



Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica 2

Atena
Editora
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

**Impactos das Tecnologias na
Engenharia Mecânica**
2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia mecânica 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-85-7247-247-0

DOI 10.22533/at.ed.470190504

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Série.

CDD 670.427

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos

Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas. Nesta obra é conciliada duas atividades essenciais a um engenheiro mecânico: Projetos e Simulação.

É possível observar que na última década, a área de projetos e simulação vem ganhando amplo destaque, pois através de simulações pode-se otimizar os projetos realizados, reduzindo o tempo de execução, a utilização de materiais e os custos finais.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens nos projetos dentro da grande área das engenharias.

Trabalhos envolvendo simulações numéricas, tiveram um grande avanço devido a inserção de novos softwares dedicados a áreas específicas, auxiliando o projetista em suas funções. Sabe-los utilizar de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Neste livro são apresentados vários trabalhos, alguns com resultados práticos, sobre simulações em vários campos da engenharia industrial, elementos de maquinas e projetos de bancadas práticas.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
RESOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DA DIFUSÃO UNIDIMENSIONAL COM SOLUÇÃO SUAVE UTILIZANDO MALHA ADAPTATIVA	
<i>Gabriel Marcos Magalhães</i> <i>Hélio Ribeiro Neto</i> <i>Aristeu da Silveira Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905041	
CAPÍTULO 2	14
USO DE MALHAS NÃO-ESTRUTURADAS NA RESOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DA DIFUSÃO	
<i>Gabriel Marcos Magalhães</i> <i>Alessandro Alves Santana</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905042	
CAPÍTULO 3	29
MÉTODOS NUMÉRICOS: DIFERENÇAS FINITAS E GUIA DE ONDAS DIGITAIS 1D E 2D - COMPARATIVO DE FREQUÊNCIAS	
<i>Brenno Lobo Netto Peixoto</i> <i>Marlipe Garcia Fagundes Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905043	
CAPÍTULO 4	43
INFLUÊNCIA DA DISCRETIZAÇÕES ESPACIAL E TEMPORAL EM PROBLEMA PURAMENTE ADVECTIVO	
<i>Thiago Fernando Santiago de Freitas</i> <i>Andreia Aoyagui Nascimento</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905044	
CAPÍTULO 5	53
FRONTEIRA IMERSA PARA CORPOS ESBELTOS	
<i>João Rodrigo Andrade</i> <i>Aristeu Silveira Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905045	
CAPÍTULO 6	61
MATHEMATICAL AND NUMERICAL MODELLING OF GAS-SOLID TURBULENT FLOWS IN COMPLEX GEOMETRIES	
<i>Stella Rodrigues Ferreira Lima Ribeiro</i> <i>Letícia Raquel de Oliveira</i> <i>João Marcelo Vedovoto</i> <i>Aristeu da Silveira Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905046	
CAPÍTULO 7	69
ESTUDO NUMÉRICO DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA TRANSIENTE EM PLACAS	
<i>William Denner Pires Fonseca</i>	

*Táisa Santos Machado
Eduardo Mendonça Pinheiro
José Felipe Lopes de Carvalho
Sidney da Conceição Alves
Thiago Santana de Oliveira*

DOI 10.22533/at.ed.4701905047

CAPÍTULO 8 83

IDENTIFICAÇÃO EXPERIMENTAL E PROJETO DE UM PID PARA UM SERVOMECANISMO

*Wesley Pereira Marcos
Rodrigo Hiroshi Murofushi
Bruno Luiz Pereira*

DOI 10.22533/at.ed.4701905048

CAPÍTULO 9 98

MODELAGEM ESTOCÁSTICA DE ESTRUTURAS COMPÓSITAS CONTENDO SHUNT RESISTIVO PARA O CONTROLE PASSIVO DE VIBRAÇÕES

*Lorrane Pereira Ribeiro
Antônio Marcos Gonçalves de Lima
Victor Augusto da Costa Silva*

DOI 10.22533/at.ed.4701905049

CAPÍTULO 10 114

PROJETO E ANÁLISE DE VIBRAÇÕES POR ELEMENTOS FINITOS DE UM CHASSI TIPO SPACE FRAME MINI-BAJA

*Marcos Claudio Gondim
Ellberlandyo Lima Grangeiro
Antonio Eurick Soares Campelo
Lucas Rodrigues Oliveira
Bruno de Oliveira Carvalho*

DOI 10.22533/at.ed.47019050410

CAPÍTULO 11 126

SIMULAÇÕES DOS ESFORÇOS VIBRACIONAIS DO CABO CAA 795 MCM (TERN) ATRAVÉS DE MÉTODOS ANALÍTICOS E NUMÉRICOS DE VIBRAÇÃO

*Jhonattan Dias
Rodrigo Canestraro Quadros
Marcos Jose Mannala
Marcio Tonetti*

DOI 10.22533/at.ed.47019050411

CAPÍTULO 12 133

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE FREIO APLICADO A UM VEÍCULO OFF-ROAD DO TIPO BAJA-SAE

*Felipe Alencar Motta
Lucas Rocha Dias da Silva*

DOI 10.22533/at.ed.47019050412

CAPÍTULO 13	146
OTIMIZAÇÃO DA ESCOLHA DA RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES ATRAVÉS DE MODELAGEM MATEMÁTICA: O PROJETO BAJA SAE	
<i>Pedro Melo Biz</i> <i>Leonardo Gomes</i> <i>Antônio Brasil</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050413	
CAPÍTULO 14	157
ANÁLISE CINEMÁTICA DE SUSPENSÃO TRAILING ARM COM CAMBER LINKS PARA VEÍCULO OFF-ROAD	
<i>Francisco José Rodrigues de Sousa Júnior</i> <i>João Lucas Jacob Araújo</i> <i>Gustavo Luis dos Santos Silva</i> <i>Antônio Ítalo Rodrigues Pedrosa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050414	
CAPÍTULO 15	169
APLICAÇÃO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS DE 2ª ORDEM EM SUSPENSÃO VEICULAR	
<i>Alaí de Souza Machado</i> <i>Pedro Henrique Rodrigues Taveira</i> <i>Filipe Gomes Soares</i> <i>Domingos dos Santos Ponciano</i> <i>Marcus Victor de Brito Rodrigues</i> <i>João Lucas Jacob Araújo</i> <i>Gean Carlos Moura Mota</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050415	
CAPÍTULO 16	178
ANÁLISE AERODINÂMICA: SIMULAÇÃO FLUIDO DINÂMICA DO PROTÓTIPO EC-05 DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA EQUIPE COYOTE	
<i>Paulo Henrique Pereira Araujo</i> <i>Josué Alves Rodrigues Junior</i> <i>Thaiane Mayara Marques Licar</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050416	
CAPÍTULO 17	190
APLICAÇÃO DE SISTEMAS NEURO-FUZZY NA PREDIÇÃO DO COEFICIENTE DE SUSTENTAÇÃO DO AEROFÓLIO NACA 1412	
<i>Vitor Taha Sant'Ana</i> <i>Bruno Luiz Pereira</i> <i>Tobias Moraes</i> <i>Roberto Mendes Finzi Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050417	

CAPÍTULO 18	195
AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE CONTROLE ATIVO DE RUÍDO EM VENEZIANAS ACÚSTICAS COM CONFIGURAÇÕES DISTINTAS VIA ELEMENTOS FINITOS	
<i>Geisa Arruda Zuffi</i>	
<i>Fabiana Alves Pereira</i>	
<i>Marcus Antonio Viana Duarte</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050418	
CAPÍTULO 19	203
ABSORVEDORES ACÚSTICOS DE RUÍDO: MODELAGEM NUMÉRICA	
<i>Fabiana Alves Pereira</i>	
<i>Geisa Arruda Zuffi</i>	
<i>Israel Jorge Cárdenas Nuñez</i>	
<i>Marcus Antonio Viana Duarte</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050419	
CAPÍTULO 20	211
INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ESCOLHA DAS DIMENSÕES DO RECEPTOR NO MÉTODO DO TRAÇADO DE RAIOS ACÚSTICOS	
<i>Henrique Gebran Silva</i>	
<i>Marlipe Garcia Fagundes Neto</i>	
<i>Pollyana Alves Resende</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050420	
SOBRE OS ORGANIZADORES	228

OTIMIZAÇÃO DA ESCOLHA DA RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES ATRAVÉS DE MODELAGEM MATEMÁTICA: O PROJETO BAJA SAE

Pedro Melo Biz

Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande – RS

Leonardo Gomes

Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande – RS

Antônio Brasil

Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande – RS

RESUMO: Uma das dificuldades enfrentadas pelos projetistas na etapa inicial de projeto de uma transmissão veicular, está em qual será a relação ou as relações de transmissões que deverão ser utilizadas. Para auxiliar nesta tarefa, a modelagem matemática pode ser uma ferramenta a favor do projetista. O presente trabalho tem como objetivo, apresentar uma modelagem matemática dos esforços físicos suportados pelo sistema, para dar suporte aos projetistas mecânicos na escolha da melhor relação de transmissão para os seus sistemas de transmissões de potência. O mesmo se baseia nas resistências físicas desenvolvidas em um veículo automotor. No presente caso, a utilização do algoritmo será efetuada como um estudo de caso da equipe de BAJA SAE, FURG Motorsport, onde será validada sua função como importante ferramenta na escolha da relação de transmissão do protótipo, bem como

as possibilidades de aplicação do programa. A otimização por modelagem matemática da relação de transmissão do objeto de estudo obteve resultados satisfatórios, ocasionando a melhora significativa do sistema de transmissão do protótipo.

PALAVRAS-CHAVE: Transmissão, BAJA, Modelagem

ABSTRACT: The halves faced by the designers in an initial stage of design of a vehicular transmission, will be in a ratio or the ratios of transmission that should be used. And a mathematical modeling can be a tool in favor of the designer in this task. This present work has to do with the model model for the support of the system, to the support of the projective method of the digital transmission to its systems of transmissions of power. The same is based on the resistances of the latter in a motor vehicle. In the present case, the use of the algorithm will be performed as a case study of BAJA SAE, FURG MOTORSPORT, where its function will be validated as important in the choice of the prototype transmission interface, as well as the possibilities of application of the program. Optimizing the transmission modeling of objects in a character set is a process that improves the transmission speed of the prototype.

KEYWORDS: Powertrain, BAJA, Simulation.

1 | INTRODUÇÃO

No estágio inicial de projeto de um veículo automotor, independente da sua finalidade, seja ela segurança, conforto e autonomia para veículos de passeio, ou para alcançar os limites físicos dos circuitos de alta velocidade nas inúmeras competições espalhadas pelo mundo, qualquer projetista se encontra com incertezas, caso não tenha experiências prévias com modelos próximos ao que está sendo projetado.

Por isso, modelos simplificados, simulações e modelagens matemáticas do futuro protótipo devem ser feitas. Essas modelagens devem ser claras e flexíveis devido ao processo iterativo que é normalmente necessário no começo de qualquer projeto de máquinas (NORTON,2010).

Dada a especificação de motor, características físicas do veículo e condições de trabalho, a transmissão de um veículo deve ser projetada. Dentre suas etapas de projeto, o valor da redução ou das reduções do futuro protótipo deve ser especificada, e a partir deste ponto surge a seguinte pergunta: “Qual a constante que deverá multiplicar a curva de torque do motor para que se tenha os resultados esperados?”.

Foi com esta motivação que a modelagem matemática das características da transmissão foi desenvolvida, simulando as forças máximas produzidas e as resistências ao movimento que a transmissão teoricamente terá que suportar.

O seguinte algoritmo foi desenvolvido para servir como uma base sólida na escolha da relação de transmissão. De forma ilustrativa e iterativa para o usuário, o programa permite que o projetista veja de forma rápida as mudanças físicas que cada escolha de relação acarreta. Pode assim, dimensionar as peças do conjunto de forma mais precisa e com uma menor incerteza, fabricando-as com as dimensões suficientes para resistir aos esforços reais, economizando material e ferramentaria. Tudo isso contribui para a redução da robustez dos elementos mecânicos, aumentando a autonomia do veículo e contribuindo para o meio ambiente.

Tendo como base os principais autores no ramo da dinâmica veicular, as principais resistências ao movimento que um veículo encontra são distribuídas em resistência ao rolamento, aerodinâmica e de aclone (GILLESPIE,1992), e foi com este embasamento teórico que o programa foi desenvolvido no software Matlab, creditando ao mesmo a capacidade de interação do usuário à teoria previamente estabelecida.

No presente trabalho, será feito um estudo de caso da equipe de BAJA SAE, FURG Motorsport, a qual estava estagnada quanto a escolha da relação de transmissão de seu futuro veículo, visto que a competição exige que o protótipo tenha características fisicamente opostas, uma grande capacidade de tração para vencer os obstáculos impostos, e a maior velocidade possível para que o veículo seja competitivo. Assim, a equipe necessita de uma relação única que represente o melhor das duas características dados os esforços exercidos.

2 | METODOLOGIA

O presente trabalho representa uma pesquisa quantitativa, pois utiliza uma linguagem matemática e lógica para a solução do problema proposto (FONSECA, 2002). Também possui características de uma pesquisa descritiva, pois, baseando-se na teoria de dinâmica veicular já consolidada, o estudo pretende descrever os fatos e fenômenos do estudo de caso (TRIVIÑOS, 1987). Igualmente possui características de pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos do projeto. O procedimento de estudo de caso estará interligado com o procedimento de pesquisa bibliográfica, visto que parte da proposta se destina à abordagem teórica dos problemas encontrados (FONSECA, 2002).

2.1 Procedimento experimental

A partir dos dados iniciais para o projeto (motor, características físicas do veículo e condições de trabalho), a transmissão de um veículo deve ser projetada. A obtenção da característica do motor utilizado é feita a seguir:

No caso de equipes de BAJA SAE, o motor é padrão e não pode ser alterado dado a regulamentação imposta. Sendo assim, utilizou-se a curva de torque disponibilizada no manual do motor, o qual fornece um pico de 18,5 N.m de torque e 10 HP de potência.

Outra característica de protótipos do tipo BAJA SAE é a utilização da transmissão primária CVT (Transmissão Continuamente Variável), a qual não é regulamentada quanto a sua funcionalidade, apenas segundo a sua segurança, porém, utilizada pela maioria das equipes em busca de uma aceleração suave e maior capacidade de redução. A CVT utilizada pela Equipe FURG Motorsport é a Comet 780, a qual não possui curva característica vinda do manual.

Portanto, foi necessário o levantamento de sua curva através de experimento em bancada utilizando um tacômetro analógico em cada uma de suas polias e fazendo o levantamento de sua redução através da relação de velocidades angulares entre as polias, conforme o desenvolvimento da aceleração do motor. Já a curva de torque do motor é conhecida dada o manual do mesmo.

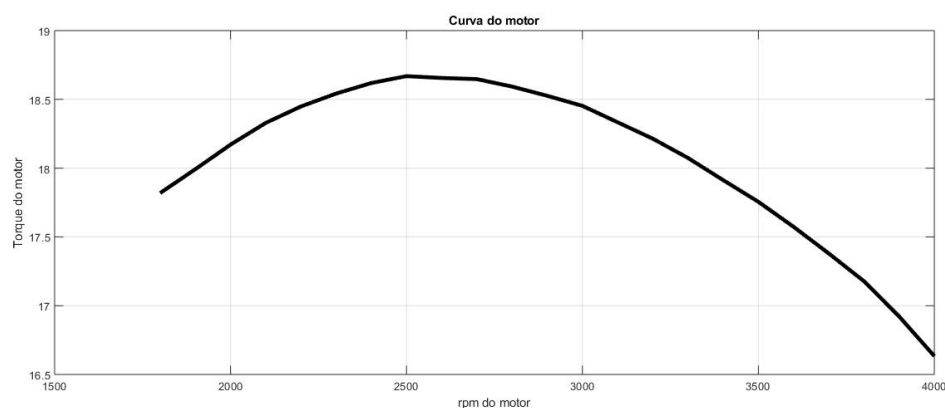


Figura 1. Curva do motor

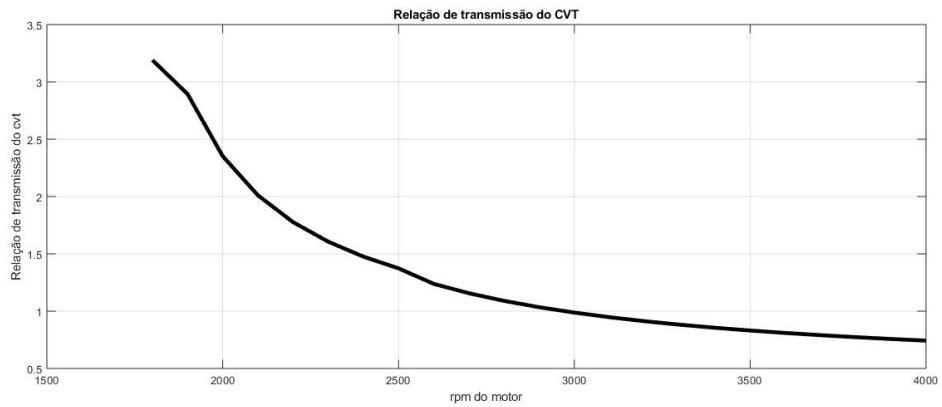


Figura 2. Curva da relação do CVT

Equações governantes

Para as condições iniciais do presente trabalho foi considerado que é de conhecimento do projetista todas as características dinâmicas do veículo em movimento. As resistências ao movimento se dividem em: resistência ao rolamento; resistência aerodinâmica; resistência ao aclone.

- **Resistência ao rolamento**

É uma perda da energia mecânica causada pela deformação do pneu em contato com a pista, caso a pista seja rígida, ou causada pela deformação do pneu e da pista, caso a pista seja feita de um elemento altamente deformável, aumentando a energia interna do sistema na forma de calor. Esta perda é considerada como sendo uma força, obtida pela análise de torques gerados pelo deslocamento do ponto onde se atribui a carga distribuída do centro da roda atue (Silveira, 2011).

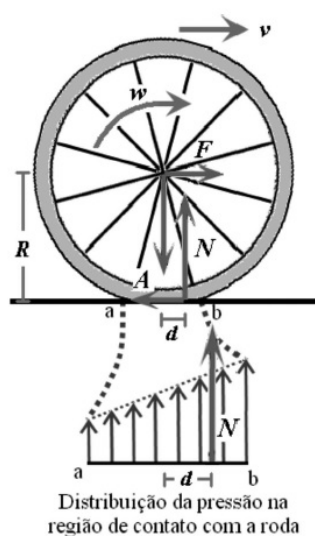


Figura 3. Carga distribuída de um pneu no solo, e a distância do seu ponto de aplicação ao centro da roda

Sua equação algébrica é dada por:

$$Q_r = f \cdot G \quad (1)$$

Onde:

Q_r : resistência ao rolamento [N]

f : coeficiente de resistência ao rolamento

G : força normal da roda sobre o solo [N]

- **Resistência aerodinâmica:**

Segundo Milliken & Milliken (1995), como é definido pela mecânica dos fluidos clássica, a interação entre as partículas de um gás, no caso do estudo o ar, é dada de duas maneiras, a primeira é quando duas partículas colidem entre si gerando forças de pressão ou quando as partículas podem deslizar umas sobre as outras, produzindo esforços tangenciais que são as forças de atrito.

Essas interações ao englobar o veículo, geram esforços, esses esforços podem ajudar o mesmo como é o caso do efeito de *downforce* (Katz, 1995), ou causar resistência ao movimento que é o objeto de estudo. As dadas interações causam resistências, cada uma a sua maneira. Será considerado neste trabalho apenas o arrasto ocasionado pela pressão, visto que a análise de escoamento viscoso foge do escopo deste trabalho.

Além do mais, como o veículo pode ser considerado um corpo com geometria suavizada, o arrasto viscoso representa uma pequena porcentagem do arrasto total (Anderson, 2010a). Entretanto, para estudos de maior complexidade e precisão, a resistência devido ao arraste viscoso deve sim ser analisada. Sua equação algébrica é dada por:

$$D_a = 1/2 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C \cdot A \quad (2)$$

Onde:

D_a : Resistência aerodinâmica [N];

ρ : Massa específica do ar [Kg/m³];

C : Coeficiente de arrasto;

A : Área transversal do corpo [m²];

V : Velocidade corpo [m/s²].

- **Resistência ao aclave:**

A resistência de aclave é, geralmente, analisada para veículos projetados para o ambiente *off-road*, o qual é mais agressivo do que a situação mais usual urbana. Para a situação de aclave, a resistência de aclave, é facilmente analisada pela física clássica, como um corpo em um plano inclinado, igualando a força de tração gerada

pelo *Powertrain* à decomposição do peso do veículo contra a direção do movimento (NICOLAZZI,2008a).

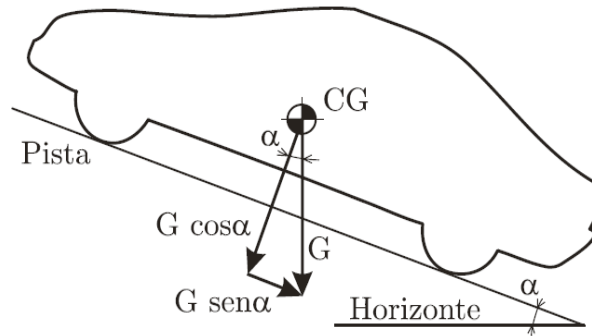


Figura 4. Esforços físicos de um veículo em aclave

Sua equação algébrica é dada por:

$$A_c = G \cdot \text{sen}(\alpha) \quad (3)$$

Onde:

A_c : Resistência ao aclave [N]

G : força normal da roda sobre o solo [N]

α : Ângulo de aclave [°]

Após a breve explicação do referencial bibliográfico, se dá sequência ao desenvolvimento do trabalho. Como a presente pesquisa representa um estudo de caso do ponto de vista aplicado, valores reais devem ser analisados. Por esta razão, analisou-se o protótipo BF-03 da equipe FURG Motorsport, veículo desenvolvido no ano de 2015, com o intuito de buscar dados práticos para ajudar na formulação do algoritmo que ajudará no projeto do próximo protótipo.

Para a resistência ao rolamento, utilizou-se valores de coeficientes de rolamento encontrados em bibliografia (NICOLAZZI, 2008b), e o peso de cada roda foi encontrado através da pesagem do veículo com piloto, onde encontrou-se 94,5 Kgf em cada roda traseira e 63 Kgf em cada roda dianteira.

Em relação à resistência aerodinâmica no que se diz respeito à massa específica do ar, foram utilizados valores encontrados em bibliografia (Anderson,2010b), o coeficiente de arrasto foi encontrado através de simulação numérica no software Ansys, onde chegou-se ao valor de 0,18. Já a área frontal foi estipulada através do desenho realizado em CAD do protótipo no software SolidWorks, o qual obteve como resposta 1,03 m².

Com a obtenção de todos os parâmetros necessários para o desenvolvimento do algoritmo, o roteiro foi desenvolvido em Matlab. O roteiro é dividido em três partes, na primeira é colocada as variáveis conhecidas já citadas nos tópicos referentes às resistências ao movimento.

Em seguida, a curva da velocidade pela força do veículo é obtida através dos parâmetros físicos do mesmo, como raio do pneu e relação de transmissão proposta, além das curvas apresentadas nas figuras 1 e 2.

Por fim é demonstrada a interação da curva da força do veículo em função de sua velocidade e das resistências ao movimento.

O roteiro desenvolvido é exposto a seguir.

```

32 -
33 - for i=1:length(rot_m)-1
34 -     if rot_m(i+1) == rot_m(i)
35 -         rot_m(i+1) = rot_m(i) + 1;
36 -     end
37 -
38 -     if rot_cvt(i+1) == rot_cvt(i)
39 -         rot_cvt(i+1) = rot_cvt(i) + 1;
40 -     end
41 - end
42 -
43 -
44 - rpm_motor = 1800:100:4000; % criar um vetor padrão entre os workspace.
45 -
46 -
47 - %% Iterpolações
48 -
49 - rpm_cvt = interp1(rot_m,rot_cvt,rpm_motor,'linear','extrap');
50 -
51 - torque = interp1(torquexrpm(:,1),torquexrpm(:,2),rpm_motor,'pchip','extrap'); % usamos interpolação para deixar os vetores do mesmo tamanho
52 -
53 - % Cálculos
54 - forca_roda = ((rpm_motor./rpm_cvt).*torque.*r_cx)/r_pneu;
55 -
56 - relacao_cvt = rpm_motor./rpm_cvt
57 - rpm_motor1 = linspace(1800,4200,length(relacao_cvt))
58 -
59 - velocidade = (rpm_motor.*(rpm_cvt./rpm_motor)*(1/r_cx))*pi*d_pneu*(60/1000);
60 -
61 - %% RESISTÊNCIA AERODINÂMICA
62 - rpm_motorAERO = 1200:0.01:2500; % criar um vetor padrão entre os workspace.
63 -
64 - %% Iterpolações
65 - rpm_cvt = interp1(rot_m,rot_cvt,rpm_motorAERO,'linear','extrap');
66 -
67 - velocidadeAERO = (rpm_motorAERO.*(rpm_cvt./rpm_motorAERO)*(1/r_cx4))*pi*d_pneu*(60/1000);
68 -
69 - resistencia_aerodinamica = 0.5*(p*(velocidadeAERO/3.6).^2)*(C)*(A);
70 -
71 -
72 - %% RESISTÊNCIA AO ROLAMENTO
73 -
74 - resistencia_rolamento = ones(70,1)*m*g*f;
75 -
76 - %% Graficos
77 - figure(1)
78 - plot(velocidade,forca_roda,velocidadeAERO,resistencia_aerodinamica);grid
79 - xlabel('Velocidade em Km/h')
80 - ylabel('Força na roda em N')
81 - title('Velocidade x força na roda')
82 - hold on
83 - plot(resistencia_rolamento)
84 - hold on
85 - legend ('Força na roda', 'Resistência aerodinâmica', 'Resistência ao rolamento', 'Resistência ao aclave')
86 -
87 - figure (2)
88 - plot(rpm_motor1,relacao_cvt)
89 -
90 -

```

script

Ln 5 Col 1

```
C:\Users\pedro\OneDrive\Área de Trabalho\Curso de Dinâmica Veicular\CREEM.m*
EDITOR PUBLISH VIEW
New Open Save Compare Find Files Go To Comment % Breakpoints Run Run and Advance Run Section Run and Time
FILE NAVIGATE EDIT BREAKPOINTS RUN
1 %% "OTIMIZAÇÃO DA ESCOLHA DA RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES
2 %% ATRAVÉS DE MODELAGEM MATEMÁTICA: O PROJETO BAJA SAE"
3
4 % PEDRO MELO BIZ
5
6 clc; close all; clear all;
7
8 load 'dados_motor_cvt'
9 %%Variaveis
10 r_cx = 8.72; % relação da caixa de transmissão na primeira marcha
11 r_cx2 = 5.9; % relação da caixa de transmissão na segunda marcha
12 r_cx3 = 4.3; % relação da caixa de transmissão na terceira marcha
13 r_cx4 = 2.91; % relação da caixa de transmissão na quarta marcha
14 d_pneu = 0.5334; % diametro do pneu em metros
15 r_pneu = 0.2667; % raio do pneu em metros
16 m = 315; % massa do carro em quilogramas
17 g = 9.81; % aceleração da gravidade em metros por segundo ao quadrado
18 f = 0.06; %coeficiente de rolamento
19 p = 1.2255; % pressão dinâmica do ar
20 C = 0.1; % Coeficiente de arrasto
21 A = 1.03; % Área frontal
22 P = 0 : 100;
23
24 % g = P/100
25 % a = atan(g)
26
27
28 %%TRANSMISSÃO
29 % Tratamento dos dados
30 rot_m = sort(rot_m);
31 rot_cvt = sort(rot_cvt);
script Ln 5 Cel 1
```

Figura 5. Algoritmo Desenvolvido

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o desenvolvimento do algoritmo, foram utilizados os dados do protótipo BF-03 para validação do mesmo, e os resultados encontrados foram próximos aos obtidos pelo programa. Em teste prático, realizado em uma pista plana de 100 metros de comprimento a qual se assemelha da condição encontrada na prova de velocidade da competição, o veículo, obteve velocidade máxima de 54 km/h, dados estes aferidos através de eletrônica embarcada, contra 56,3 km/h obtidos de simulação no programa.

Esta diferença, inferior a 5%, se deve a inúmeros fatores como a eficiência dos componentes mecânicos, intempéries da pista e desgastes do pneu. Notar que a resistência aerodinâmica pouco influência o protótipo devido a sua pequena área frontal e baixo coeficiente de arrasto.

As imagens a seguir representam a força na roda em função da velocidade do protótipo. Observa-se, que após o ponto de intersecção das curvas, o protótipo não possui força suficiente para vencer a resistência imposta e deve reduzir a sua velocidade para conseguir vencer o obstáculo, ou, caso a redução não for suficiente, o mesmo não poderá superar os desafios impostos pela pista.

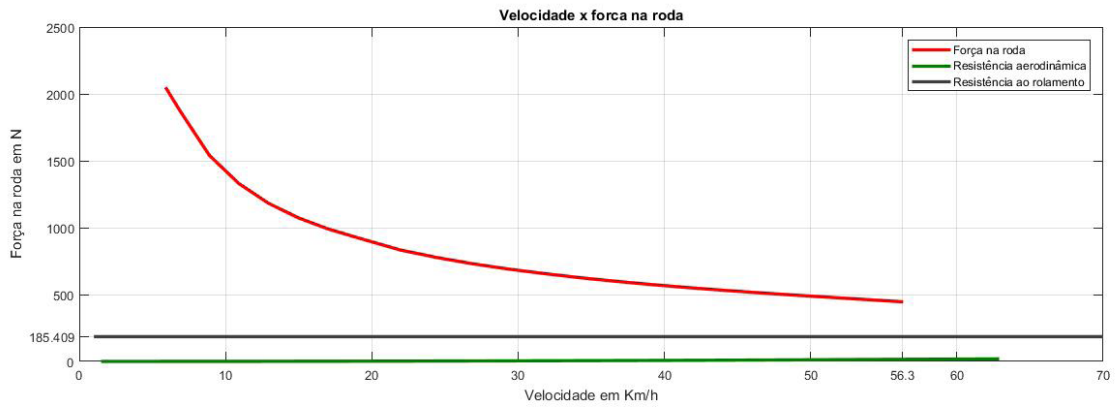


Figura 6. Resultado obtido no algoritmo desenvolvido

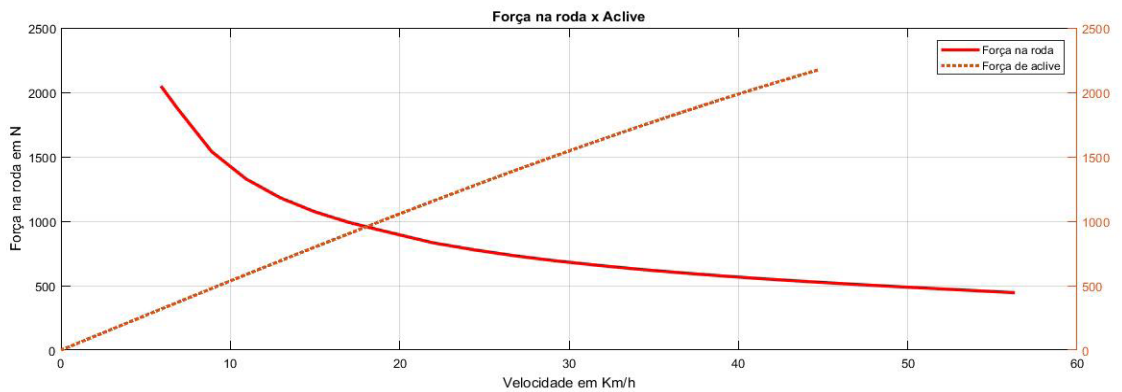


Figura 7. Resultado obtido pelo algoritmo para o aclive de 0° a 90°

A partir da confiabilidade obtida pelo algoritmo desenvolvido, a equipe simulou qual seria a nova relação de transmissão que mais se adequaria ao novo projeto.

Por experiências prévias, o veículo necessita vencer excessivos ângulos de aclive, superiores a 30° (NICOLAZZI,2008c), e realizar a prova de tração.

A prova de tração mais desafiadora até o presente momento foi arrastar um veículo da marca Troller, que possui massa de aproximadamente 2140 kg. Além disso ele oferece uma resistência ao movimento em torno de 1679.472 N em pedra britada solta, 192.276 N no asfalto, e em torno de 1259.604 N em terra batida. Porém, o próprio protótipo oferece uma certa resistência ao rolamento devido ao seu peso, que deve ser descontada da equação da força na roda.

Após analisar os dados obtidos por experiência prévia da equipe e analisar as forças desenvolvidas pelo protótipo, a mesma observou que poderia utilizar uma redução menor do que a atual 9.61 e obter velocidades maiores na pista e mesmo assim continuar superando os esforços impostos pela competição. Após a análise de diferentes relações de transmissão, a equipe optou pela relação de 8.72, a qual apresenta os seguintes resultados.

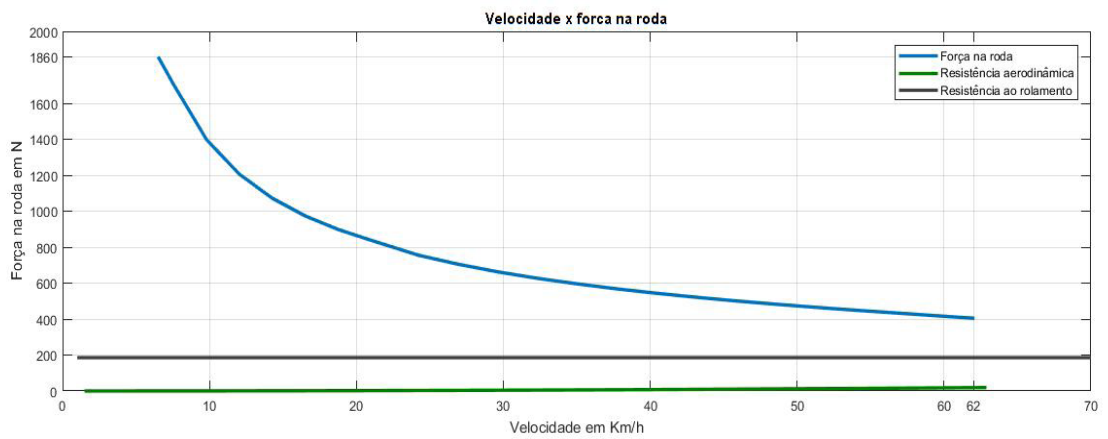


Figura 8. Resultado obtido para relação de redução de 8,72

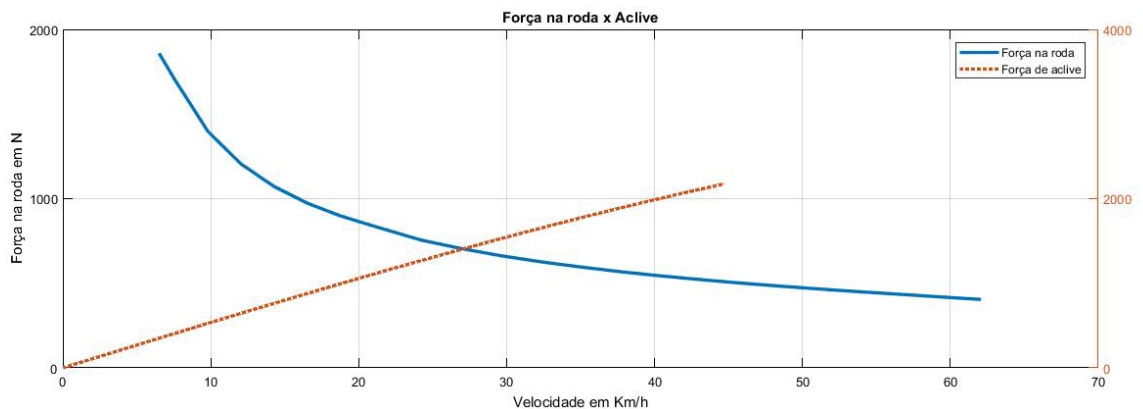


Figura 9. Resultado de active de 0° a 90° para relação de redução de 8,72

4 | CONCLUSÃO

O presente trabalho atendeu aos requisitos da equipe FURG Motorsport, sendo uma ferramenta valiosa no projeto da transmissão, que é um dos setores mais importantes do protótipo. Através do algoritmo desenvolvido, serão dimensionados componentes mecânicos que atendam perfeitamente as necessidades da equipe na competição, otimizando o tempo e recursos da mesma.

O algoritmo desenvolvido possui a característica de intercambialidade, visto que basta realizar pequenas alterações nas variáveis impostas no mesmo para que seja feito o dimensionamento de um veículo completamente diferente, como é o exemplo fictício criado a seguir de um veículo com 4 marchas.

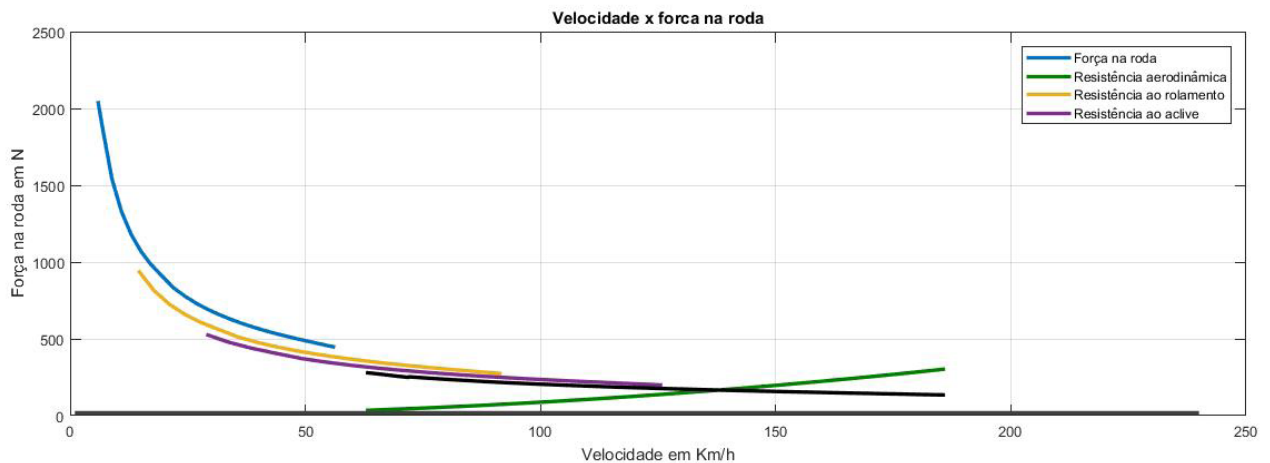


Figura 10. Exemplo fictício de um veículo de 4 marchas demonstrando a intercambialidade do algoritmo

5 | AGRADECIMENTOS

Um agradecimento a toda equipe FURG Motorsport a qual desenvolve com muito trabalho e dedicação seus protótipos, e ao ex-integrante e engenheiro Wesley Rocha, o qual foi parte fundamental do desenvolvimento teórico do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.D. Fundamentals of Aerodynamics. New York, NY: Mcgraw Hill,2010
- FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- GILLESPIE, T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale,PA: Society of Automotive Engineers, 1992
- KATZ, J. Race Car Aerodynamics. Cambridge,MA: Bentley Publishers, 1995
- MILLIKEN, W.F; MILLIKEN, D.L. Race Car Vehicle Dynamics. Warrendale,PA: Society of Automotive Engineers,1995
- NORTON, RL. Cinemática e Dinâmica dos Mecanismos. New York, NY:Mcgraw Hill,2010
- NICOLAZZI, LC. Uma Introdução à modelagem quase estática de veículos automotores de rodas. Floripa,SC:GRANTE, 2008
- SILVEIRA, F.L. Potência de tração de um veículo automotor que se movimenta com velocidade constante.
- Porto Alegre, RS: Revista Brasileira de Ensino de Física,2011
- TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas,1987.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Henrique Ajuz Holzmann - Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

João Dallamuta - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-247-0

