionais), como o mostrado na Figura 1.1. Estes protótipos devem ser robustos e capazes de trafegar em vários tipos de terreno (asfalto, terra, barro, entre outros) com o maior desempenho possível. O objetivo do projeto é permitir aos alunos uma maior interação entre teoria e prática, bem como desenvolver noções de metodologia de projeto, liderança, organização e espírito de equipe.



Figura 1.1 – Protótipo Baja SAE da UFRGS de 2009. [Equipe Tchê, 2012a]

As competições, organizadas mundialmente pela SAE International (desde 1976) e no Brasil pela SAE Brasil (desde 1995) [SAE Brasil, 2012], são constituídas de diversas provas que visam avaliar os protótipos em diversos quesitos. Provas específicas avaliam a segurança dos veículos, sua dirigibilidade, conforto, velocidade e culminam sempre em um enduro de resistência no qual os carros devem completar o maior número possível de voltas no tempo de prova, testando assim a resistência dos mesmos.

O Baja na UFRGS surgiu em 1994, fundado por alunos de Engenharia Mecânica [Equipe Tchê, 2012b]. Pioneiro na região, o projeto é apontado por seus ex-integrantes como sendo um importante complemento à formação como engenheiros. O aperfeiçoamento contínuo dos protótipos permitiu à equipe obter a terceira colocação na competição nacional em 1998 e dois vice-campeonatos sul brasileiros em 2007 e 2009. É com esse espírito de melhoria contínua que este trabalho visa buscar formas de melhorar a eficiência dos sistemas de transmissão utilizados pela equipe.

1.2. TRANSMISSÕES EM PROTÓTIPOS BAJA SAE

De acordo com normas estipuladas pela SAE Brasil, os protótipos Baja devem possuir motorização padronizada. Atualmente, o motor utilizado é um Briggs & Stratton de 10 hp [SAE Brasil, 2010]. Por não poderem alterar a motorização, as equipes são forçadas a buscar aumento de desempenho em outros subsistemas do veículo. Um dos pontos onde se obtém os maiores resultados é o sistema de transmissão.

Entre as dezenas de equipes no país, os mais diversos tipos de transmissão já foram testados. Devido à pequena faixa de rotação em que o motor padronizado é capaz de operar (de 1800 a 3800 rpm), várias relações de transmissão são necessárias para a faixa de velocidades esperada em um protótipo Baja atual (pode atingir 60 km/h). A opção preferida pelas equipes tem sido, há muitos anos, utilizar um conjunto híbrido composto por uma

transmissão continuamente variável CVT (do inglês *Continuously Variable Transmission*) e uma redução final que pode ser desde uma redução fixa por corrente até caixas de transmissão por engrenagens de diversas velocidades criadas especificamente para cada protótipo. Esta última é a opção que tem sido selecionada pela Equipe Tchê de Baja SAE da UFRGS nos últimos anos, a qual tem mostrado grande versatilidade.

1.3. CVT NO BAJA

Até hoje, as CVT utilizadas em protótipos Baja são exclusivamente do tipo composto por polias cônicas e correias de borracha em V. Outros tipos de CVT estão disponíveis no mercado, porém, apresentam sempre empecilhos à utilização no Baja, desde a adaptação de sua forma geométrica aos protótipos até o alto custo e a baixa disponibilidade.

Dado o grande potencial para melhoria de desempenho, as equipes sempre buscam formas de aumentar a eficiência de suas CVTs. A maior parte dos avanços conseguidos, porém, está na alteração das características deste componente quanto às suas relações de transmissão. Pouco estudo tem sido feito para aumentar a eficiência na transmissão do torque.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho busca avaliar o efeito da variação de diversos parâmetros de regulação e operação da CVT Comet 790 (ANEXO 1) utilizada no protótipo Baja SAE da UFRGS de 2010. Pretende-se assim avaliar quais medidas devem ser tomadas no projeto e construção do próximo protótipo de forma a melhorar a eficiência do sistema de transmissão.

Busca-se avaliar os efeitos da alteração dos seguintes parâmetros:

- Estado de conservação da correia.
- Aplicação de aditivo antiderrapante.
- Pressão contra a correia.
- Temperatura da correia.

Para isso será necessário selecionar uma forma adequada de se avaliar os mecanismos de perda de potência (torque e velocidade) através da variação dos parâmetros de regulação supracitados e análise dos dados de medição dos efeitos causados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. HISTÓRICO E TIPOS DE CVT

A primeira Transmissão Continuamente Variável de que se tem registro é a desenhada por Leonardo da Vinci em 1490, mostrada na Figura 3.1 [Vivani, 2007].

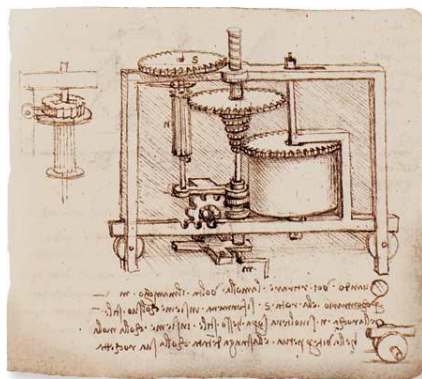


Figura 3.1 – CVT desenhada por Leonardo da Vinci [Vivani, 2007].

Apesar de as CVTs terem sido utilizadas em automóveis já nos anos 50, sua baixa capacidade sempre fez com que seu uso fosse escasso [Lang, 2012]. Não obstante,

atualmente, cada vez mais fabricantes de automóveis têm utilizado tecnologias CVT, como por exemplo, no NISSAN Sentra e no HONDA Fit.

Como mencionado, muitos diferentes mecanismos CVT foram criados ao longo de décadas. Podendo-se citar como mais importantes os tipos: toroidal, por correia e hidráulica.

CVTs toroidais, como a mostrada esquematicamente na Figura 3.2, utilizam dois semitoróides, sendo um a entrada e outro a saída de torque, que são interligados por discos articulados. Variando-se a posição em que os discos tocam cada toróide altera-se a relação de transmissão. CVTs toroidais já foram utilizadas em veículos de linha como o NISSAN March (Sistema Nissan Extroid).

CVTs por correia são as mais comuns. Seu princípio básico de funcionamento consiste em duas polias cônicas cujos lados podem ser afastados ou aproximados. Utilizando-se uma correia igualmente angulada pode-se obter uma alteração de relação de transmissão ao variar o raio que esta toca nas polias. Este tipo de CVT é largamente utilizado em veículos leves como buggies, cortadores de grama, motos e até em automóveis como o NISSAN Sentra e o HONDA Fit (Figura 3.3). Além disso, são utilizadas em ferramentas industriais mais antigas em situações onde hoje são utilizados inversores de frequência.

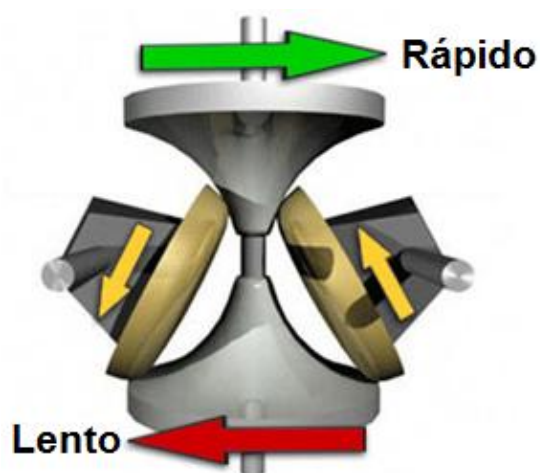


Figura 3.2 – Desenho esquemático de uma CVT toroidal [Vivani, 2007].

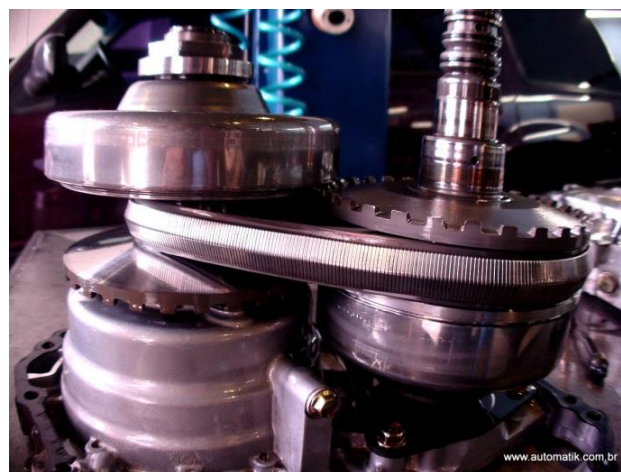


Figura 3.3 – CVT utilizada no Honda Fit [Aventuras na Oficina, 2012].

A transmissão de torque através de bombas e motores hidráulicos de deslocamento variável permite conseguir um efeito de CVT ao alterar gradualmente o volume deslocado a cada rotação do eixo da bomba, causando assim uma velocidade crescente do motor hidráulico ao qual esta está conectada. Este tipo de transmissão é frequentemente utilizado em veículos pesados para construção civil, tanques militares e até locomotivas.

3.2. FORMAS DE PERDA DE POTÊNCIA

De acordo com Chen *et al.*, 1997 e Gates Rubber, 1991, os mecanismos de perda de potência em transmissões CVT por correia se dividem em dois grupos: perdas de torque e perdas de velocidade.

- Perdas de torque são oriundas de histerese de flexão, deslizamento radial, compressão da correia e do esforço necessário para assentar a correia no espaço das polias e, posteriormente, removê-la desse assentamento, bem como do atrito viscoso de arrasto com o ar.
- Perdas de velocidade, por sua vez, tem origem nos fenômenos de distensão da correia, deformação da borracha e deslizamento da correia sobre as polias.

Apesar de a pesquisa de Chen *et al.*, 1997, indicar que as perdas de velocidade representem uma fração pequena da perda de potência, a observação do comportamento da CVT utilizada nos Baja SAE da UFRGS dá indícios, como ruídos característicos do

deslizamento de borracha sobre metal, de que possam haver perdas significativas por deslizamento da correia e, por isso, esta variável será avaliada em profundidade.

4. METODOLOGIA

A proposta do trabalho requer uma metodologia experimental muito bem definida em dois aspectos: variação de parâmetros de regulação e medição dos efeitos causados. Além disso, é necessário dispor de um método adequado de tratamento e análise dos dados obtidos com o intuito de extrair informações sobre a eficiência do sistema de transmissão utilizado no Baja SAE da UFRGS.

4.1. MEDIÇÕES

De forma a avaliar a perda de potência nos casos estudados, os seguintes procedimentos foram realizados:

- Medição do torque de saída do sistema de transmissão (Seção 4.1.1).
- Medição da velocidade angular em ambas as polias (primária e secundária) da CVT.
- Medição da posição da correia em ambas as polias (primária e secundária) da CVT.

Todas as medições se darão através da apropriada instrumentação do protótipo “Tordilho”, construído pela Equipe Tchê de Baja em 2010. A instrumentação do veículo se dará de acordo com o esquema mostrado na Figura 4.1, e os procedimentos experimentais são detalhados nos itens que se seguem.

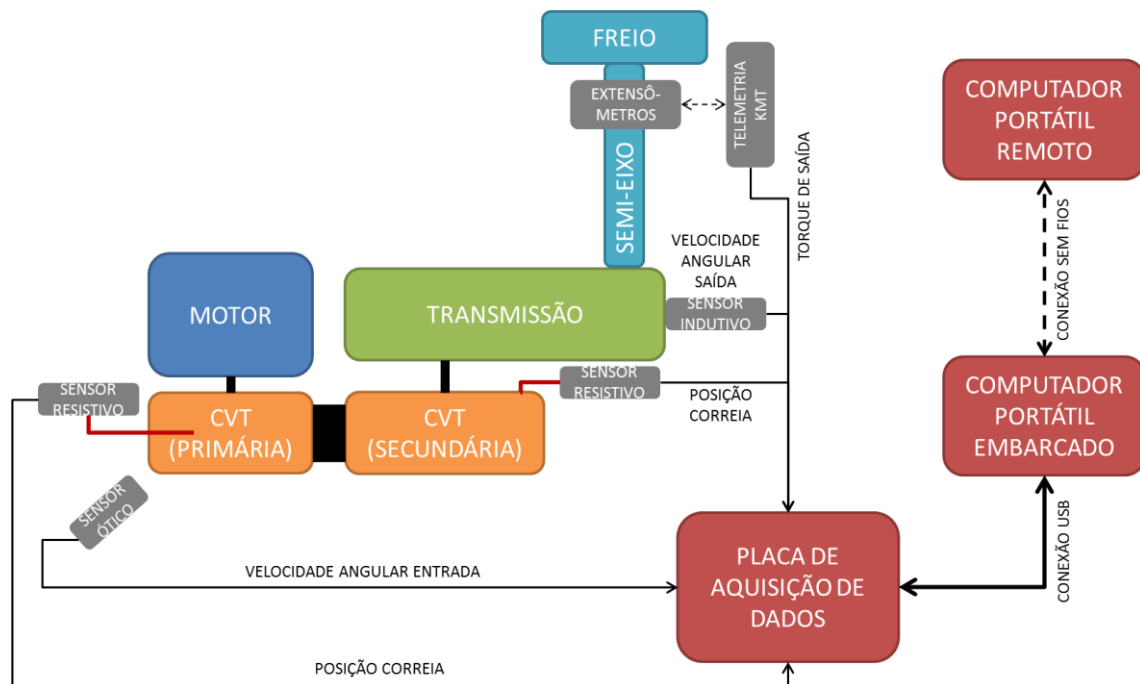


Figura 4.1 – Esquema de aplicação dos instrumentos utilizados na instrumentação do veículo.

4.1.1. MEDIÇÃO DO TORQUE DE SAÍDA DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

O torque de saída da transmissão foi medido através de instrumentação utilizada em trabalhos anteriores. Esta instrumentação consiste de um torquímetro rotativo que permite a medição do sinal de uma ponte de extensômetros colada ao eixo de saída da transmissão sem a utilização de fios. O sistema utiliza o equipamento de telemetria TEL1-PCM do fabricante KMT GmbH.

No veículo, o equipamento foi montado em um dos semieixos da transmissão, após a caixa de marchas, como mostra a Figura 4.2 [Bresolin, 2011]. Nesta configuração, o sistema de

telemetria transmite o sinal de dois extensômetros (tipo “espinha de peixe”) colados no semieixo e ligados na forma de uma Ponte de Wheatstone sensível somente a esforços de torção, segundo a configuração da Figura 4.3 [Beckwith *et. al.*, 1993].

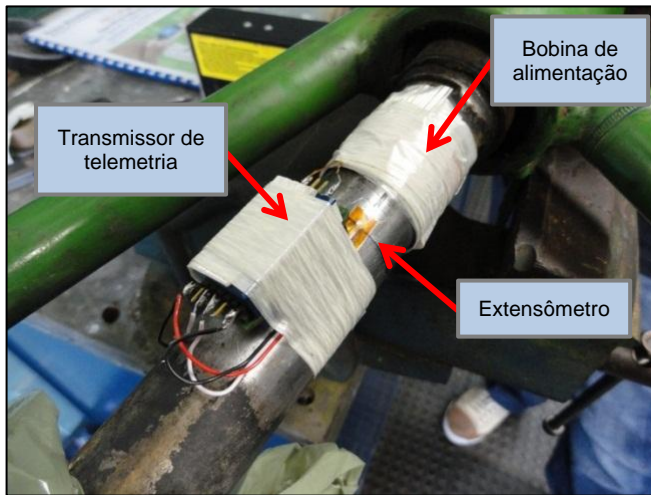


Figura 4.2 – Sistema de telemetria KMT montado em um dos semieixos da transmissão do protótipo [Bresolin, 2011].

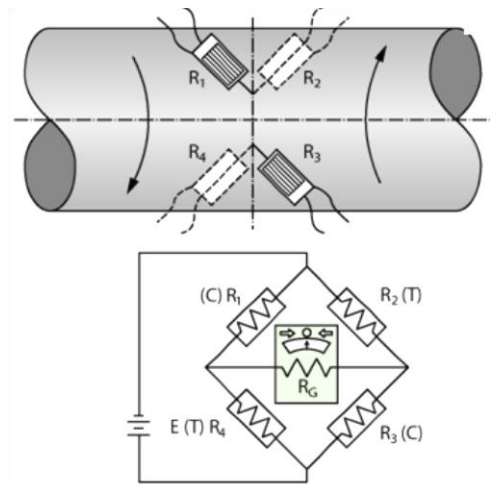


Figura 4.3 – Configuração dos extensômetros de forma a medir somente o torque aplicado [Beckwith *et. al.*, 1993].

A calibração do sistema foi realizada conectando-se massas padronizadas a uma barra de comprimento conhecido ligada ao cubo de roda do protótipo, conforme a Figura 4.4.

O torque medido não é o torque de saída da CVT, mas sim o valor deste decrescido das perdas da transmissão nas engrenagens. Como o foco deste trabalho é apresentar resultados comparativos, isso não consiste em uma limitação. Para garantir maior precisão e repetitividade da medição de torque, o semieixo não instrumentado foi desconectado, de forma que todo o torque entregue pelo trem de força do protótipo é medido.



Figura 4.4 – Calibração da medição de torque.

4.1.2. MEDIÇÃO DA VELOCIDADE ANGULAR EM AMBAS AS POLIAS DA CVT

A velocidade de rotação de entrada no sistema CVT foi medida utilizando-se um sensor óptico (marca Ono Sokki modelo LG-916) montado de forma a registrar um pulso a cada meia volta de rotação da polia primária. O sensor montado é mostrado na Figura 4.5.

Para a velocidade de saída também foi utilizada uma instrumentação já presente no veículo, utilizada em testes anteriores. Neste caso, ela é composta de um sensor indutivo posicionado de forma a detectar a passagem de cada dente da engrenagem do eixo de saída da caixa de transmissão do protótipo, mostrado na Figura 4.6. Sabendo-se a relação de transmissão, pode-se determinar a velocidade angular da polia secundária da CVT [Bresolin, 2011].

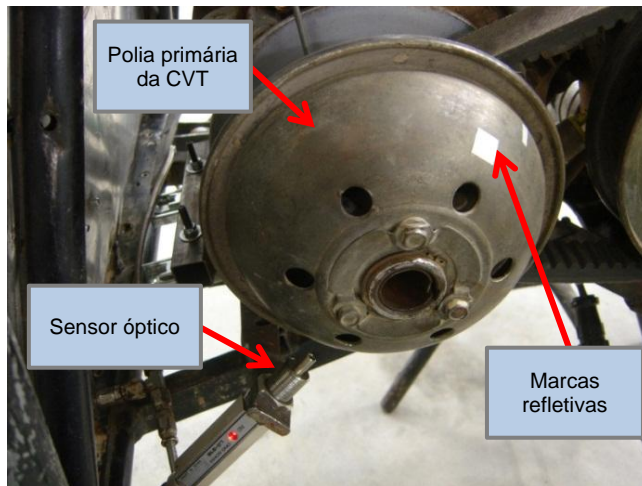


Figura 4.5 – Sensor óptico utilizado na medição da velocidade angular da polia primária.

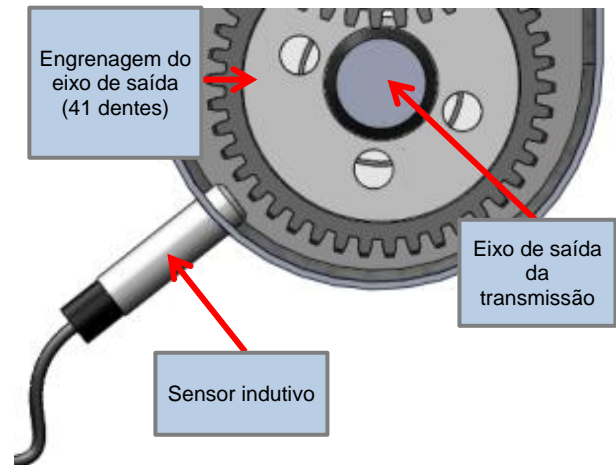


Figura 4.6 – Sensor indutivo montado na caixa de transmissão.

4.1.3. MEDIÇÃO DA POSIÇÃO DA CORREIA EM AMBAS AS POLIAS DA CVT

A medição da posição da correia nas polias foi realizada utilizando apalpadores ligados a potenciômetros, de forma a obter um sinal de tensão proporcional à posição da correia. As montagens são mostradas nas Figuras 4.7 e 4.8.

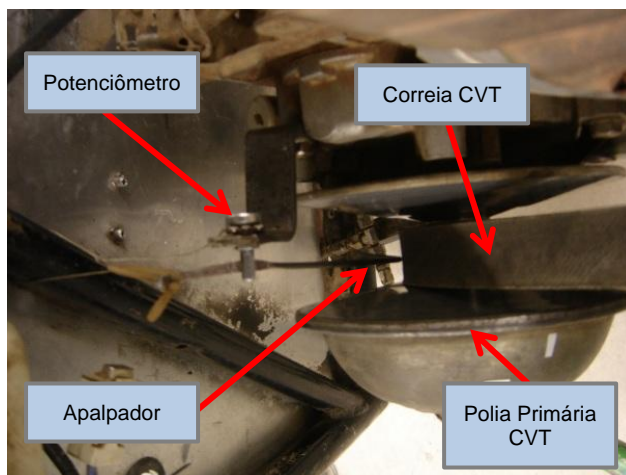


Figura 4.7 – Apalpador e potenciômetro utilizados para a medição da posição da correia na polia primária.

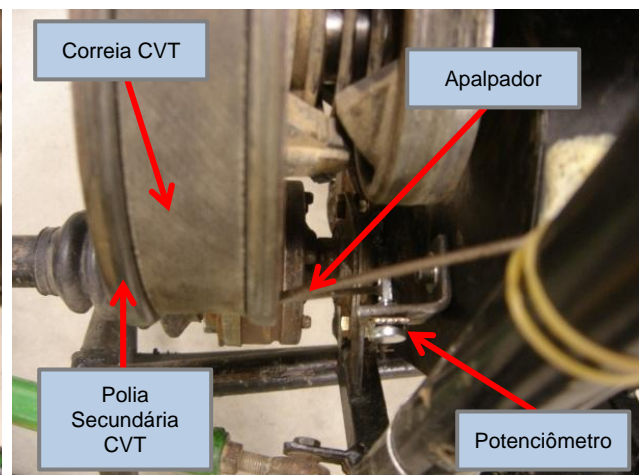


Figura 4.8 – Apalpador e potenciômetro utilizados para a medição da posição da correia na polia secundária.

A calibração das medições de posição da correia foi realizada forçando manualmente o deslocamento da correia em várias posições do seu curso e avaliando o sinal medido pelos potenciômetros, de forma a construir as curvas de calibração mostradas nas Figuras 4.9 e 4.10.

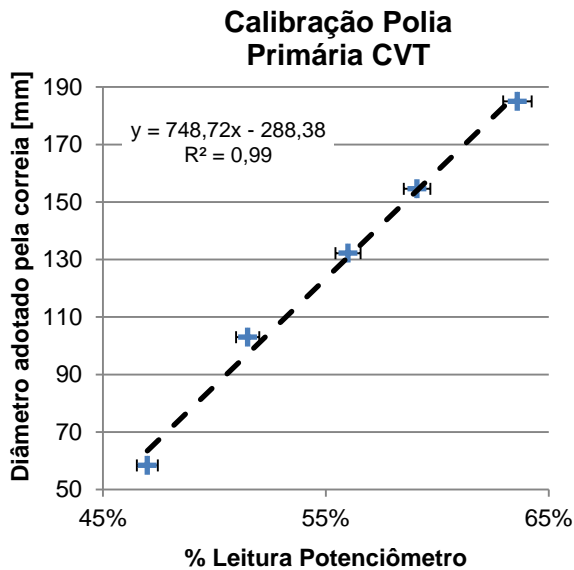


Figura 4.9 – Calibração da polia primária da CVT.

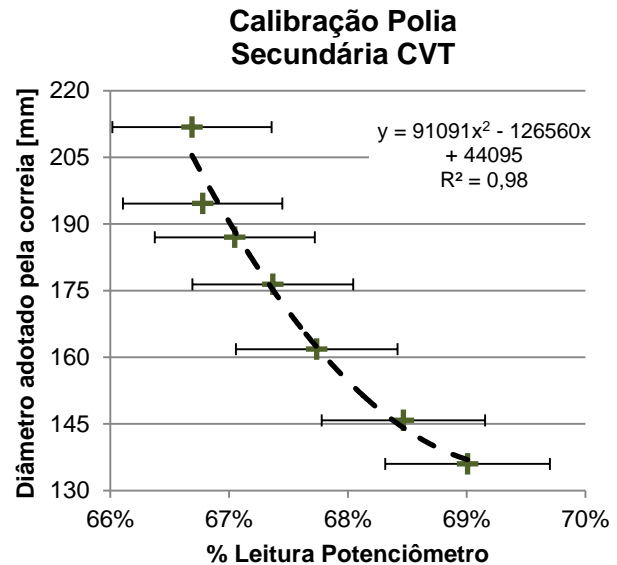


Figura 4.10 – Calibração da polia secundária da CVT.

As equações da reta de ajuste mostrada na Figura 4.9 e da curva de ajuste mostrada na Figura 4.10 foram aplicadas aos dados de tensão dos potenciômetros imediatamente após a aquisição dos dados através de um programa oportunamente escrito em MatLab. Assim obtiveram-se rapidamente os dados de diâmetro da correia nas polias para os cálculos posteriores.

4.2. PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

De forma a simular um carregamento crescente imposto ao Baja, todos os testes foram realizados com este conectado a um automóvel por meio de uma corda. Assim foi permitido ao Baja acelerar inicialmente até uma velocidade de aproximadamente 50 km/h. A seguir, o automóvel aplicou cargas de frenagem crescentes até ocasionar a parada total de ambos os veículos. O freio de estacionamento do automóvel, dotado de catraca, foi utilizado para garantir a repetitividade das condições de teste. Para cada condição testada, três medições sobre condições similares foram realizadas e foi utilizada a média dos três resultados para as comparações posteriores.

Como não foi possível medir o torque na entrada da CVT, supôs-se que a entrega de potência do motor não varia em um curto período. Para garantir o menor impacto desta simplificação, os testes foram sempre realizados com o motor aquecido e os resultados foram sempre comparados entre testes realizados com um intervalo pequeno de tempo entre eles.

4.3. DADOS DE ANÁLISE

Dois parâmetros foram utilizados para comparar o desempenho da CVT entre os diversos casos testados.

O primeiro deles foi aqui definido como **coeficiente de aderência** (C_{ad}) e representa a perda de velocidade observada. O coeficiente é dado pela Equação 4.1, e pode ser simplificado em termos de variáveis medidas, resultando na Equação 4.2:

$$C_{ad} = \frac{\text{Relação de transmissão teórica}}{\text{Relação de Transmissão Real}} = \frac{D_{sec}/D_{pri}}{RPM_{pri}/RPM_{sec}} \quad (4.1)$$

$$C_{ad} = \frac{D_{sec}RPM_{sec}}{D_{pri}RPM_{pri}} \quad (4.2)$$

onde D é o diâmetro adotado pela correia na polia, RPM é a velocidade angular da polia e os subíndices *pri* e *sec* referem-se às polias primária e secundária, respectivamente.

O coeficiente de aderência foi sempre analisado frente ao torque medido, já que é com esse parâmetro que ele tem dependência mais direta.

O segundo parâmetro foi a potência entregue às rodas traseiras, calculada com base no torque e rotação do eixo de saída da transmissão e confrontada com a velocidade de rotação do motor, de forma a avaliar a eficiência total do sistema de transmissão.

4.4. AQUISIÇÃO DE DADOS

A aquisição dos diversos sinais provindos dos equipamentos descritos nas seções anteriores se deu por intermédio de uma placa de aquisição de sinais National Instruments Modelo DAQPad-6016, mostrada na Figura A1.1a do APÊNDICE 1. O equipamento montado junto ao restante da instrumentação é mostrado na Figura A1.1b.

Esta placa DAQ dispõe de 16 canais de aquisição de dados $\pm 10V$, dois canais contadores e diferentes canais de entrada e saída digitais. A resolução é de 16 bits e a taxa de aquisição máxima é de 200 kHz simultaneamente para todos os canais utilizados. Para permitir a aquisição de dados com o carro em movimento a placa foi conectada a um Netbook Asus Eee PC, cuja memória é de estado sólido e suporta as vibrações induzidas pelo movimento do veículo. Houve ainda a comunicação sem fios deste computador com um segundo computador portátil em solo de forma a facilitar a interação com o sistema de aquisição de dados.

4.4.1. CÁLCULO DAS VELOCIDADES ANGULARES

Devido a incompatibilidades do software utilizado (LabView Signals Express) com o computador portátil embarcado não foi possível utilizar as entradas contadoras da placa de aquisição para a medição das velocidades angulares das polias. Desta forma, a saída dos sensores citados na seção 4.1.2 foram conectadas a entradas analógicas da placa de aquisição e um programa criado na plataforma MatLab/Simulink (mostrado e descrito no APÊNDICE 6) foi utilizado para calcular a velocidade angular. Devido a isso, a taxa de aquisição teve que ser elevada de forma a reduzir a incerteza de medição das velocidades angulares, conforme será discutido mais adiante na seção 4.4.2.

4.4.2. INCERTEZA DE MEDIÇÃO

Considerações sobre a incerteza de medição de todos os parâmetros mostrados nos resultados desse trabalho foram realizadas. Seus cálculos e resultados são mostrados nos APÊNDICES 1 a 5. Um cálculo considerando todas as incertezas associadas seria incompatível com este trabalho, portanto, procurou-se considerar somente os fatores mais relevantes, desconsiderando efeitos menores como ruído de sinal, queda de tensão em cabeamento, dentre outros.

Destacou-se aqui apenas o cálculo da incerteza das velocidades angulares, que apresentou um fator complicador e requereu a formulação de um método especial para cálculo.

No cálculo das velocidades angulares, deve-se considerar o tempo que pode haver entre o momento da alteração do sinal e o momento onde essa alteração é medida pelo sistema de aquisição. Como o cálculo de frequência considera o instante onde há uma borda de descida do sinal digital, conforme descrito na seção 4.4.1, a máxima diferença entre esses tempos é um intervalo de aquisição de dados, Δt , como mostrado na Figura 4.11. Conforme as indicações da figura, o tempo mencionado seria caracterizado pela diferença entre Δt_a e Δt_b .

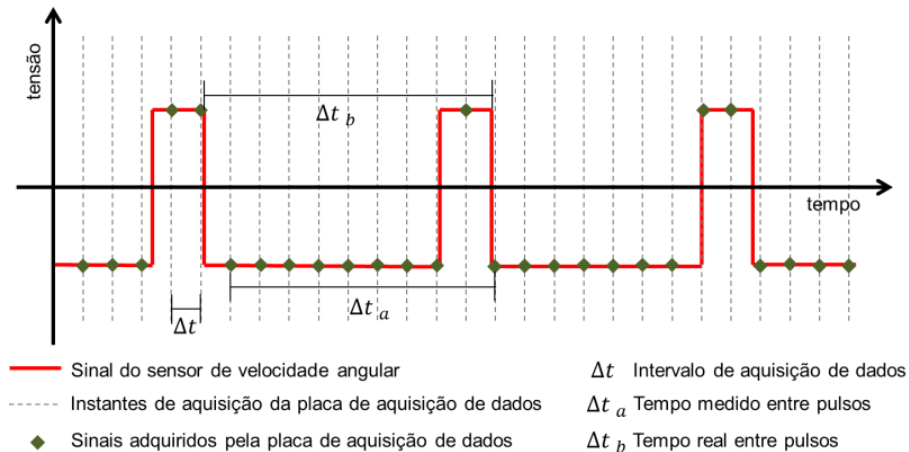


Figura 4.11 – Esquema mostrando a fonte de erros na medição das velocidades angulares [Próprio autor].

Sendo assim, a incerteza das frequências medidas, e posteriormente convertidas em velocidades angulares, pode ser determinada pela Equação 4.3:

$$u_{freq} = freq_{erro} - freq \quad (4.3)$$

onde u_{freq} é a incerteza da frequência medida, $freq_{erro}$ é a frequência calculada considerando o erro máximo possível e $freq$ é a frequência medida.

Reescrevendo a Equação 4.3 em termos das variáveis conhecidas ou medidas, tem-se:

$$u_{freq} = \frac{1}{\left(\frac{1}{freq} - \Delta t\right)} - freq \quad (4.4)$$

onde Δt é o intervalo entre dois pontos consecutivos de aquisição de dados. Utiliza-se o sinal negativo, pois ao efetuar os cálculos obtêm-se erros maiores que com sinal positivo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes realizados no Campus do Vale da UFRGS consistiram na variação dos parâmetros citados na seção 2 e a medição dos parâmetros definidos na seção 4.1. Um exemplo dos resultados obtidos é mostrado na Figura A7.1 (APÊNDICE 7). Os dados foram importados através do software Matlab e aplicou-se um filtro do tipo média móvel de 2000 pontos aos sinais de forma a eliminar o ruído e as oscilações indesejáveis inerentes às medições. As aquisições foram realizadas a uma taxa de 5000 amostras por segundo em intervalos de, no máximo, 120 segundos.

5.1. ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA CORREIA

Três correias foram montadas no protótipo e testadas de forma a obter uma comparação entre os rendimentos dessas:

- Uma correia **velha**, já utilizada em cerca de cinco competições;
- Uma correia **meia vida**, utilizada em duas competições;
- Uma correia **nova** recém-comprada e usada por poucas horas para permitir assentamento adequado desta.

De acordo com a metodologia descrita na seção 4, foram obtidos os dados mostrados na Figura 5.1 (coeficiente de aderência) e na Figura 5.2 (potência no eixo de saída).

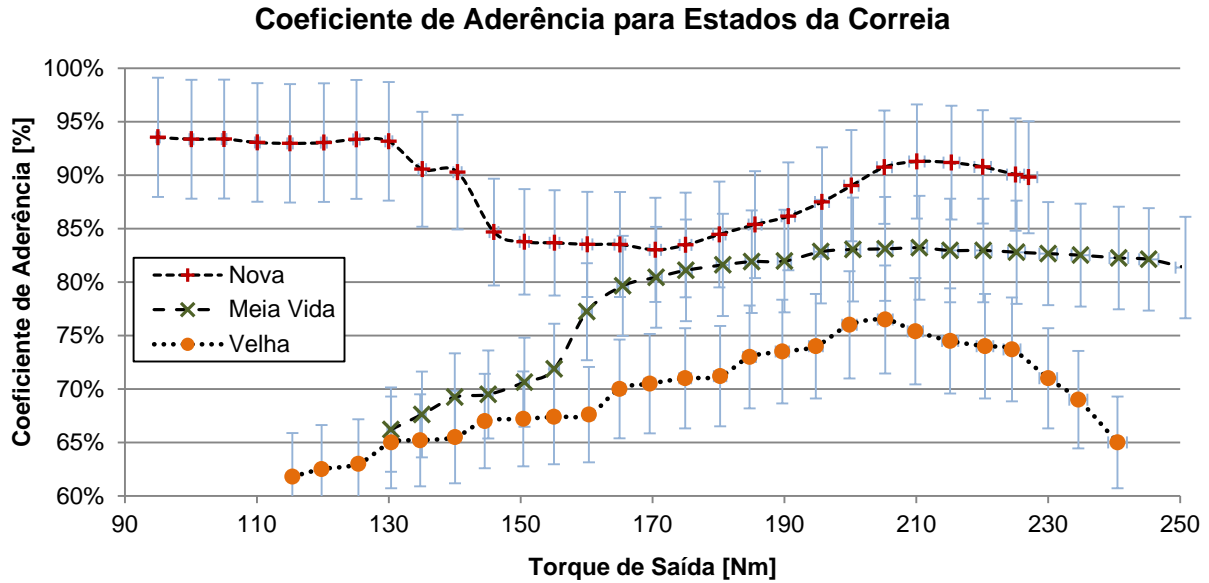


Figura 5.1 – Coeficiente de aderência para vários estados de conservação da correia.

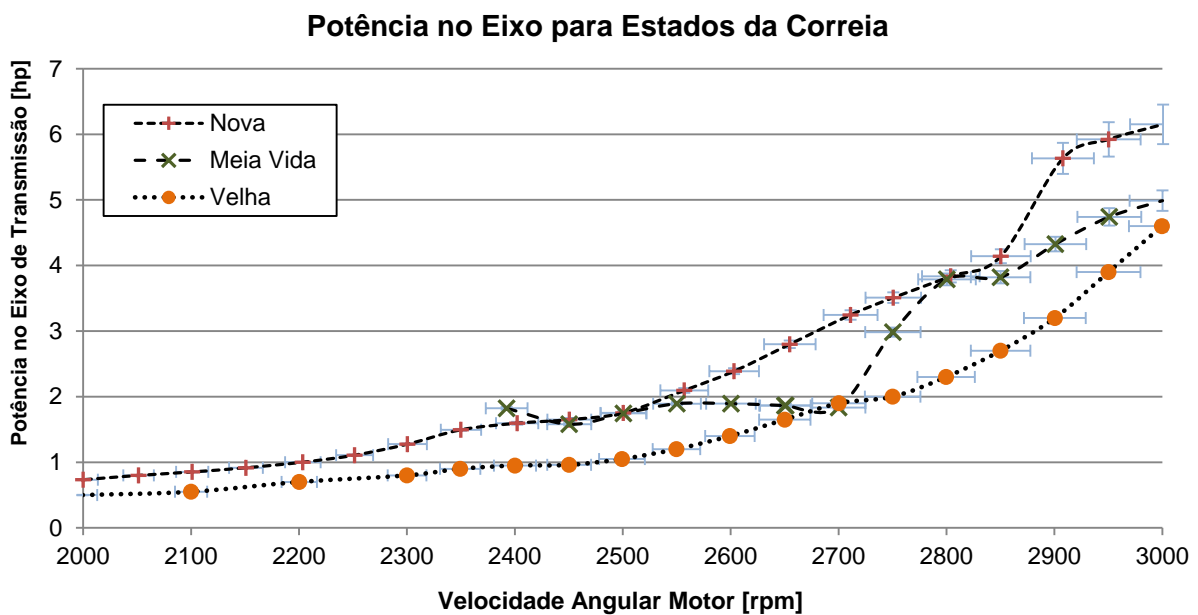


Figura 5.2 – Potência no eixo de saída para vários estados de conservação da correia.

Nota-se na Figura 5.1 um claro aumento no desempenho da transmissão com correias mais novas. Com baixas cargas, a maior aderência da correia nova fornece a esta um escorregamento até 30% menor frente a correias com muito tempo de uso.

A Figura 5.2 mostrou que a correia nova também foi capaz de transmitir uma potência 20% maior a 3000 rpm. Observou-se, porém, que na maior parte da faixa de rotação medida, a potência transmitida não é muito diferente entre as correias, apesar de se ter maior potência quanto mais nova a correia. No caso da correia nova, acredita-se que este efeito seja devido à maior rigidez desta, que aumenta a perda de torque devido ao esforço de flexão da correia, que anula parte do ganho proveniente do aumento do coeficiente de aderência.

É importante ressaltar que apesar de a potência máxima observada nos testes ter sido de 6 hp isso não caracteriza uma discrepância frente à potência nominal de 10 hp (7,46 kW) do motor utilizado. A diferença se justifica através de diversos fatores, o primeiro é que a potência máxima do motor se dá a 3600 rpm (60 Hz) e os testes foram realizados a uma velocidade angular máxima de 3000 rpm (50 Hz), além disso sabe-se por experimentos de outras equipes

que este motor não é capaz de produzir realmente sua potência máxima nominal, em testes de campo ou de bancada. Também se deve levar em consideração que o motor utilizado nos testes tem cerca de quatro anos de uso e pode ter tido perda de capacidade neste tempo, porém não havia outro motor em melhores condições. Estes fatores associados à ineficiência total do sistema de transmissão (CVT + transmissão por engrenagens) torna o valor plausível.

5.2. APLICAÇÃO DO ADITIVO ANTIDERRAPANTE

Estão disponíveis no mercado diversos aditivos que, quando aspergidos sobre a correia, prometem eliminar o escorregamento da mesma. Um destes, fabricado pela Mosar Indústria Química, foi testado e medições foram realizadas utilizando uma correia nova com e sem aplicação do aditivo. Os resultados são mostrados na Figura 5.3 (coeficiente de aderência) e na Figura 5.4 (potência no eixo de saída).

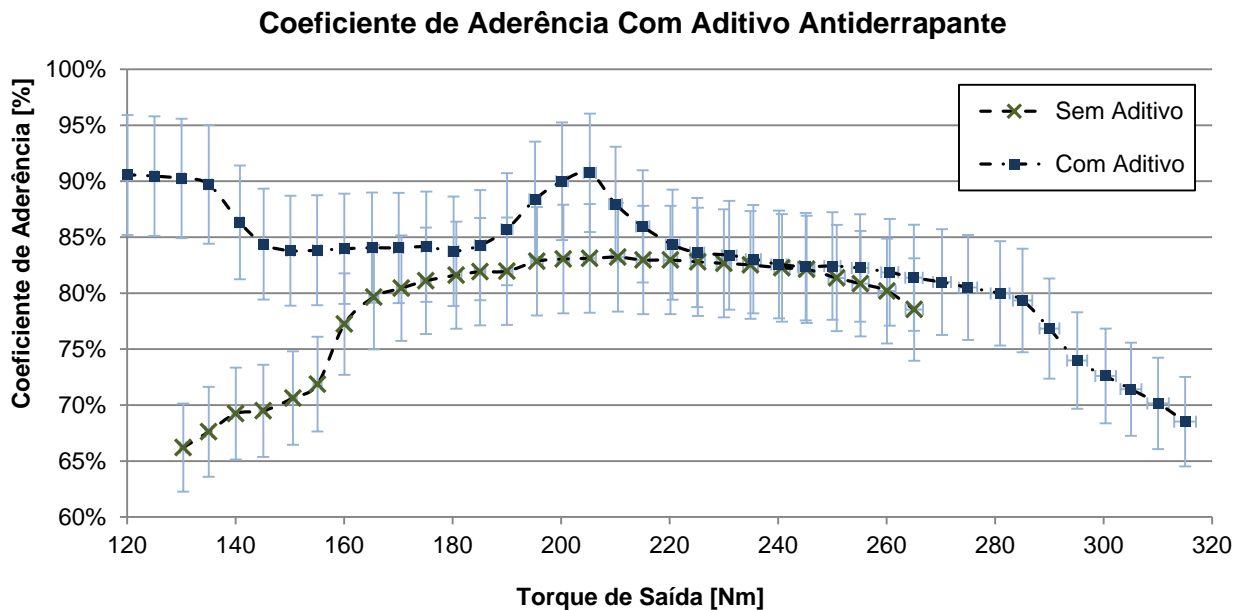


Figura 5.3 – Coeficiente de aderência antes e depois da aplicação do aditivo antiderrapante.

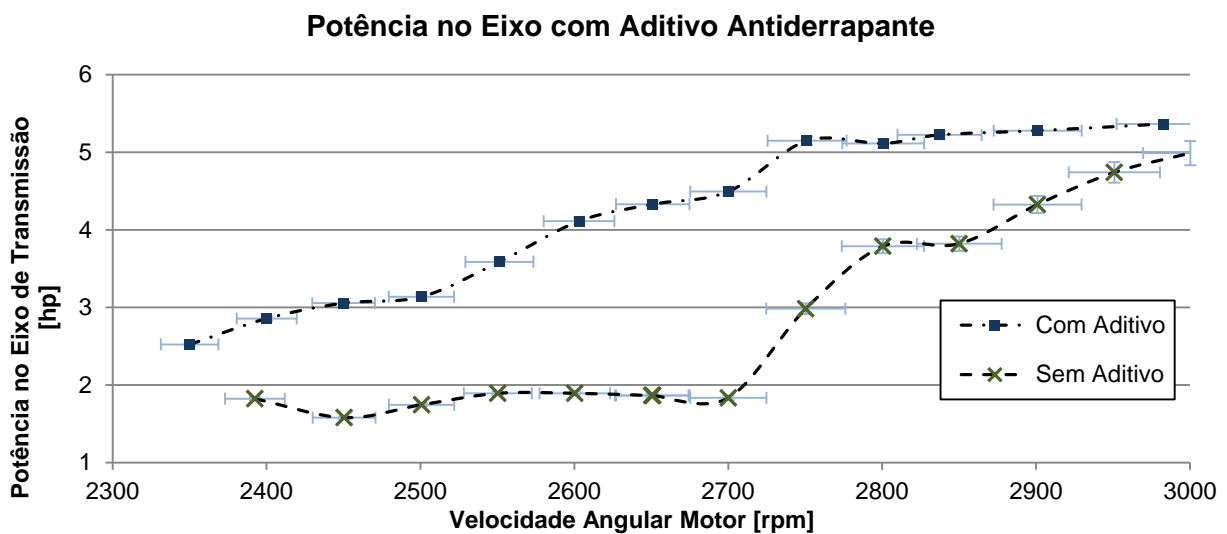


Figura 5.4 - Potência no eixo de saída antes e depois da aplicação do aditivo antiderrapante.

Analisando-se o coeficiente de aderência (Figura 5.3), é possível verificar a ocorrência de uma redução do deslizamento da correia, fato já esperado pela natureza adesiva do aditivo.

A mesma tendência é refletiva em uma potência transmitida aos eixos de saída até 145% superior ao caso sem aditivo (Figura 5.4, 2700 rpm). Nota-se, no entanto, uma drástica redução no ganho de potência para rotações mais altas. Esse efeito provavelmente se deve à grande perda de torque oriunda do maior esforço necessário para acomodar e remover a correia nas polias, causado pelo aumento do atrito entre esses componentes.

De forma a melhor compreender o grande ganho de potência observado frente a ganhos não tão grandes no coeficiente de aderência, confrontou-se o coeficiente de aderência com a rotação do motor (Figura 5.5), de forma a pode-se comparar a variação de potência e do coeficiente de aderência segundo a mesma base.

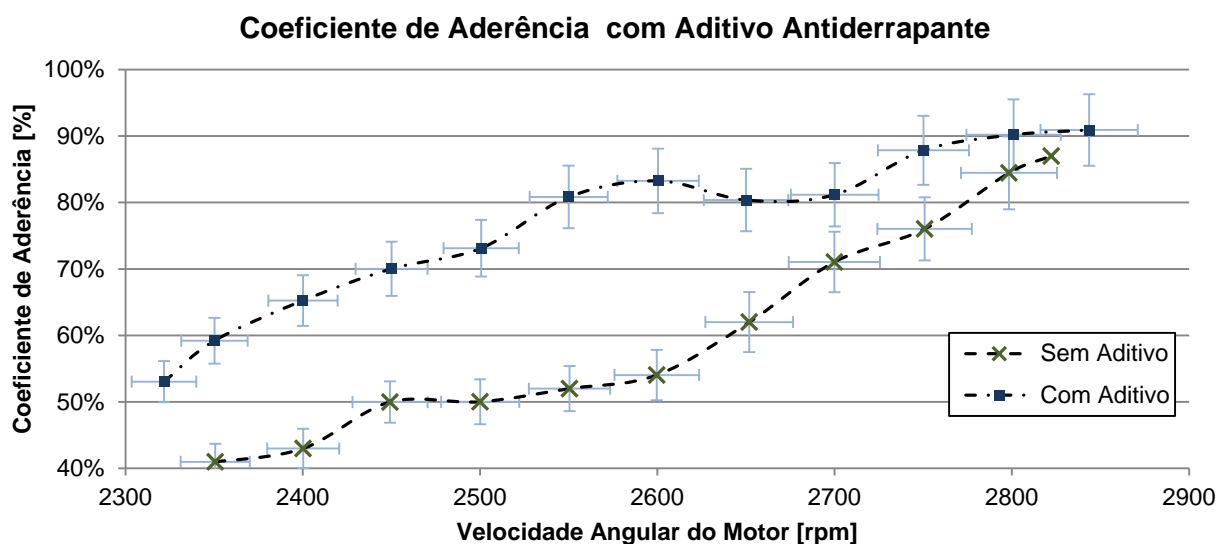


Figura 5.5 - Coeficiente de aderência antes e depois da aplicação do aditivo antiderrapante.

Na figura acima, nota-se que o coeficiente de aderência tem uma característica muito semelhante à potência, quando confrontado com a velocidade de rotação do motor. A aparente não correlação vinda comparando-se as Figura 5.3 e Figura 5.4 se dá pois a faixa de rotações mostrada encontra-se na faixa de torques mais baixos (< 180 Nm), onde a diferença entre os coeficiente de aderência é maior.

É muito importante ressaltar que, apesar dos claros ganhos notados, o aditivo causou problemas à operação da transmissão. Por ser muito adesivo, o aditivo fez com que a CVT não conseguisse mais manter sua condição “neutra”, onde a polia primária não transmite forças para a correia, impedindo assim o adequado funcionamento da transmissão por engrenagens e requerendo uma constante aplicação dos freios do veículo para manter o mesmo parado.

5.3. PRESSÃO CONTRA A CORREIA

A pressão exercida pelas polias contra a correia foi alterada variando-se a pré-carga da mola torcional da polia secundária (vide figura do ANEXO 1), o que tende a aumentar a pressão contra a correia para uma mesma rotação do motor. Foram testadas três situações:

- **Normal:** com um terço de volta de pré-carga, pressão contra correia normal;
- **Reduzida:** sem pré-carga, pressão reduzida;
- **Aumentada:** com dois terços de volta de pré-carga, pressão aumentada;

O único dado utilizado para comparação foi o da potência entregue pela rotação do motor, já que tende a haver uma alteração da curva de redução da CVT, o resultado é mostrado na Figura 5.6. Nota-se que há pouca diferença entre os casos, apesar de haver uma tendência de aumento da potência com o aumento da pressão contra a correia. Há também de se considerar que o aumento da pré-carga ocasiona o surgimento de grandes vibrações na CVT, sendo assim uma opção ruim para o aumentar a pressão das polias sobre a correia.

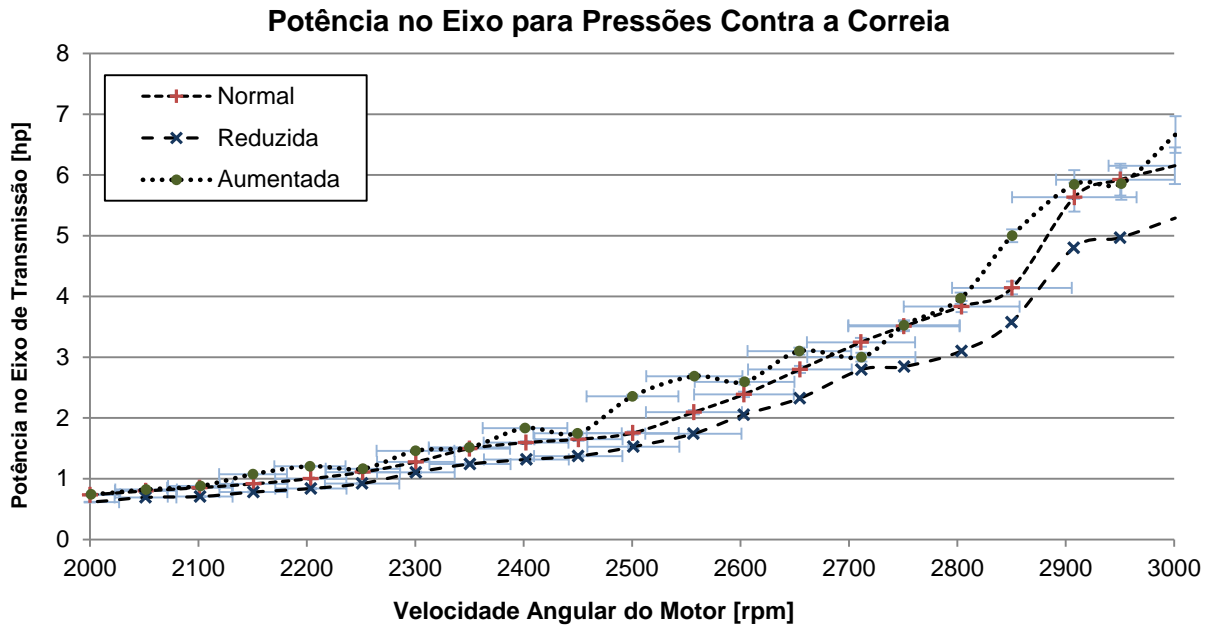


Figura 5.6 – Potência no eixo de saída para várias pressões das polias contra a correia.

5.4. TEMPERATURA DA CORREIA

Dada a possibilidade de redução da eficiência da CVT com o aumento da temperatura da correia essa variação também foi testada. A correia foi testada inicialmente à temperatura que se estabilizou naturalmente. Após, a correia foi aquecida com um soprador térmico até três níveis de temperatura. O coeficiente de aderência obtido é mostrado na Figura 5.7.

A temperatura da correia foi medida através de um termopar ligado a um multímetro digital. A incerteza de medição da temperatura é indicada como 1% da medição + 2 dígitos (2°C). A temperatura da correia foi medida no início e no fim do teste, sendo o valor apresentado a média destes.

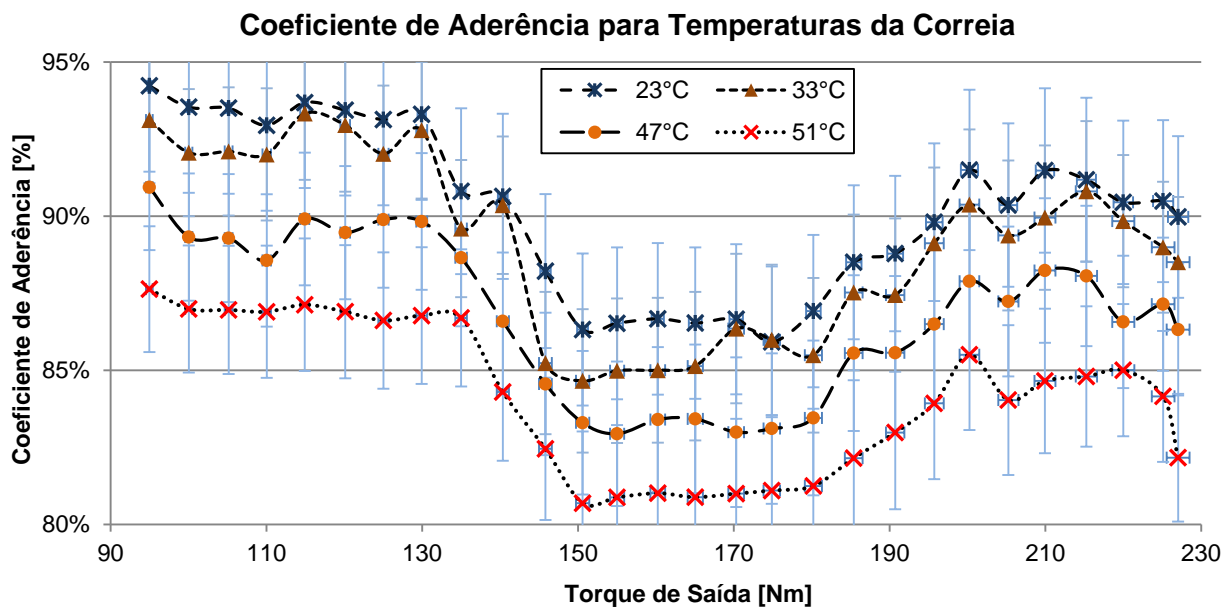


Figura 5.7 - Coeficiente de aderência para várias temperaturas da correia.

Nota-se uma clara tendência ao aumento do escorregamento com o aumento da temperatura – apesar de só começar a se tornar significativa para temperaturas próximas ao 50°C . Não obstante esse efeito, a diferença de potência observada foi pequena, inferior a 3%.

Este aumento pouco expressivo é justificado pois o aumento da aderência, apesar de diminuir o escorregamento, aumenta o esforço necessário para o movimento radial da correia sobre as polias. Neste caso estes efeitos tiveram a tendência de cancelarem um ao outro, resultando num baixo ganho de potência.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS

Primeiramente, a realização deste trabalho permitiu a composição de um sistema de aquisição de dados, que já permitiu outras investigações além das mostradas aqui. Outros testes ainda estão planejados antes da desmontagem do equipamento. Na análise dos dados relativos à transmissão, notou-se que várias ações podem ser tomadas para aumentar a eficiência do sistema.

Intervenções como a substituição mais frequente da correia da CVT poderão garantir ganhos de até 20% em determinadas faixas de velocidade de rotação do motor. A aplicação de aditivos antiderrapantes, já utilizados por várias equipes, pode também garantir ganhos expressivos, de até 145%, em baixas rotações; apesar do baixo impacto em altas rotações. Com o aditivo, serão necessárias apenas algumas alterações para garantir o funcionamento da transmissão em marcha lenta.

Para uma determinação mais precisa dos efeitos das diversas ações sobre a CVT seria importante que a Equipe Tchê Baja SAE da UFRGS tivesse disponível um dinamômetro e um motor elétrico com inversor de frequência, permitindo a medição do torque de entrada e de saída do sistema CVT simultaneamente. Ainda assim, esse trabalho já permitiu dar diretrizes sobre quais fatores investigar quando tal equipamento estiver disponível, bem como gerou resultados que serão muito úteis imediatamente no projeto do protótipo que deve participar de uma competição regional em novembro de 2012.

Em próximos trabalhos, sugere-se a integração dos dados obtidos aqui com aqueles que estão sendo desenvolvidos em outro trabalho de conclusão de curso neste mesmo semestre que busca a modelagem mecânica da CVT, bem como um trabalho anterior, realizado por Boeing, 2011, que desenvolveu uma metodologia para determinação de relações de transmissão, permitindo assim obter uma maior eficiência aliada a uma curva de relações de transmissão mais adequada ao veículo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aventuras na Oficina, **“CVT, um câmbio fotogênico”**, <http://gaspoint.blogspot.com.br/2010/04/cvt-um-cambio-fotogenico.html>. Acessado em 8/05/2012.

Beckwith, T. G., Marangoni, R. D., Lienhard, J. H., **“Mechanical Measurements”**, Addison-Wesley, 5th edition, 1993.

Boeing, R. V., **“Determinação das Relações de Transmissão para um Protótipo Baja SAE”**, Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2011.

Bresolin, J. G., **“Avaliação dos Esforços da Transmissão de um Veículo Tipo Baja SAE em Situações Reais de Utilização”**, Salão UFRGS 2011, Porto Alegre, RS, 2011.

Chen, T.F., Lee, D. W., Sung, C. K., **“An Experimental Study on Transmission Efficiency of a Rubber V-Belt CVT”**, Elsevier, Reino Unido, 1997.

Comet Industries, **“Model 790 Automatic Torque Converter Specifications”**, Comet Industries, Estados Unidos da América, 2003.

Equipe Tchê de Baja SAE, **“O Projeto – Os Carros”**, http://www.mecanica.ufrgs.br/minibaja/Proj_carros.html. Acessado em 6/05/2012a.

Equipe Tchê de Baja SAE, “**História da Equipe**”, <http://www.mecanica.ufrgs.br/minibaja/equipe.html>. Acessado em 6/05/2012b.

Gates Rubber, “**Belt Drive Efficiencies**”, Gates Compass Power Transmission CD-ROM, Versão 1.2, 1991.

Lang, Kevin R., “**Continuously Variable Transmissions – An overview of CVT research past, present and future**”, <http://123seminaronly.com/Seminar-Reports/005/34368943-cvt.pdf>. Acessado em 10/05/2012.

SAE Brasil, “**Regulamento Baja SAE Brasil**”, SAE Brasil, 2010.

SAE Brasil, “**O que é o Baja?**”, http://http://www.saebrasil.org.br/eventos/programas_estudantis/baja2012/. Acessado em 6/05/2012.

Shine, A. D., “**Fitting Experimental Data to Straight Lines (Including Error Analysis)**”, Student Everything Page, University of Delaware, 2006.

Vivani, Steffani, “**What Would Da Vinci Drive? – Unveiling the mystery behind the continuously variable transmission**”, <http://www.odec.ca/projects/2007/viva7s2/>. 2007.

APÊNDICE 1 - INSTRUMENTAÇÃO INSTALADA NO VEÍCULO

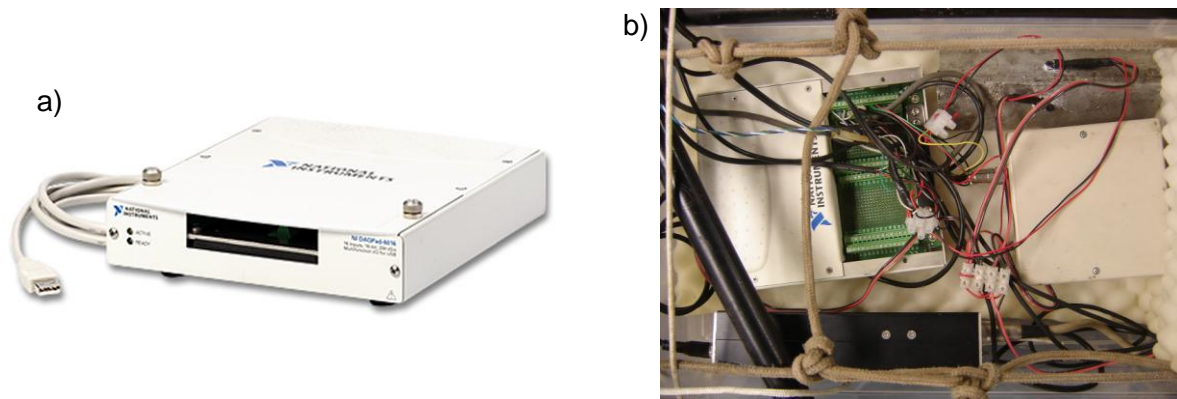


Figura A1.1 - a) Placa de aquisição de dados National Instruments utilizada. b) Equipamento de aquisição de dados e acessórios instalados no veículo.

APÊNDICE 2 - CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO DE TORQUE

O torque no eixo de saída da transmissão foi calculado através da expressão obtida por um ajuste linear dos dados de calibração, de forma que:

$$T = aV \quad (\text{A2.1})$$

onde T é o torque no eixo da transmissão, a é o coeficiente de reta do ajuste linear e V é a tensão medida pela placa de aquisição.

Segundo Shine, 2006, o coeficiente a pode ser determinado através da expressão A2.2.

$$a = \frac{\sum V_i T_i}{\sum V_i^2} \quad (\text{A2.2})$$

onde V_i e T_i são os valores de tensão e torque dos pontos de calibração, respectivamente.

Aplicando-se os dados de calibração chega-se a um valor de a de 35,6785 Nm/V.

Shine, 2006, ainda indica que a um dado obtido com base no ajuste realizado acima terá sua incerteza dada pela expressão A2.3.

$$u_{T_a} = t_{\alpha/2, n-2} S_{0,0} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{n(V - \bar{V})^2}{n \sum V_i^2 - (\sum V_i)^2}} \quad (\text{A2.3})$$

onde u_{T_a} é a incerteza do torque devida ao coeficiente de reta a , $t_{\alpha/2, n-2}$ é o valor crítico da distribuição t de student para um intervalo de confiança α e número de pontos de calibração n .

Ainda na equação A2.3 tem-se que:

$$S_{0,0} = \sqrt{\frac{\sum (T_i - a V_i)^2}{n - 1}} \quad (\text{A2.4})$$

Substituindo os valores dos pontos de calibração nas equações A2.2, A2.3 e A2.4, considerando um intervalo de confiança de 95% e 14 pontos de calibração, pode-se obter:

$$u_{T_a} = 1,782 \cdot 2,6071 \sqrt{\frac{1}{14} + \frac{14(V - 1,7638)^2}{14 \cdot 62,5716 - 609,7245}} \quad (\text{A2.5})$$

Como a incerteza de medição dos dados utilizados para a criação do ajuste linear são bastante inferiores à incerteza do ajuste em si estas serão ignoradas, pode-se assim utilizar a Equação A1.5 frente a outras muito mais complexas. Estas incertezas serão, porém, consideradas no cálculo final de incerteza do torque medido.

Aplicando-se a expressão geral de propagação de incertezas (A2.6) à Equação A2.1 obtém-se a Equação A2.7.

$$u_y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x_1} u_1\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2} u_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_n} u_n\right)^2} \quad (\text{A2.6})$$

onde u_y é a incerteza da variável independente y , x_1, x_2, \dots, x_n são as variáveis independentes e u_1, u_2, \dots, u_n são as incertezas individuais das variáveis independentes.

$$u_t = \sqrt{u_{T_a}^2 + (a u_V)^2} \quad (\text{A2.7})$$

onde u_T é a incerteza do torque medido, u_{T_a} é a incerteza do torque devido ao ajuste, dada pela Equação A2.5 e u_V é a incerteza da tensão medida, sendo esta definida pelo fabricante como:

$$u_V = 0,0007 V + 1,8975 \cdot 10^{-3} \quad (\text{A2.8})$$

Arranjando as Equações A2.5 e A2.8 na Equação A2.7, pode-se calcular a incerteza para qualquer torque medido. Aplicando o método para uma faixa de torque de 0 a 400 Nm obtém-se o gráfico de incerteza da Figura A2.1.

Incerteza de Medição de Torque

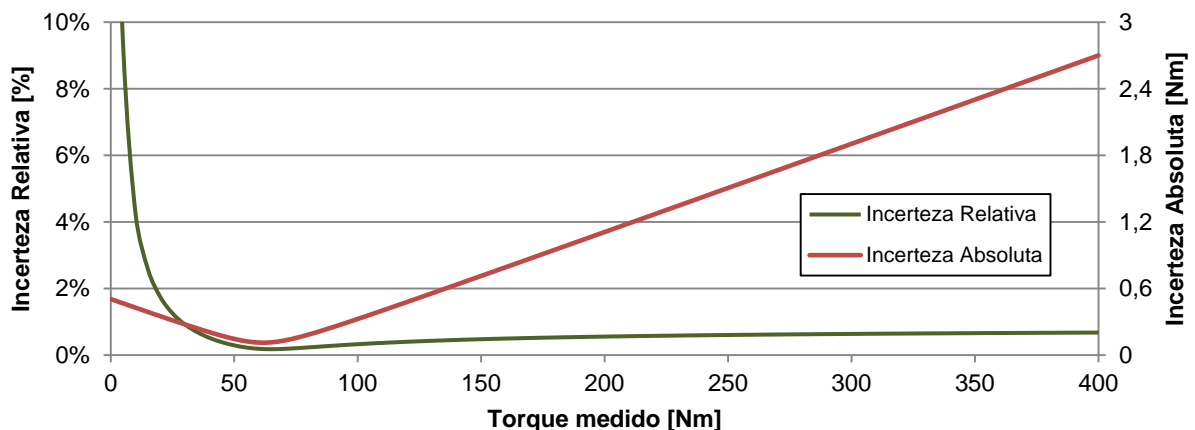


Figura A2.1 – Incerteza de medição para torques medidos.

As incertezas calculadas através da equação A2.8 são mostradas através das barras de erros dos gráficos do corpo do trabalho.

APÊNDICE 3 - CÁLCULO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO DO DIÂMETRO DA CORREIA NAS POLIAS

Para os dados de diâmetro adotado pela correia nas duas polias, foi considerada a incerteza da curva de ajuste utilizada. Como o erro devido ao ajuste mostra-se muito maior que a incerteza dos dados usados para criá-lo, o coeficiente de correlação do ajuste foi utilizado para estimar a incerteza dos dados de diâmetro, segundo a Equação A2.1 [Beckwith *et al.*, 1993]:

$$u_a = \sqrt{1 - R^2} \quad (A3.1)$$

onde u_a é a incerteza da variável calculada através do ajuste e R^2 é o coeficiente de correlação do ajuste.

O cálculo pela Equação 4.5 resultou em uma incerteza de 12,11% do diâmetro adotado pela correia na polia primária e de 19,88% na polia secundária.

APÊNDICE 4 - CÁLCULO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO DA POTÊNCIA

A potência entregue ao eixo de saída da transmissão será dada pela equação:

$$P = \frac{Torque \cdot RPM_{caixa}}{Rel} \cdot \frac{2\pi}{60} \quad (A4.1)$$

onde P é a potência entregue ao eixo de saída da transmissão, $Torque$ é o torque medido neste eixo, RPM_{caixa} é a velocidade de rotação da polia secundária da CVT, Rel é a relação de transmissão da caixa de redução por engrenagens e o termo $2\pi/60$ tem a função de converter a velocidade de rotação do eixo (RPM_{caixa}/Rel) de rpm para radianos por segundo.

A incerteza total da potência pode ser calculada aplicando-se as derivadas apropriadas da equação A4.1 na expressão geral de propagação de incertezas (A2.6), obtendo-se uma expressão para cálculo da incerteza de medição da potência, dada por A4.2.

$$u_p = \sqrt{\left(\frac{RPM_{caixa}}{Rel} \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot u_{Torque}\right)^2 + \left(\frac{Torque}{Rel} \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot u_{RPM_{caixa}}\right)^2} \quad (A4.2)$$

onde u_p é a incerteza de medição da potência, u_{Torque} é a incerteza de medição do torque e $u_{RPM_{caixa}}$ é a incerteza de medição da velocidade angular da polia secundária da CVT.

A expressão A4.2 foi utilizada para calcular-se a incerteza de medição de todos os valores de potência medidos, esta incerteza foi expressa através das barras de erro dos gráficos do corpo do trabalho.

APÊNDICE 5 - CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO DO COEF. DE ADERÊNCIA

Segundo a mesma metodologia utilizada no cálculo de incerteza da potência, aplicaram-se as derivadas apropriadas da equação 4.2 na expressão geral de propagação de incertezas (A2.6), de forma a obter a expressão para o cálculo da incerteza de medição do coeficiente de aderência, dada por A5.1.

$$u_{Cad} = \left[\left(\frac{RPM_{caixa}}{D_{motor} RPM_{motor}} \cdot u_{D_{caixa}} \right)^2 + \left(\frac{D_{caixa}}{D_{motor} RPM_{motor}} \cdot u_{RPM_{caixa}} \right)^2 + \left(-\frac{D_{caixa} RPM_{caixa}}{D_{motor}^2 RPM_{motor}} \cdot u_{D_{motor}} \right)^2 + \left(-\frac{D_{caixa} RPM_{caixa}}{D_{motor} RPM_{motor}^2} \cdot u_{RPM_{motor}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (A5.1)$$

onde u_{Cad} é a incerteza do coeficiente de aderência, u_{Dcaixa} e u_{Dmotor} são as incertezas do diâmetro da correia nas polias secundária e primária, respectivamente, e $u_{RPMcaixa}$ e $u_{RPMmotor}$ são as incertezas da velocidade de rotação das polias secundária e primária, respectivamente.

Como para os outros casos, essa incerteza é representada pelas barras de erro nos gráficos do corpo do trabalho.

APÊNDICE 6 - PROGRAMA PARA CÁLCULO DAS VELOCIDADES ANGULARES A PARTIR DO SINAL DIGITAL DOS SENSORES

Conforme descrito na seção 4.4.1 um programa foi criado para calcular a velocidade angular a partir do sinal dos sensores de rotação que foram conectados a entradas digitais da placa de aquisição de dados, o programa criado na plataforma MatLab/Simulink é mostrado na Figura A6.1.

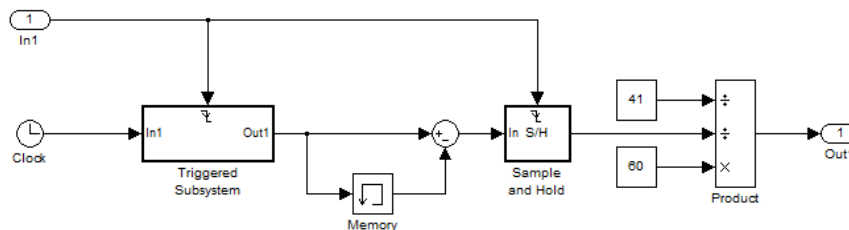


Figura A6.1 – Programa em MatLab/Simulink criado para cálculo das velocidades angulares.

Na Figura A6.1, o bloco *Triggered Subsystem* é acionado cada vez que é detectada uma borda de descida do sinal digital vindo dos sensores de velocidade angular (*In1*). Neste momento, o bloco dá como saída o tempo de processamento do programa, originado pelo bloco *Clock*. O bloco *Memory*, no qual também entra a saída do bloco *Triggered Subsystem*, fornece em sua saída sempre o valor anterior do sinal. Desta forma, subtraindo-se o tempo anterior do tempo atual, tem-se o intervalo de tempo entre dois pulsos detectados pelos sensores. O inverso deste tempo é a frequência do sinal. Ainda no programa, o bloco *Sample and Hold* serve para manter o valor calculado enquanto não há variação da entrada. Os blocos adiante deste tem a função de converter a frequência medida em velocidade angular em rpm, considerando o número de pulsos que caracterizam uma rotação completa.

APÊNDICE 7 - EXEMPLO DE DADOS OBTIDOS EM CAMPO

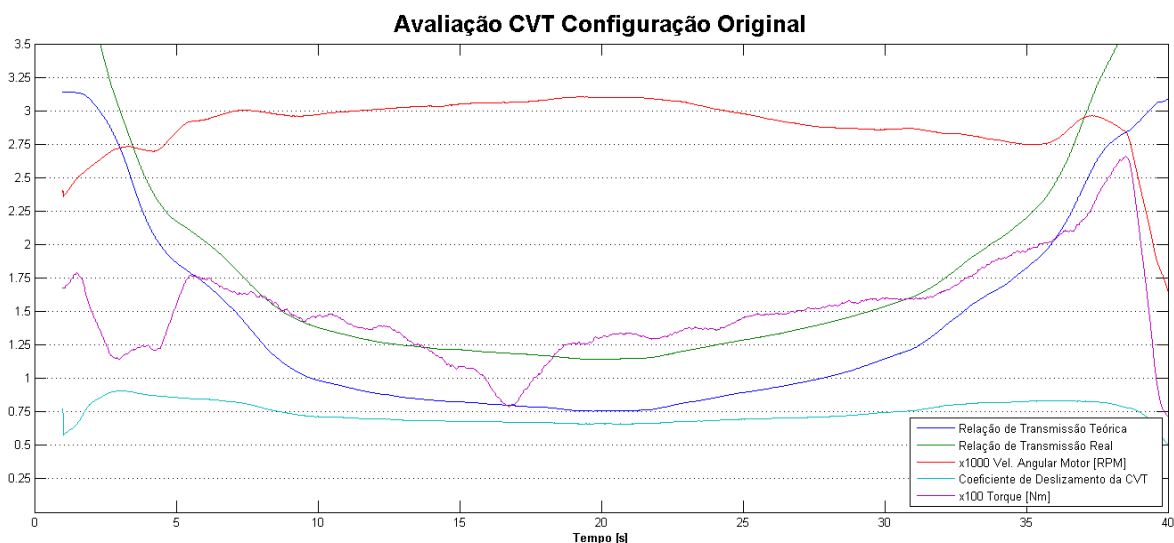
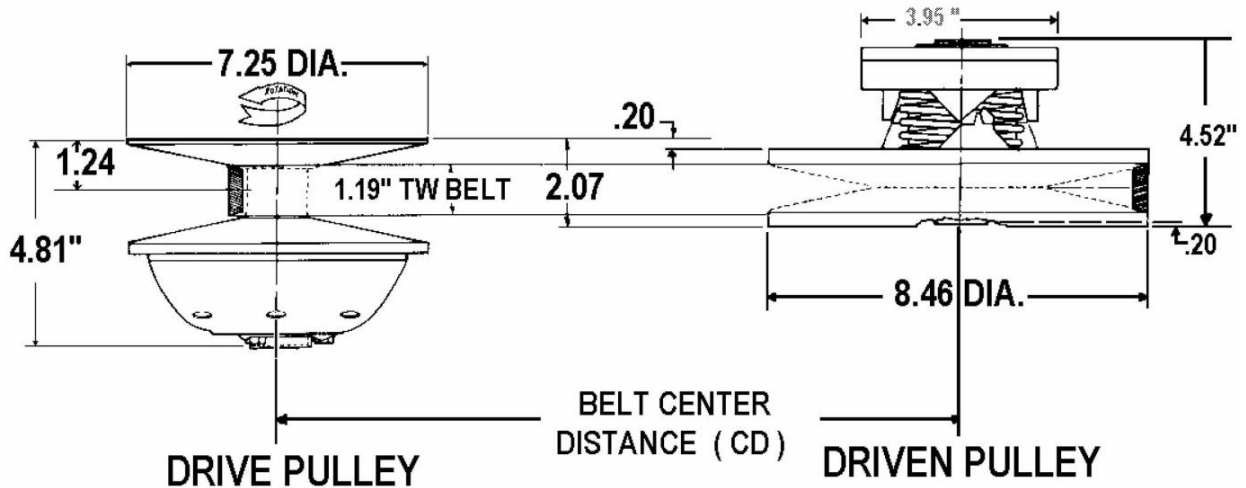


Figura A7.1 – Exemplo de dados obtidos em campo.

ANEXO 1 - DADOS DISPONIBILIZADOS PELO FABRICANTE SOBRE A CVT UTILIZADA.



**MODEL 790
AUTOMATIC
TORQUE CONVERTER**

LAYOUT DIMENSIONS:**SPECIFICATIONS**

MAX ENGINE RATING:	MAX RPM:
2-Cycle - 30 H.P.	10,000
4-Cycle - 16 H.P.	5,500
BORE SIZES	SPEC. NO.
DRIVE - 1"	300821C
DRIVEN - 3/4"	302603C

BELT SELECTION:

PART NUMBER	BELT C.D.
300780C (QDS136)	9.41"
300634C (QDS137)	10.41"
300637C (QDS138)	11.50"
300638C (QDS139)	11.84"

PULLEY RATIOS:

LOW - 3.38:1	(SHOWN ABOVE)
HIGH - .54:1	
OVERALL - 6.26:1	

**DISCOUNTED PRICES APPLY TO
MIN-BAJA PROJECT ONLY.**

	<u>LIST</u>	<u>NET*</u>
DRIVES :	\$295.00	\$ 175.00
DRIVENS:	275.00	165.00
BELTS :	71.00	43.00

***SHIPPING / TAXES:** "FOB QDS" OR "FRT.COLLECT" / ADD 8.25 PERCENT TO PURCHASES IN CALIFORNIA ONLY.

NOTE: NEVER OPERATE A TORQUE CONVERTER WITHOUT A SUITABLE SAFETY SHIELD.

NOTE: DO NOT RUN AN ENGINE EQUIPPED WITH A DRIVE PULLEY IF THE BELT IS NOT ENGAGED WITH THE DRIVEN PULLEY.

DISTRIBUTED BY:

QDS P.O. BOX 6910 , ALHAMBRA , CALIFORNIA 91802 TEL. (626) 293-5770 / FAX.(626) 281-3392_

Figura A1.1 – Especificações da CVT utilizada nos protótipos Baja da UFRGS [Comet Industries, 2003].