



ESTUDO SOBRE ANÁLISE DIMENSIONAL DE UM PNEU AUTOMOTIVO PARA UM VEÍCULO ELÉTRICO

TABORDA.F.G. D; MELOS.C; WEINGÄRTNER, R, C; PRADO,M,A;
WEISHEIMER, J.G; GOMES, R.
FLACH.A.M

RESUMO

Este artigo tem como finalidade estudar e analisar um determinado tipo de pneu para aplicação em um veículo elétrico solar que tenha uma eficiência energética para transitar em meios urbanos, que está sendo desenvolvido na universidade da Ulbra, pelo grupo solartech com apoio de empresas privadas patrocinadoras e incentivadoras de novas ideias, novas tecnologias e apoiadoras de estudos no setor automobilísticos,

No artigo visando descrever a história do pneu e a ciência, ressalta o uso de tecnologias para sua construção, demonstra conceitos com base de aplicação nos campos da física e química.

Determinando seu comportamento mecânico em pista, e o tipo de material a ser utilizado para o pneu obter certas funcionalidades, analisando e modificando seu material visando conhecer os fatores que influenciam em suas características singulares, como dureza da borracha, resistência a rolagem, flexibilidade, sendo que o processo chave para a borracha se tornar o pneu que é utilizado nos automóveis é o processo de vulcanização aonde utiliza-se o enxofre para que ocorra uma reação química e a borracha se interliga para aumento de dureza e resistência a desgaste, que está diretamente ligado a dois fatores como o ruído que o pneu gera na rodagem e o consumo de energia que é necessário para tracionar o veículo.

Conhecendo e analisando o comportamento do pneu em algumas situações de simulação não real utilizando modelo matemático, pode-se determinar a velocidade máxima que o veículo pode chegar antes que ocorra uma derrapagem, a aplicação do pneu no veicular elétrico tem como objetivo passar situações como transito em asfalto com chuva ou sem chuva, terrenos sinuosos, lombas, curvas, levando sempre como prioridade a segurança, conforto e estabilidade do veículo para uma melhor dirigibilidade do condutor.





INTRODUÇÃO

O pneu tem como seu criador Robert William Thomson, que desenvolveu o primeiro pneu com couro envolvido com borracha, porém, como na época possuía um custo elevado e inviável, a sua fabricação foi interrompida, todavia em alguns anos ocorreu um avanço e uma evolução no pneu. Em 1888, John Boyd Dunlop, descobriu o processo de vulcanização (que é a interligação de moléculas de borracha para criar um sólido elástico utilizável) e Michelin & Cie passou a fabricar. Há diversos avanços tecnológicos como aplicação de materiais para maior durabilidade a desgaste, resistência deflexão, resistência à força peso e forças laterais que são aplicadas ao veículo em uma curva, tudo para melhorar a segurança, estabilidade e conforto que o veículo pode transmitir para seu piloto.

Após estudar o pneu foi feito um estudo sobre aplicação do mesmo em um veículo elétrico, economicamente viável para aplicação e fabricação em meio urbano. Viu-se que quanto maior a área de contato do pneu com solo maior será seu consumo.

Visando uma melhor autonomia realizou-se um estudo sobre o dimensionamento do pneu e seu comportamento físico em determinadas situações.

METODOLOGIA

Após utilizarmos algumas literaturas e analisar os estudos feitos e realizados para determinar o pneu a ser utilizado:

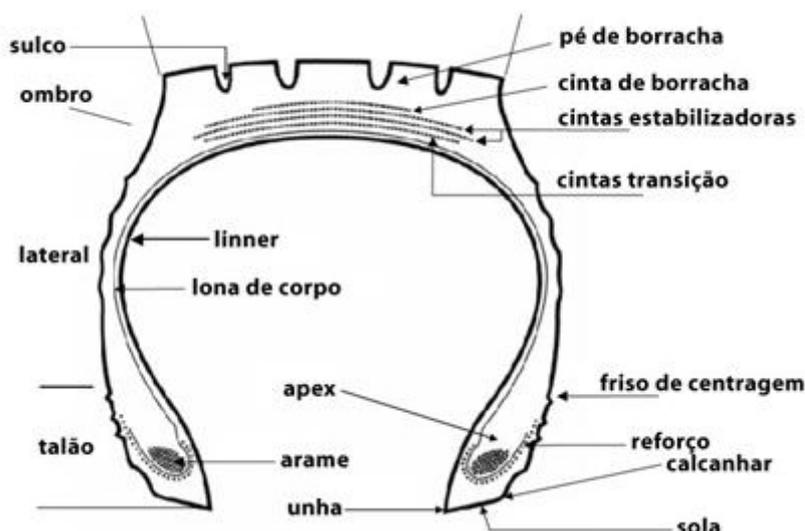
Construção do pneu:

O primeiro passo para sua construção é determinar suas características de aplicações mecânicas: analisado a dureza do elastômero, resistência a forças peso verticais e forças laterais que serão aplicadas no mesmo em curvas, sua resistência a desgaste e seu atrito com o solo.





Partes constituintes do pneu



<http://www.repegral.com.br/monta.asp?link=dicas&qual=2>

Composição química do pneu:

Borracha	27%
Borracha Natural	14%
Fumo	28%
Derivados petróleo	17%
material metálico	10%
Têxtil	4%

Reação química da vulcanização e sua influência na dureza do material está ligada a reação intermolecular que aumenta a força retrativa e reduz a formação permanente residual após a remoção de forças deformantes, aumentando a elasticidade e reduzindo a plasticidade.

O processo de Vulcanização é interligação de moléculas de enxofre com as moléculas de carbono e hidrogênios aonde gera uma reação química que modifica as suas cadeias, modificando seu comportamento e suas características mecânicas.

O sistema de vulcanização oferece aos artefatos de borracha propriedades iniciais excelentes, como alta tensão de ruptura, ótima resiliência, resistência à fadiga e a brasão, sendo o sistema mais largamente usado pelos fabricantes de peças de borrachas natural. A vulcanização é o método que proporcionou o ganho das propriedades físicas na borracha.





Análise dinâmica das forças aplicadas no pneu

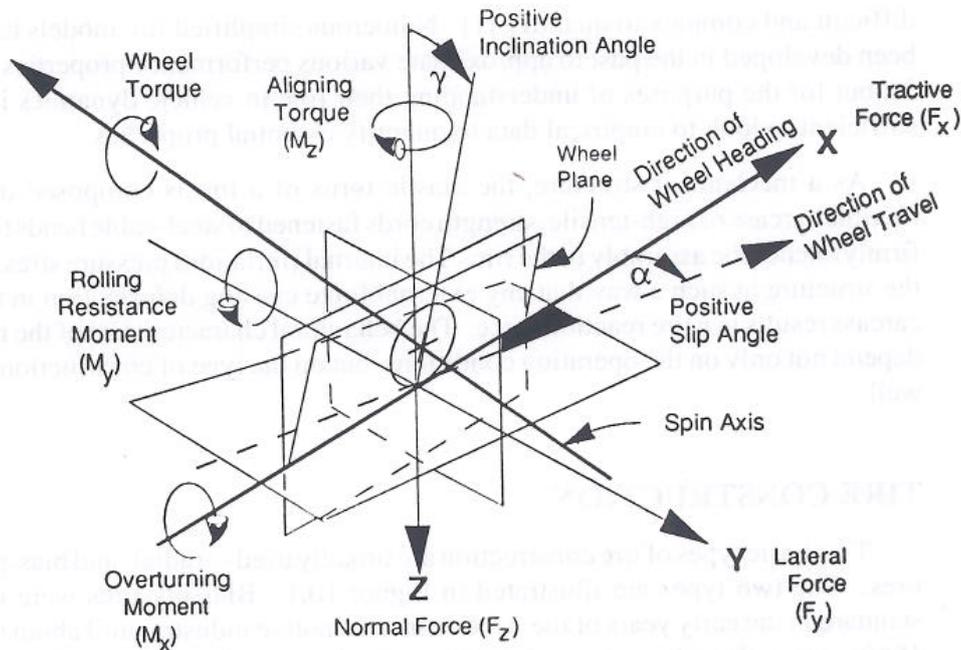


Imagem da SAE tire axis system

Nesta imagem pode-se analisar os vetores de forças aplicadas sobre o pneu em duas 3 dimensões X, Y e Z, juntamente com o toque rotacional que é realizado em seu movimento e o efeito de deriva ou escorregamento do pneu ao realizar um determinado ângulo alfa em uma direção.

A correta compreensão destas forças que são aplicadas sobre o pneu, tem como por objetivo analisar as diversas situações que ele sofre em seu trabalho, tendo isso como base para início de estudo e sua correta utilização e aplicação no veículo a ser fabricado. Devido a esse tipo de conceito inicial, pode-se dizer que o pneu é o primeiro item a ser projeto e pensado para o veículo sendo assim a ordem:

- 1° Pneu
- 2° Suspensão
- 3° Direção
- 4° Chassi
- 5° demais itens para análise dimensional e correta classificação do pneu para o veículo.

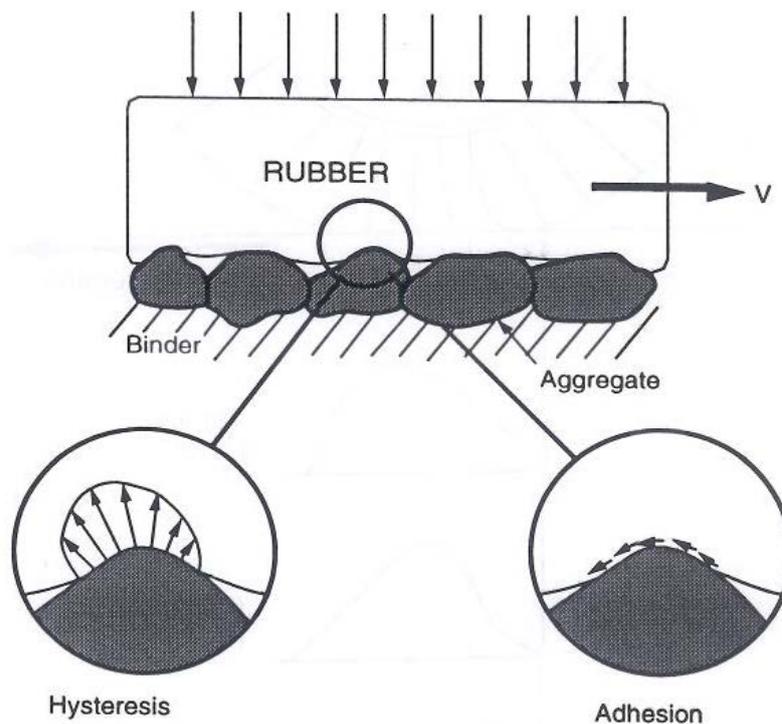
O pneu serve essencialmente para três funções básicas

- ◆ 1° - Suportar a carga vertical, enquanto amortecimento contrachocos rodoviários.
- ◆ 2° - Desenvolve forças longitudinais para aceleração e travagem
- ◆ 3° - Desenvolve forças laterais para conter a deriva do veículo em curvas





O contato do pneu e solo passa por um momento de fricção e age por cisalhamento que se integrado sobre a área de contato, é igual às forças de tração e à força desenvolvidas pelo pneu existem dois mecanismos principais responsáveis pelo acoplamento de fricção entre o pneu e a estrada. Devido à viscoelasticidade do pneu a deformação na porção principal do contato faz com que a pressão vertical seja deslocada para a frente. Existem dois mecanismos principais responsáveis pelo acoplamento de fricção entre o pneu e a estrada ilustrada na figura.

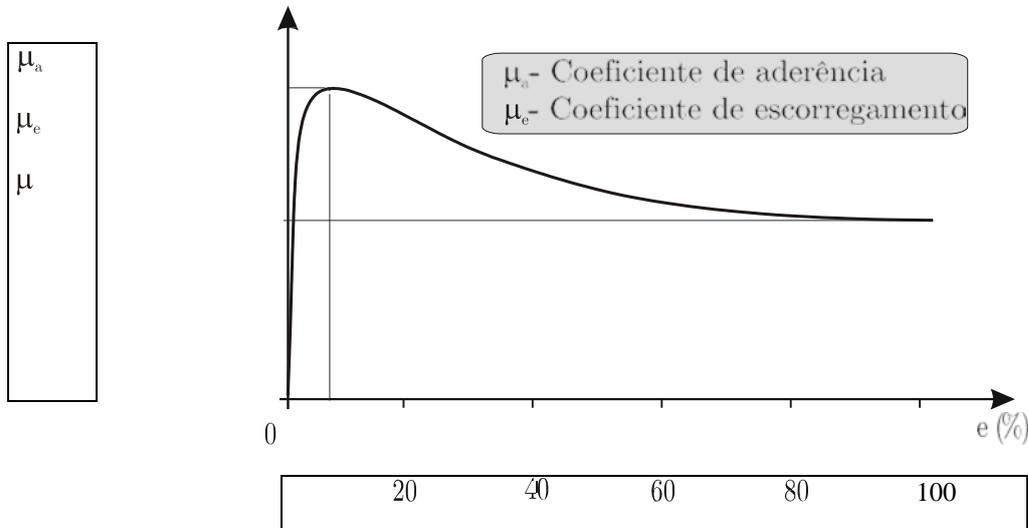


Para o desenvolvimento do pneu leva-se em conta o tipo de finalidade e aplicação ele terá, como trânsito em região urbana, agrícola, barro, areia, peso do veículo, velocidade máxima.

Mas dentre isso o pneu tem como trabalho manter o veículo na pista e também trabalhar em conjunto com o sistema de direção e suspensão do veículo para saber que tipo de perfil e largura a ser utilizado.

O atrito do pneu em relação ao solo varia de acordo com o modelo do pneu de cada fabricante conforme o nível de teor de enxofre, mas de acordo com algumas literaturas o coeficiente de atrito do pneu com o solo fica com $\mu=0,7$ em superfície a seco e podendo chegar a $\mu=0,4$ superfície molhada.





O ângulo de derrapagem do pneu α , como foi definido anteriormente, é a diferença angular entre o vetor de velocidade do pneu com o plano do pneu.

Na tração

$$e = \frac{vt - v}{vt}$$

Na frenagem

$$e = \frac{v - vt}{v}$$

Sendo:

e = escorregamento

v = velocidade de translação do veículo

vt = velocidade tangencial da roda

Em termos de espaço percorrido pela periferia do pneu S_t e pelo veículo S_r , tem-se o Escorregamento na tração, em percentagem, dado por:

$$e = \left(1 - \frac{S_r}{S_t}\right) \cdot 100\%$$

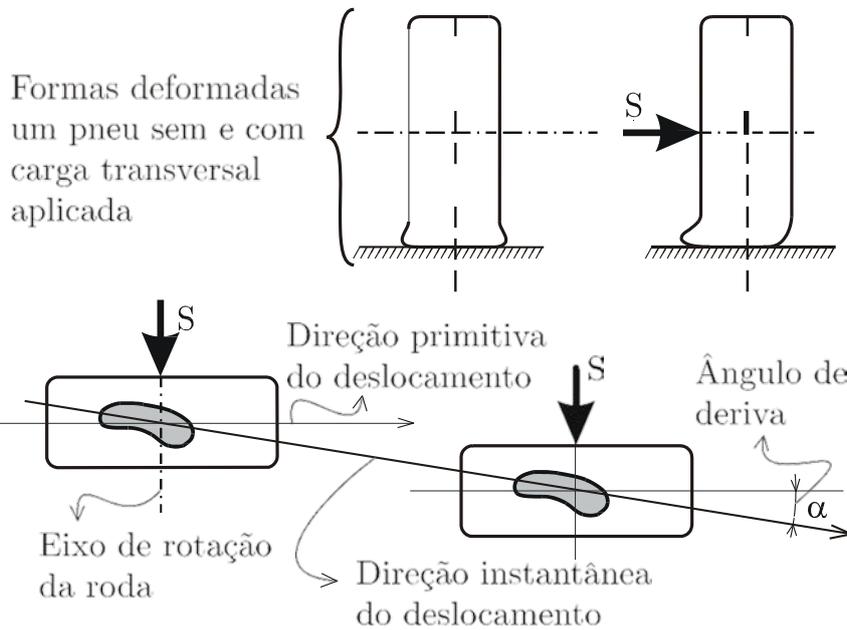
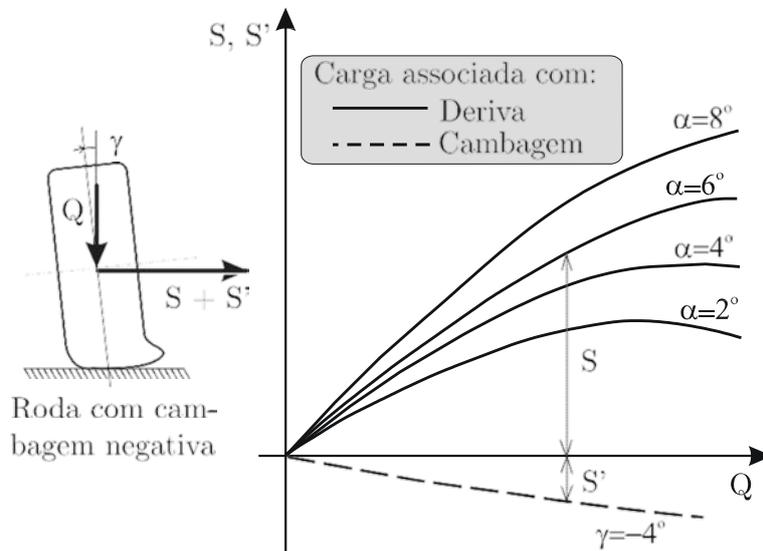
Sendo:

S_r = comprimento do arco do pneu

S_t = Distância percorrida pelo veículo

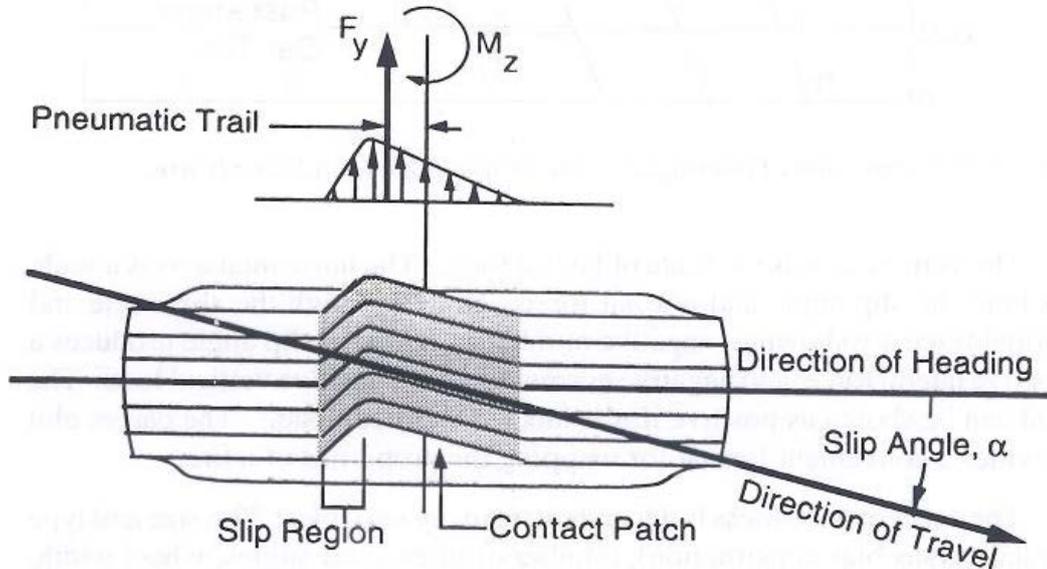
A regra geral é que quanto maior a força a ser transmitida, ou quanto mais irregular ou molhada a pista, tanto maior o escorregamento. No desenvolvimento que segue, estes aspectos são tratados de maneira mais detalhada.







Deformação lateral de um pneu sobre força aplicada na horizontal.



Rolagem do pneu e deformação sofrida lateralmente em uma curva.

A relação entre largura do pneu e seu perfil está diretamente relacionado ao seu comportamento em curva, onde aumenta-se sua área de contato assim sua aderência com a superfície do terra a ser traçado, mas em compensação aumenta seu atrito a rolagem que o mesmo ira poder uma força maior para se deslocar em um determinado percurso, com seu efeito gerando maior consumo por parte do motor que necessitara a demanda de mais energia para deslocar o veículo, modificara também o Camber que a suspensão gera em curva, aumentara a força aplicada no setor de direção para realizar a convergência do veículo, a simples modificação de largura e altura do pneu altera o comportamento original do veículo para um determinado sistema.

Analisando a construção das estradas pode-se ter uma base de velocidade máxima que o veículo pode atingir em determinado trechos com a velocidade centrípeta que o mesmo pode gerar e determinar assim um pneu adequado para o mesmo. utiliza-se um modelo padrão de coeficiente de atrito de 0,7 encontrado em muitas literaturas.





Normas de construção rodoviária de estradas Brasileiras

Normas padronizadas DNIT				
Raio mínimos de curvas horizontais				
	Classes especiais	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Planas	430	340	200	110
Onduladas	280	200	110	50
Montanhosas	160	100	30	30
Velocidades diretrizes para as classes padrão nacional				
	Especiais	classe 1	classe 2	classe 3
Planas	100	100	80	80
Onduladas	80	80	60	40
Montanhosas	60	60	40	30

Dados para o calculo				
0,75	Coeficiente de atrito pneu e asfalta seco			
0,5	Coeficiente de atrito pneu e asfalta molhado			
9,8	Gravidade			
3,6	conversão de m/s para km/h			
analise da velocidade máxima de um carro em uma curva seco				
	m/s	m/s	m/s	m/s
Planas	56,21832441	49,989999	38,34057903	28,43413442
Onduladas	45,36518489	38,34057903	28,43413442	19,17028951
Montanhosas	34,2928564	27,11088342	14,8492424	14,8492424
	km/h	km/h	km/h	km/h
Planas	202,3859679	179,9639964	138,0260845	102,3628839
Onduladas	163,3146656	138,0260845	102,3628839	69,01304225
Montanhosas	123,454283	97,59918032	53,45727266	53,45727266
analise da velocidade máxima de um carro em uma curva molhado				
	m/s	m/s	m/s	m/s
planas	45,90206967	40,81666326	31,30495168	23,21637353
onduladas	37,04051835	31,30495168	23,21637353	15,65247584
montanhosas	28	22,13594362	12,12435565	12,12435565
	km/h	km/h	km/h	km/h
planas	165,2474508	146,9399878	112,6978261	83,57894472
onduladas	133,3458661	112,6978261	83,57894472	56,34891303
montanhosas	100,8	79,68939704	43,64768035	43,64768035





Utilizou-se o cálculo de Velocidade centrípeta.

$$\sqrt{\mu \cdot R \cdot g}$$

μ = coeficiente de atrito pneu asfalto

R= raio da curva

g= aceleração gravitacional

RESULTADOS DE CONCLUSÃO

Após análise matemática, o estudo de alguns fatores para aplicação do pneu em diversas pistas de rodagem mostrou ter diversas variáveis e características o pneu de devem ser veladas em conta para dimensionar o mesmo.

O veículo pesara cerca de 1000Kg
(Peso do veículo, Piloto, Passageiro e carga extra).

Sua velocidade limite de 150 Km/h.
Dentro da velocidade para uma possível ultrapassagem.

O coeficiente de atrito do pneu varia de acordo com o pneu a ser aplicado no veículo, será analisado em relação a força do torque e assim será determinado o correto dimensionamento do motor elétrico.

Para o estudo das forças e escorregamento do pneu na tração / frenagem será utilizado alguns modelos de pneus convencionais, visando analisar seu comportamento como: Análise da força de carga aplicada verticalmente no pneu juntamente com a força aplicada lateralmente para sua deformação.

O pneu do veículo continua sendo estudado, para uma melhor compreensão do mesmo em testes físicos agora, para comparação de resultados e determinar qual o melhor modelo a ser aplicado com diferentes tipos de pneus do mercado com diferentes fabricantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pneu é peça complexa que envolve diversos fatores no qual pode ser alterado conforme a necessidade para desempenho dinâmico do veículo.

O estudo tem como por objetivo aprimorar o conhecimento científico sobre o pneu, para aplicação do projeto carro elétrico.





REFERÊNCIAS

<https://www.britannica.com/technology/tire#ref117798>

<http://www.repegral.com.br/monta.asp?link=dicas&qual=2>

<http://www.fiesp.com.br/sinpec/sobre-o-sinpec/historia-do-pneu/fabricacao>

http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265740/1/ReyesBautista_CarlosDaniel_M.pdf

Artur Filipe Rempel; ESTUDO DA INTERAÇÃO PNEU-SOLO PARA VEÍCULOS FORA-DEESTRADA E DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO MINI BAJA

WONG, J. Y., "Terramechanics and Off-Road Vehicles", Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 1989

GILLESPIE, T.D., "Fundamentals of Vehicle Dynamics", Society of Automotive Engineers, Inc., Nova York, 1992.

Nicolazze Uma introdução à modelagem quase-estática de um automóvel.

