

CARACTERIZAÇÃO DO PNEU ITP HOLESHOT HD®.

Vinicius Holanda Rabelo¹, Zoroastro Torres Vilar²

Resumo: A interação de qualquer veículo com o solo acontece nos pneus, tornando eles os principais componentes do sistema de suspensão, a partir desse ponto viu-se necessário um estudo mais aprofundado desse elemento. Então, foi realizado um teste onde se buscou medir a rigidez lateral do pneu modelo ITP HOLESHOT HD® na intensão de caracterizá-lo, variando o ângulo de deriva, onde se esperava um resultado que melhorasse a dinâmica do veículo tanto em curvas como em momentos de aceleração e frenagem.

Palavras-chave: Força Lateral; Pneu; Ângulo de Deriva; Baja; ITP.

1. INTRODUÇÃO

O mercado automobilístico é um ramo com bastante potencial a ser explorado, a Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE), é uma instituição que procura incluir jovens universitários nesse ramo através de vários projetos e competições, estimulando a inovação e criatividade. Um desses projetos é o Baja SAE Brasil, onde é desenvolvido um protótipo *off-road* que deve superar algumas adversidades propostas nas competições, onde é avaliado a parte de projetos e a parte funcional do protótipo, uma dessas partes é a de suspensão, que trabalha com a dinâmica veicular do protótipo. Para compor a suspensão de um veículo são usados componentes como bandejas de suspensão, amortecedores e pneus, o principal componente da suspensão, pois nele acontece toda interação com o solo. Algumas características da dinâmica veicular são atribuídas devido a interação com o solo, e o pneu que realiza esse contato, por isso tamanha importância. Visando melhor desempenho nas competições vários fatores são avaliados numa tentativa de melhoramento, uma delas é a rigidez lateral que é uma das responsáveis por evitar o escorregamento do pneu quando é alterado o ângulo de deriva. Através de uma caracterização que faremos, é possível obter as informações citadas anteriormente. Depois com esses dados em mãos, foi possível realizar a comparação entre os tipos de pneus, mostrando assim qual o mais indicado para ser usado. Para mostrar prosseguimento do estudo utilizados o fluxograma da Figura 1.

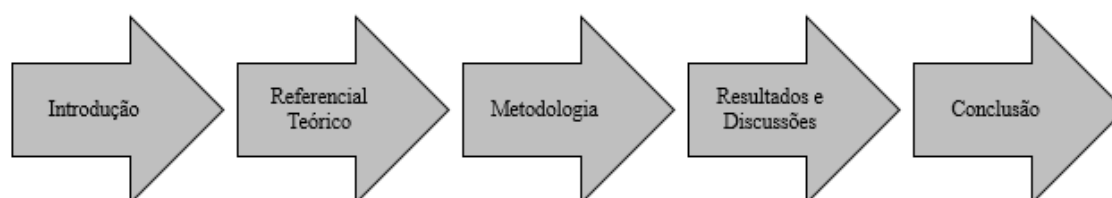


Figura 1 – Fluxograma
(Autoria Própria)

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

2.1.1. Pneu

Dois tipos básicos de construção de pneus são amplamente utilizados: radial e diagonal [1]. Os dois tipos são ilustrados, sua diferenciação está na forma que as fibras são sobrepostas como mostrado na Figura 2.

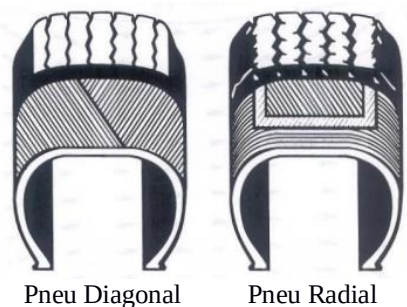


Figura 2 – Ilustração Da Construção Dos Pneus Radial e Diagonal [1].

Os pneus diagonais eram os padrões nos primeiros anos da indústria automotiva americana, até 1960, quando as vantagens dos pneus radiais (desenvolvidos na Europa) se tornaram reconhecidos. Ao longo de várias décadas, os pneus radiais deslocaram gradualmente os pneus polarizados em automóveis de passageiros, de modo que eles sejam o padrão hoje. A aceitação em caminhões ficou aquém do dos carros de passeio, de modo que os pneus radiais estão em igual uso hoje. Os pneus com cinto diagonal tiveram uma vida útil curta como um cruzamento entre radial e polarização dos pneus durante o período de transição, mas são vistos muito pouco hoje. De acordo com [2], as condições de operação e o tipo de construção são de extrema importância para as características comportamentais de um pneu. Por possuir uma durabilidade maior, rigidez lateral elevada e menor resistência ao rolamento o pneu radial leva uma vantagem considerável em relação ao diagonal, por esse motivo ele é um dos mais utilizados atualmente.

2.1.2. Ângulo de Deriva (α)

Ângulo de Deriva (α) corresponde ao ângulo entre a direção da roda e direção do movimento. O ângulo de deriva positivo corresponde a um pneu movendo-se para a direita à medida que avança na direção direta, esse movimento está diretamente ligado a dinâmica lateral do veículo. O diagrama de forças mostrado na Figura 3, faz a representação do ângulo de deriva (α), da direção do movimento e da força lateral (F_y). [1]

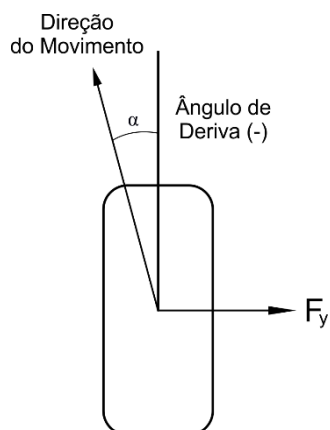


Figura 3 – Diagrama de Forças [1]

2.1.3. Dinâmica Veicular

Dinâmica veicular são todas as forças atuantes em um automóvel, ela se divide em três partes ao longo dos três eixos do plano cartesiano nos sentidos longitudinal, vertical e lateral, elas são mostradas de forma mais detalhada na Figura 4.

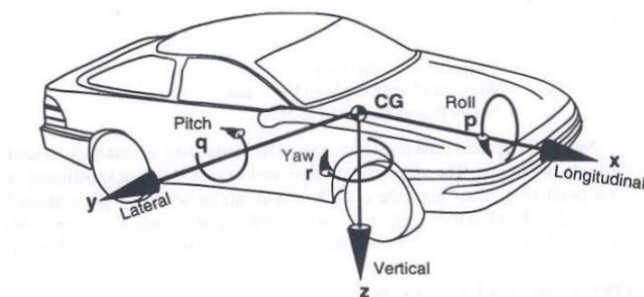


Figura 4 – Eixo de Coordenadas de um Veículo [1].

A dinâmica longitudinal (x), fala sobre a movimentação do veículo na direção longitudinal e tenta relacionar performance com segurança, além de melhorar a aceleração e retomada do veículo, velocidade máxima, capacidade de subidas em rampas, ajuda na desaceleração e melhora a estabilidade durante a frenagem.

A dinâmica vertical (z), aborda a aceleração e desaceleração vertical do automóvel seguindo as exigências do terreno cuja ele está sendo utilizado. Está diretamente relacionado com o conforto do piloto. Além da suspensão outros fatores são importantes na sua otimização como assento, transmissão e chassi.

Já a dinâmica transversal (y), abrange o comportamento e curvas e manobras de emergência, estabilidade direcional, muito importante da parte de confiabilidade e segurança ativa do carro, assim possibilitando satisfação na pilotagem [3].

2.1.4. Rigidez Lateral

Rigidez lateral é uma constante de proporcionalidade que relaciona o ângulo de deriva e a força lateral, ela depende de alguns fatores cruciais como, tamanho e do tipo de construção pneu (Diagonal ou radial), número de dobras, pressão interna do pneu, largura da roda e do tipo de piso [4].

3. Metodologia

Para demonstrar o que foi realizado no teste, de maneira simplificada, foi montado o esquema exposto na Figura 5.

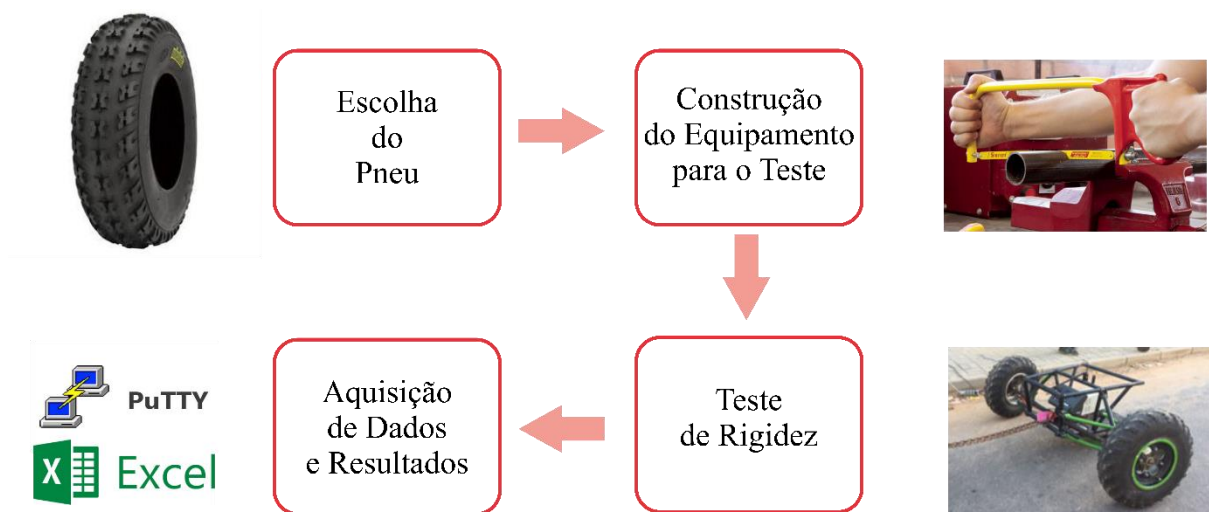


Figura 5 – Fluxograma (Autoria Própria)

A metodologia aplicada, foi baseada em [4], onde foi construído um mecanismo mostrado na Figura 6:

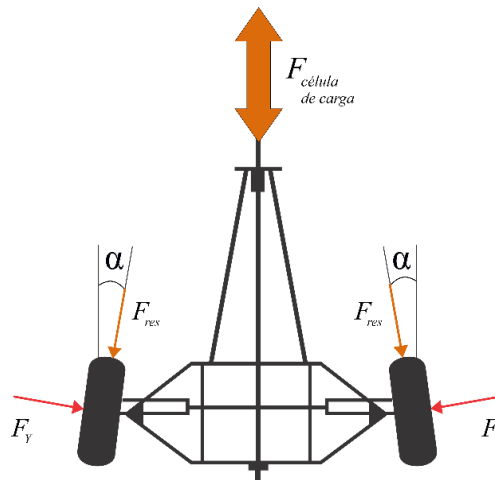


Figura 6 – Mecanismo Usado para Realizar o Teste [1].

Foi utilizado uma gaiola de protótipos anteriores, onde foi separado a parte da suspensão dianteira da traseira, pois foi utilizado somente a dianteira. Foram colocados no lugar dos braços de direção dois tubos de aço com furações para tornar possível a alteração do ângulo de deriva. Foi colocado sobre a parte serrada do chassi uma carga escolhida arbitrariamente de 50 Kg, para atuar como carga vertical. Toda suspensão foi montada como no próprio protótipo com exceção dos braços de direção, como foi descrito. Para aquisição da força longitudinal, foi utilizado uma célula de carga de tração com capacidade de 3000 kgf, mostrada na Figura 7.



Figura 7 – Célula de Carga Utilizada no Teste (Acervo Pessoal)

Essa célula de carga foi ligada ao carro por um cabo de aço. Usando uma porta serial foi conectada a célula de carga ao computador através de uma entrada RS232, exemplificado na Figura 8.

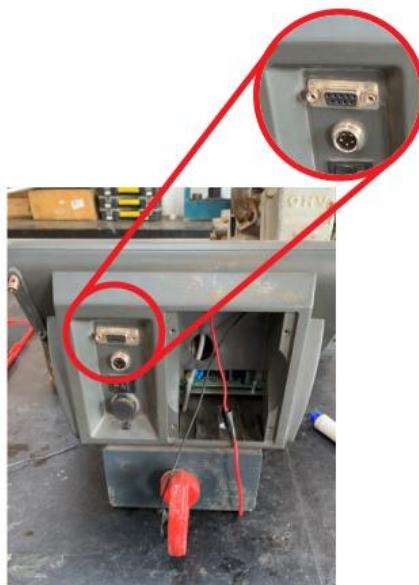


Figura 8 – Entrada RS232 (Acervo Pessoal)

Onde usando o leitor serial PuTTY®, demonstrado na Figura 9.

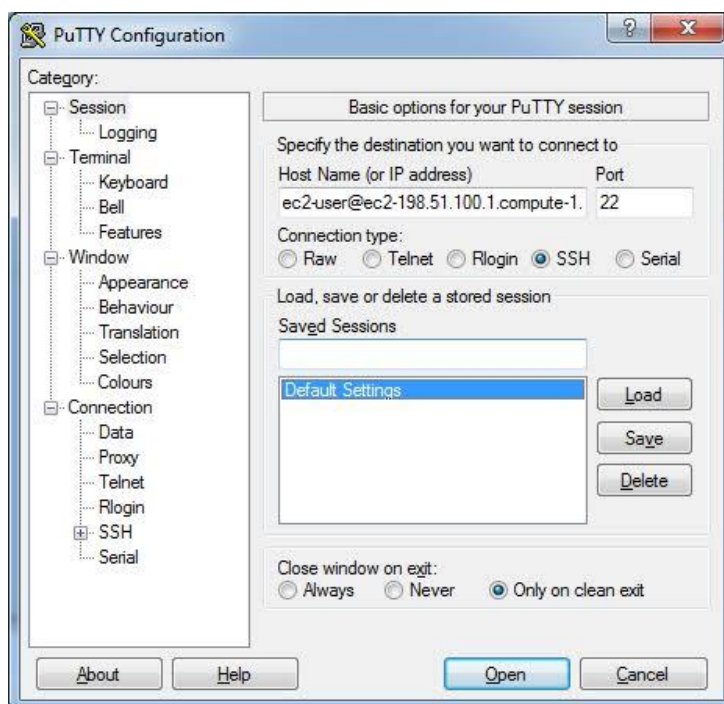


Figura 9 – Software PuTTY®

Foram coletados os dados da força adquiridos pela célula de carga. Depois de coletar os dados, foram feitos no Excel® gráficos referentes aos três ângulos de deriva utilizados, 3°, 4° e 12°.

Utilizando um recurso do próprio Excel®, que gera uma linha de tendência, para realizar uma regressão linear e assim calcular uma força longitudinal aproximada em cada das situações. Logo após foi realizado uma

decomposição vetorial, onde a força longitudinal e o ângulo de deriva (α) são conhecidos, assim utilizando a relação trigonométrica de um triângulo retângulo mostrada na Figura 9, foi possível encontrar a força lateral.

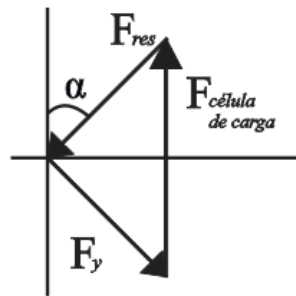


Figura 9 – Relação Entre as Forças
(Autoria Própria)

4. Resultados e Discussões

O instrumento que foi adaptado para realização do teste com a ajuda da equipe Cactus Baja, é mostrado na Figura 10, nele foi montado a célula de carga, os tubos de aço com furos (Nos quais faziam com que o ângulo de deriva atingisse os valores de 3° , 4° e 12°) e a carga vertical.



Figura 10 – Equipamento usado no teste.
(Acervo da equipe Cactus Baja)

Através do teste de rigidez foi possível obter informações sobre a variação da força longitudinal ao longo do tempo. Os valores de força longitudinal com diferentes ângulos de deriva são apresentados nos Gráficos 1, 2 e 3.

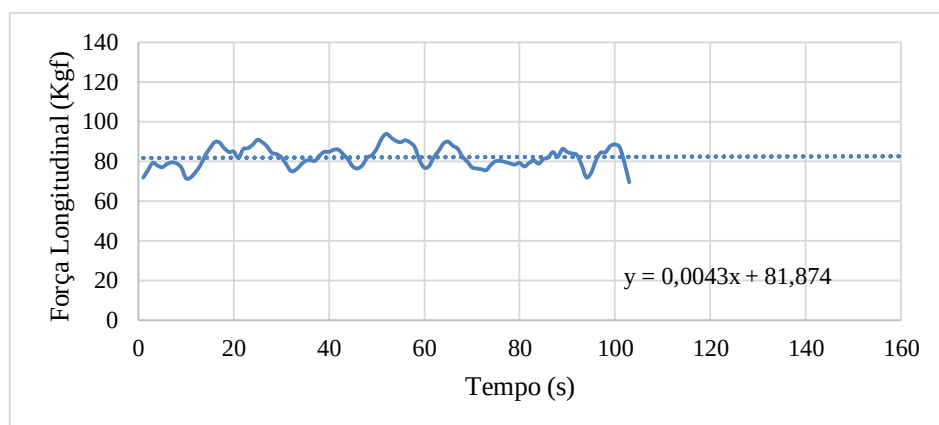


Gráfico 1: Variação da força longitudinal no tempo para ângulo de deriva de 3°.
(Autoria própria)

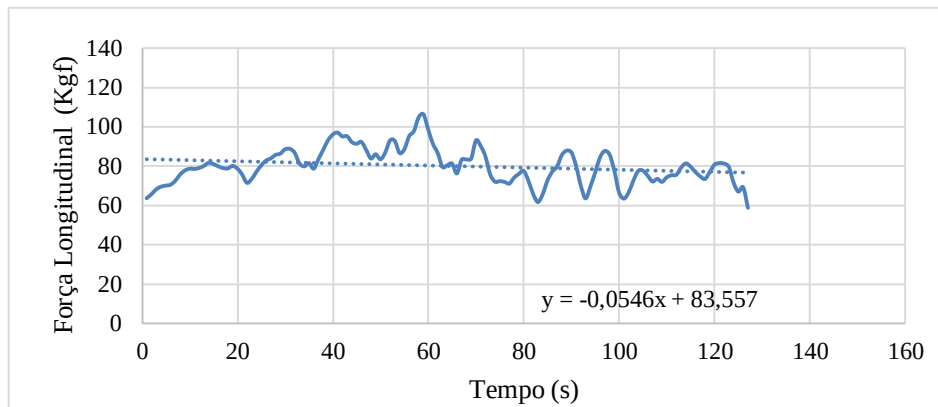


Gráfico 2: Variação da força longitudinal no tempo para ângulo de deriva de 4°.
(Autoria própria)

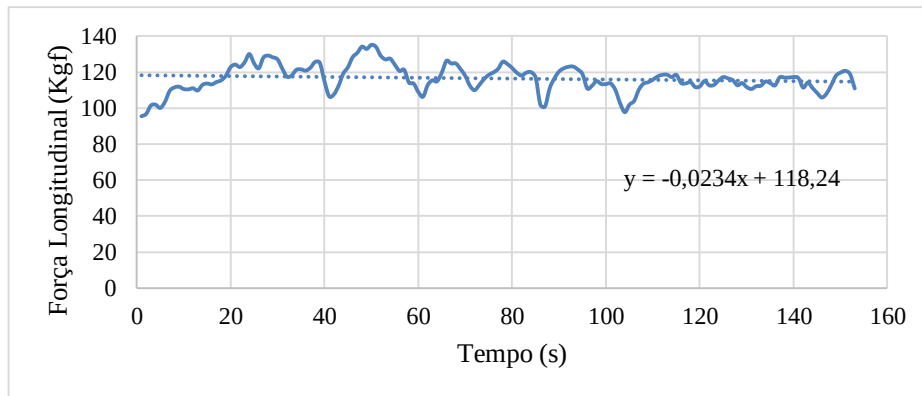


Gráfico 3: Variação da força longitudinal no tempo para ângulo de deriva de 12°.
(Autoria própria)

Essa oscilação nos gráficos, é dada por conta da instabilidade no equipamento, diante disso para tentar filtrar esses dados foi feita uma regressão linear. É válida a utilização do coeficiente linear da regressão como valor médio das forças, pois o coeficiente angular é quase nulo, o que em resumo, não gera discrepância.

Como a célula de carga nos mostra o valor em Kgf, foi realizada uma conversão para Newton, Multiplicando a força longitudinal média obtida por 9,80665, os valores convertidos são mostrados na Tabela 1:

Tabela 1 – Valor da força lateral em função
do ângulo de deriva e da força longitudinal média.
(Autoria própria)

α (°)	Força Longitudinal (N)	Força Lateral (N)
3	802,91	21,01
4	819,41	28,57
12	1159,54	90,69

Nota: α representa o ângulo de deriva

São utilizados ângulos pequenos pois na prática, os ângulos de deriva também são pequenos tendo em vista que com um ângulo de deriva muito grande, a força lateral seria enorme de tal forma que levaria a quebra do braço de direção. A variação serve para mostrar que a partir de certo ponto a força tende a não aumentar mesmo com a maior variação do ângulo de deriva.

Como a Força Lateral é proporcional a rigidez lateral e ao ângulo de deriva, é utilizado a Equação (1) para descobrir a rigidez, já que temos os outros dois valores necessários [5].

$$F_y = C_\alpha \cdot \alpha \quad (1)$$

Os valores da rigidez lateral adquiridos estão indicados na Tabela 2:

Tabela 2 – Valor da Rigidez Lateral em Função do Ângulo de Deriva e da Força Lateral. (Autoria própria)

α (°)	Força Lateral (N)	Rigidez Lateral (N/°)
3	21,01	7,003
4	28,57	7,142
12	90,69	10,45

Nota: α representa o ângulo de deriva

É percebido que quanto maior o ângulo de deriva, maior a força lateral. A rigidez lateral é uma constata de proporcionalidade entre essas duas grandezas. Uma rigidez lateral alta significa que é necessário um ângulo pequeno para alcançar uma alta força lateral, contribuindo assim com o desempenho do veículo, fazendo com que o pneu agarre ao terreno e diminua o escorregamento na direção da força lateral.

O resultado obtido nos testes saiu como previsto com base em [4], pois a rigidez se comportou como antevisto em [1], e é coerente com o esperado. O teste realizado é de certa forma simples de ser executado, e a maior dificuldade foi dar estabilidade ao aparato utilizado, e os dados obtidos através da porta serial da célula de carga, se tornaram de fácil manipulação, depois que foram passados para o programa, o gráfico ajudou a visualização do comportamento das forças, e a formula utilizada para obtenção dos resultados final também é consideravelmente simples, o que evitou gargalos na apuração dos resultados.

5. CONCLUSÕES

Para fazer a caracterização era necessário obter a rigidez lateral do pneu, e utilizando das informações adquiridas no teste, vemos que temos informações suficientes para fazê-la, o que tornou possível uma comparação com outros tipos de pneus, podendo assim trazer alguma melhoria no desempenho do veículo, mostrando que foi obtido sucesso no teste realizado.

Esse trabalho pode servir de base para futuros estudos na área, já que existem poucas referências sobre o assunto. Podemos citar também algumas melhorias no teste para obter resultados mais consistentes, como: melhorar estabilidade do mecanismo, diminuir a dissipação da força através do cabo que liga a célula de carga ao carro e um equipamento para variar o ângulo de deriva mais precisamente.

Para o projeto Baja SAE, a equipe Cactus Baja, tomou esse estudo como parâmetro para fazer a troca dos pneus utilizados no seu protótipo, vendo que a rigidez lateral do pneu HOLESHOT HD® é maior do que a do modelo utilizado anteriormente. Tornando a utilização dele uma melhoria significativa na dinâmica veicular do protótipo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GILLESPIE, Thomas D., **Fundamentals of Vehicle Dynamics**. Warrendale, Pa: Society of Automotive Engineers, Inc., 1962.
- [2] FERNANDES, Marcus Vinícius da Silva. **ANÁLISES DA SUSPENSÃO E DIREÇÃO DE UM VEÍCULO "OFF-ROAD" DO TIPO MINI BAJA**. 2015. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015
- [3] AVILA, Suzana. **Introdução à Dinâmica de Veículos**. Brasília: UnB, 2015. Color. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/suzanaavila/aula3-introducao-dinamica-de-veiculos>>. Acesso em: 21 jan. 2020.
- [4] YAMAGATA, Paulo Hideki. **MODELAGEM DE SISTEMA DE SUSPENSÃO E VEÍCULO BAJA SAE COM SOFTWARE DE DINÂMICA MULTICORPOS**. Disponível em: <http://www.usp.br/ldsv/wp-content/uploads/2014/10/PME2600-PAULO-HIDEKI-YAMAGATA_Artigo_final.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2020.
- [5] QUINTELA, Ana. **Revisão da Literatura Pneus Forças laterais (4) Forças longitudinais**. São Paulo: Eesc Usp, 2015. Color. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/3981222/>>. Acesso em: 25 jan. 2020.