

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA

CLEVERSON MAXWELL SANTOS

ANÁLISE ESTATÍSTICA DE PARÂMETROS DE PNEUS COM BASE EM AMOSTRA
DA FROTA DE JOINVILLE/SC

Joinville

2018

CLEVERSON MAXWELL SANTOS

ANÁLISE ESTATÍSTICA DE PARÂMETROS DE PNEUS COM BASE EM AMOSTRA
DA FROTA DE JOINVILLE/SC

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel no curso de Engenharia
Automotiva do Centro Tecnológico de Joinville
da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Thiago A. Fiorentin, Dr. Eng.

Joinville

2018

CLEVERSON MAXWELL SANTOS

ANÁLISE ESTATÍSTICA DE PARÂMETROS DE PNEUS COM BASE EM AMOSTRA
DA FROTA DE JOINVILLE/SC

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Automotiva, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville, 04 de julho de 2018

Banca Examinadora:

Dr. Thiago Antonio Fiorentin
Orientador / Presidente

Dr. Alexandre Mikowski
Membro

Dr. Marcos Alves Rabelo
Membro

Dedico este trabalho ao meu avô Hugo Pedro Felisbino,
Veterano da 2ª Guerra Mundial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, autor e consumidor da minha fé, por me dar a maravilhosa oportunidade da vida e me cercar de pessoas tão incríveis como as que me trouxeram até aqui.

Agradeço aos meus pais pelo apoio incondicional nas horas mais difíceis dessa jornada. Da vontade de desistir ao sucesso da efetivação, sempre foram os primeiros a receber as notícias e de forma muito sábia nunca lhes faltaram conselhos para os passos seguintes. Com eles aprendi que nada supera o esforço e nada recompensa mais que o trabalho.

À minha irmã Kleyde, agradeço pela alegria e a positividade que nunca lhe faltaram. Juntamente com meu cunhado Jeferson, praticamente um irmão mais velho, formam um casal exemplo, os quais sempre me inspiraram profissionalmente.

Aos meus avós, Hugo e Olíndia, agradeço pelo amor sem medidas. Pelas orações, pelo café a qualquer hora, pelas visitas, pelas ligações diárias, pelo apoio financeiro, pelas histórias e por serem os avós que todo neto gostaria de ter. A vocês todo o meu carinho, pois essa conquista é dedicada à vocês.

Aos companheiros Lucas Gomes Camargo e Maikol Funk Drecshler, reservo toda a minha admiração. São amigos que levarei para toda a vida. Nossa parceria foi fortalecida durante as matérias mais complexas, os trabalhos mais extensos e as notas mais difíceis de obter.

Aos professores Thiago Antônio Fiorentin e Modesto Hurtado Ferrer agradeço pelo companheirismo, o incansável apoio e as oportunidades concedidas dentro da Universidade Federal de Santa Catarina.

Agradeço também ao Alexandre Cezar David que me oportunizou crescer muito profissionalmente nos últimos 12 meses de curso durante o estágio curricular obrigatório.

RESUMO

No estudo do comportamento dinâmico de um veículo, toda transmissão de forças entre o veículo e o solo ocorre por meio da área de contato do pneu com a pista. A manutenção deste contato durante a direção permite que condutor possua controle sobre o veículo, sendo esta, uma das premissas para a segurança veicular. Os sulcos presentes na banda de rodagem colaboram para que o atrito entre a borracha e o agregado do solo seja mantido em diferentes condições de pista, seja ela seca, molhada, limpa ou suja. Sua profundidade é uma grandeza fácil de ser medida, sendo regulamentada no Brasil pelo CONTRAN em, no mínimo, 1,6 mm. Entretanto, existem poucos estudos quantitativos sobre o estado de conservação dos pneus atualmente em uso na frota brasileira. Este trabalho buscou analisar, por meio de ferramentas estatísticas, informações sobre a profundidade de sulco de pneus com foco na população de veículos da cidade de Joinville, estado de Santa Catarina. Com a utilização de um profundímetro, a profundidade de sulco foi medida diretamente nos pneus da amostra, formada por veículos de passeio. Os resultados permitiram produzir um panorama do estado de conservação dos pneus da frota, conhecer a profundidade de sulco mínima, média e máxima. Com posse de tais informações foi possível ainda identificar o fabricante e o modelo de pneu com maior parcela de mercado para cada categoria analisada.

Palavras-chave: Profundidade de sulco. Segurança veicular. Pneu.

ABSTRACT

In the study of vehicle dynamics, all force transmission between the vehicle and the ground occurs through the contact area of the tire with the road. The maintenance of this contact during the steering allows the driver to have control over the vehicle, this is one of the premises for vehicle safety. The tread grooves help ensure that the friction between the rubber and the soil aggregate is maintained in different lane conditions, be it dry, wet, clean or dirty. Its depth is easy to measure, being regulated in Brazil by CONTRAN in, at least, 1.6 mm. However, there are few quantitative studies on the tire's state of conservation currently in use in the Brazilian fleet. This work analyzed, through statistical tools, information about the tire tread depth with focus on the vehicle population of the city of Joinville, state of Santa Catarina. With the use of a depth gauge, the tread depth has been measured directly on the tires of the sample, formed by ride cars. The results allowed to produce an overview of the state of conservation of the fleet of tires, to know the minimum, medium and maximum tread depth. With this information it has been possible to identify the manufacturer and the tire model with the largest market share for each category analyzed.

Keyword: Tread depth. Vehicle safety. Tire.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Composição química e de materiais contidos em um pneu.	17
Figura 2. Tipos de carcaça: a-diagonal e b-radial.....	18
Figura 3. Molde utilizado no processo de vulcanização para estampagem da banda de rodagem.	19
Figura 4. Classificação dos pneus de acordo com a banda de rodagem.....	20
Figura 5. Ilustração da convergência das rodas. Vista superior de um eixo.....	21
Figura 6. Ilustração da cambagem das rodas. Vista frontal de um eixo.....	21
Figura 7. Principais padrões de desgaste conhecidos.....	22
Figura 8. Deformação da banda de rodagem de acordo com a pressão de enchimento do pneu.	23
Figura 9. <i>Tread Wear Indicator</i> (TWI).	24
Figura 10. Mecanismos de geração de atrito no contato pneu-pista.....	26
Figura 11. Fenômeno da aquaplanagem.	27
Figura 12. Comportamento do coeficiente de atrito em função da velocidade para diferentes condições de banda de rodagem e pista.....	27
Figura 13. Modelo de interação de pneu rígido e solo deformável.	29
Figura 14. Coeficiente de rolamento em função da profundidade de sulco.	30
Figura 15. Dimensões principais de um pneu.	31
Figura 16. Nomenclatura básica de um pneu.	32
Figura 17. Profundímetro digital.	46
Figura 18. Medições realizadas com blocos padrão e mesa de desempenho para estudo de capacidade do sistema de medição.	47
Figura 19. Medição da profundidade de sulco com profundímetro digital no topo da roda. ...	50
Figura 20. Medição da profundidade de sulco com profundímetro digital na lateral da roda. ...	50
Figura 21. Planilha eletrônica utilizada para análise dos dados.	52
Figura 22. Quantidade de veículo por marca na amostra.	54
Figura 23. Os vinte modelos de veículo mais frequentes na amostra.....	55
Figura 24. Pneus medidos por categoria de veículo.	55
Figura 25. Percentual por categoria encontrada em campo.....	56
Figura 26. Frequência absoluta por classe de profundidade.....	58
Figura 27. Frequência absoluta por modelo de veículo da categoria veículo de entrada.	61
Figura 28. Frequência absoluta por modelo da categoria <i>hatch</i> pequeno.	64

LISTA DE TABELAS

Quadro 1. Designação de pneus por índices de acordo com a capacidade de carga do pneu. .33	33
Quadro 2. Designação de pneus por símbolos de acordo com a velocidade limite..... 34	34
Quadro 3. Medições para cálculo de tendência. 48	48
Quadro 4. Modelo de coleta dos dados. 51	51
Quadro 5. Frequência de pneu por fabricante na amostra. 57	57
Quadro 6. Pneus críticos (com profundidade menor ou igual a 1,6 mm) por categoria..... 60	60
Quadro 7. Pneus críticos por posição. 61	61
Quadro 8. Frequência de pneu por fabricante na categoria veículo de entrada..... 62	62
Quadro 9. Frequência de pneu por largura na categoria veículo de entrada. 63	63
Quadro 10. Frequência de pneu por seção na categoria veículo de entrada. 63	63
Quadro 11. Frequência de pneu por tamanho de aro na categoria veículo de entrada. 63	63
Quadro 12. Frequência de pneu por fabricante na categoria <i>hatch</i> pequeno..... 65	65
Quadro 13. Frequência de pneu por largura na categoria <i>hatch</i> pequeno. 65	65
Quadro 14. Frequência de pneu por seção na categoria <i>hatch</i> pequeno..... 66	66
Quadro 15. Frequência de pneu por tamanho de aro na categoria <i>hatch</i> pequeno..... 66	66
Quadro 16. Moda e frequência relativa das características de pneu por categoria..... 67	67
Quadro 17. Moda e frequência relativa das características de pneu por categoria..... 67	67

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ANIP	Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	<i>Anti-lock Braking System</i>
ALAPA	Associação Latino Americana de Pneus e Aros
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
FENABRAVE	Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores
INOVAR-AUTO	Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores
IP	Impostos sobre Produto Industrializado
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MSA	<i>Measurement Systems Analysis</i>
NBR	Norma Brasileira
NHTSA	<i>National Highway Traffic Safety Administration</i>
PDD	Pneu dianteiro direito
PDE	Pneu dianteiro esquerdo
PIB	Produto Interno Bruto
PTD	Pneu traseiro direito
PTE	Pneu traseiro esquerdo
SUV	<i>Sport Utility Vehicle</i>
SW	<i>Station Weagon</i>
TWI	<i>Tread Wear Indicator</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

γ	<i>Camber</i>
v	Velocidade linear
ω	Velocidade angular
μ	Coefficiente de atrito
Q_r	Coefficiente de resistência
f	Fator de proporcionalidade
G	Carga normal
R_a	Resistência ao avanço
F_r	Força de reação
s	Profundidade de sulco
r_g	Raio de giro
f_r	Coefficiente de rolamento
B	Largura do pneu
H	Altura do pneu
d	Diâmetro de montagem da roda (aro)
RES	Porcentagem de resolução
Td	Tendência
$\overline{x_{repe}}$	Média das medições para estudo de tendência
VC	Valor convencional
t_{cal}	Tendência calculada
σ_{repe}	Desvio padrão das medições para estudo de tendência
n_{repe}	Número de medições para estudo de tendência
t_{tab}	Tendência tabelada
n	Tamanho mínimo de amostra
E	Erro amostral
\bar{x}	Média amostral
$\bar{\mu}$	Média populacional
$Z_{\alpha/2}$	Coefficiente para nível de confiança
σ	Desvio padrão da população
N	Tamanho da população

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS.....	15
1.1.1. Objetivo Geral.....	15
1.1.2. Objetivos Específicos.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1. PNEUS	16
2.1.1. Partes constituintes.....	16
2.1.1.1. <i>Carcaça</i>	17
2.1.1.2. <i>Banda de Rodagem</i>	18
2.1.1.3. <i>Desgaste da banda de rodagem</i>	20
2.1.2. Profundidade de Sulco	23
2.1.2.1. <i>Influência da profundidade de sulco sobre a aderência</i>	25
2.1.2.2. <i>Influência da profundidade de sulco sobre a resistência ao rolamento</i>	28
2.1.3. Designação de Pneus.....	30
2.2. PANORAMA DO MERCADO AUTOMOTIVO DE PNEUS	34
2.3. CATEGORIAS DE VEÍCULOS.....	37
2.4. CONCEITOS BÁSICOS DE ESTATÍSTICA	40
2.4.1. Média	40
2.4.2. Moda	41
2.4.3. Desvio padrão	41
2.4.4. Distribuição de frequências.....	42
2.5. ESTADO DA ARTE	42
3. METODOLOGIA	45
3.1. INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO	45
3.2. METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DA AMOSTRA	48
3.3. METODOLOGIA PARA COLETA DOS DADOS	49
3.4. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DOS DADOS	51
4. RESULTADOS	54
4.1. PANORAMA DA AMOSTRA.....	54
1.1. PROFUNDIDADE DE SEGURANÇA	57
1.2. VEÍCULO DE ENTRADA	61
1.3. HATCH PEQUENO.....	64

5. CONCLUSÕES	69
APÊNDICE A – Dados para análise do profundímetro, valores de <i>tcal</i>	71
APÊNDICE B – Classificação dos modelos medidos segundo a FENABRAVE.....	72
APÊNDICE C – Vendas globais do mercado automotivo de pneus	73
REFERÊNCIAS	75

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o parque industrial brasileiro tem sido alvo de considerável investimento, tanto público quanto privado, para a instalação de montadoras estrangeiras de automóveis (DELIBERATO, 2014). Modelos que inicialmente eram produtos de importação passam a ser produzidos nacionalmente, reduzem-se os custos, as vendas são impulsionadas e o mercado de reposição entra em movimento. Entre os diversos fatores levados em conta no momento da nacionalização de um determinado automóvel, está a escolha do fabricante e do modelo dos pneus que serão utilizados no veículo.

Segundo Gillespie (1992), o contato pneu-solo é fundamental para a transmissão de potência e controle do veículo em operação. Em pista molhada, por exemplo, os sulcos presentes sobre a banda de rodagem permitem o escoamento da água, aumentam a aderência e reduzem as chances de acidentes. Portanto, escolher os pneus corretamente e mantê-los em condições adequadas de uso é essencial para a segurança dos ocupantes do automóvel. (LEAL; DA ROSA; NICOLAZZI, 2012).

Entre as características que devem ser levadas em conta, a profundidade do sulco é fácil de ser medida e funciona como um ótimo indicador de desgaste dos pneus. Quanto menor a profundidade, menos água pode ser drenada e maiores são as chances de aquaplanagem. O Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 1980), em sua Resolução Nº 558 de 15 de abril de 1980, determina que a profundidade mínima de sulco permitida para veículos automotores no Brasil seja de 1,6 mm. O estudo de Eidt (2015) confirma que a profundidade do sulco altera significativamente o desempenho do veículo em aceleração, frenagem e realização de curvas devido à variação do coeficiente de atrito entre o pneu e a pista, comprometendo assim a segurança dos ocupantes.

Segundo o *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA, 2006), órgão ligado ao Departamento de Transportes dos EUA, estima-se que atualmente os pneus sejam a causa de 400 a 500 fatalidades por ano decorrentes de acidentes com automóveis apenas no país norte americano. Existem diversas razões pelas quais os pneus podem estar envolvidos na perda de controle do veículo, incluindo: falha devido a perfurações, calibragem incorreta, excesso de velocidade, sobrecarga ou profundidade de sulco insuficiente para parar um veículo em tempo

hábil sobre pistas escorregadias. Dados como esse reforçam a importância desse estudo no campo da segurança veicular.

Com intuito de gerar um banco de dados e colaborar com empresas do setor, principalmente montadoras que desejam instalar-se no país, esse trabalho buscou reunir e analisar informações sobre pneus que estão em uso a partir de uma amostra da frota da cidade de Joinville. Desse modo foi possível definir os valores médios de alguns parâmetros importantes como, por exemplo, profundidade do sulco, razão largura/altura, diâmetro da roda, entre outros relacionados diretamente com a segurança do veículo. Preencheu-se assim uma lacuna nesta área, uma vez que não há registros de estudos anteriores que compilem tais informações.

Entretanto, como não é possível cobrir todas as categorias de automóveis existentes, o problema foi focado em categorias que dominam o mercado. Segundo dados da Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (FENABRAVE, 2017), a maior parcela de mercado nos emplacamentos desde 2013, tem sido das categorias de entrada e *hatch* pequeno, que somam 47% dos emplacamentos até 2017. Todavia, como os modelos não possuem uma classificação tão detalhada nos registros do departamento de trânsito do estado, optou-se por trabalhar com todas as categorias de veículos de passeio. De acordo com dados do Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina (DETRAN, 2018), os modelos *hatch* pequeno e de entrada, assim como os demais veículos, exceto caminhonetes e comerciais, estão incluídos no que o órgão classifica como categoria “Automóvel”. No município de Joinville, em circulação, mapeados pelo DETRAN, são 255.750 veículos pertencentes a esta categoria, representando 64,58% de toda a frota da cidade. Essa, portanto, será a população que se deseja conhecer (DETRAN, 2018).

Trata-se de uma pesquisa de levantamento de campo com abordagem quantitativa que buscou: correlacionar os principais fabricantes de pneus para cada categoria e suas respectivas parcelas de mercado, o estado de conservação dos pneus de cada categoria e os principais modelos e características de pneus buscadas pelos usuários.

De maneira geral, este trabalho visou capturar e analisar por meio de ferramentas estatísticas, informações sobre os pneus em circulação na frota de Joinville. Dentre todas estas características, o enfoque foi dado na profundidade do sulco, que está diretamente ligada à segurança.

Com posse de tais informações, foi possível correlacionar o estado de conservação da frota com as recomendações da literatura e de especialistas, a fim de compor o nível de risco

que a média dos usuários está exposta, principalmente quando é avaliada a profundidade de sulco.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Analisar o estado de conservação dos pneus na frota de Joinville por meio da profundidade de sulco e produzir um panorama do mercado de pneus da região com base no banco de dados coletado.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Conhecer a profundidade de sulco mínima, média e máxima da frota com base na amostra do trabalho;
- Identificar o fabricante de pneu com maior parcela de mercado para cada subcategoria analisada;
- Comparar parâmetros de pneus entre as categorias de estudo (veículo de entrada e hatch pequeno) e listar os valores médios de suas características principais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir serão apresentados os principais conceitos considerados no desenvolvimento deste trabalho. Trata-se de uma revisão teórica com base nos principais autores de cada área a fim de facilitar a compreensão dos termos que serão utilizados nos capítulos seguintes.

2.1. PNEUS

Os pneumáticos, popularmente conhecidos como pneus, exercem importante função na transmissão de forças do veículo ao solo e vice-versa. O controle primário e eventuais forças de distúrbio que surgem durante a operação de um veículo, com exceção das forças aerodinâmicas, são gerados no contato pneu-pista (GILLESPIE, 1992). Os pneus são essenciais para suportar carregamentos verticais e amortecer choques advindos das irregularidades da via. Por meio da transmissão de forças longitudinais, permitem condições de aceleração e frenagem. Por fim, a absorção de forças laterais permite a realização de curvas.

Portanto é fundamental conhecer suas partes constituintes, suas condições de operação e seus mecanismos de geração de forças a fim de compreender a influência dos mesmos sobre o comportamento dinâmico do veículo, principalmente no que diz respeito à segurança dos ocupantes.

2.1.1. Partes constituintes

Os pneus modernos utilizados nos veículos de passeio atuais podem ser estudados como uma estrutura mecânica constituída por duas partes: a carcaça, elemento inflado com ar composto por lonas e cordéis de diferentes materiais e a banda de rodagem, revestimento externo com diferentes formatos de sulcos capazes de manter a aderência do pneu com o solo sob diferentes condições de pista (LEAL; DA ROSA; NICOLAZZI, 2012).

Segundo Andrietta (2016), o peso de um pneu de automóvel varia entre 5,5 e 7,0 kg e é construído, basicamente, como uma mistura de borracha natural e de elastômeros (polímeros que possuem propriedades físicas semelhantes às da borracha natural), também chamados de

“borrachas sintéticas”. Negro de fumo adicionado ao processo confere ao produto propriedades de resistência mecânica e contra a ação degradante de raios ultravioleta. Além da carcaça, são sobrepostas também malhas de aço e lonas transversais de diferentes materiais nas camadas superiores que conferem ao pneu maior durabilidade. A mistura é espalmada em um molde para realização da vulcanização, que ocorre entre 120 e 160°C na presença de compostos de zinco e enxofre, aceleradores, ativadores e outros compostos antioxidantes. A composição química final de um pneu típico encontra-se na Figura 1.

Figura 1. Composição química e de materiais contidos em um pneu.



Fonte: Adaptado de Andrietta (2016).

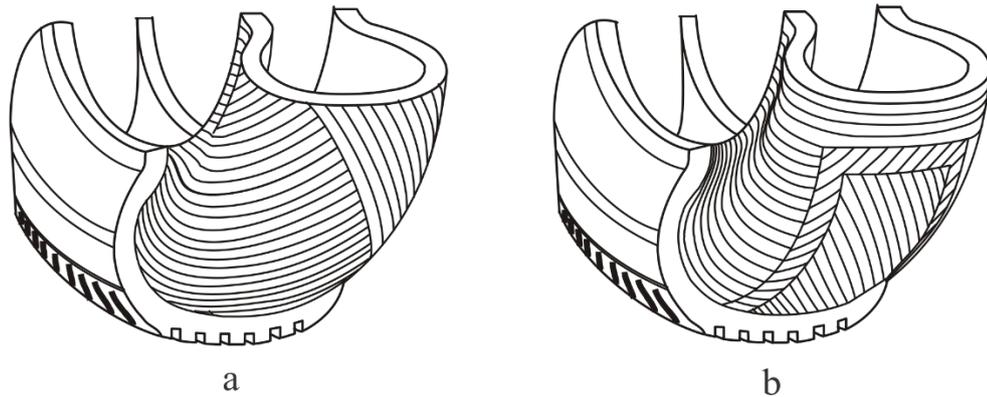
Uma melhor visão da disposição de tais materiais na construção dos pneus é apresentada a seguir.

2.1.1.1. Carcaça

Existem dois tipos básicos de construção de pneus: com carcaça diagonal e com carcaça radial. A carcaça diagonal foi o padrão adotado desde o início da indústria automotiva americana até a década de 1960, quando as vantagens dos pneus de carcaça radial, desenvolvidos na Europa, tornaram-se reconhecidas (GILLESPIE, 1992).

Ambos os modelos construtivos partem de uma malha com finos cordéis de aço paralelos impregnados por borracha para evitar atrito, apresentando diferenças na angulação dos cordéis da malha em relação à circunferência do pneu e na quantidade de lonas adicionais de reforço. Os dois modelos são apresentados na Figura 2.

Figura 2. Tipos de carcaça: a-diagonal e b-radial.



Fonte: Adaptado de Leal et al. (2012).

Atualmente, carcaças diagonais são raras no mercado de pneus para veículos de passeio. Geralmente são encontradas em pneus originais de veículos de coleção. Os fabricantes atuais concentram seu desenvolvimento em materiais, variações de carcaças radiais e em diferentes desenhos da banda de rodagem, assunto do tópico a seguir.

2.1.1.2. *Banda de Rodagem*

Segundo Leal et al. (2012), toda transmissão de forças do pneu para o solo, sejam longitudinais ou transversais, é feita pelo atrito existente na zona de contato da banda de rodagem com o solo. Procura-se, portanto, obter o máximo possível de aderência nas mais diversas condições de pista, seja ela de asfalto, concreto, pedra, terra, limpa ou contaminada, seca ou molhada.

Para NTSHA (2006), a todo momento a banda de rodagem deve proporcionar a tração necessária para condução, frenagem e realização de curvas. Seu composto é especialmente formulado para proporcionar um equilíbrio entre desgaste, tração, manobrabilidade e resistência ao rolamento.

Durante o processo de vulcanização, a carcaça recém montada e coberta pelo composto de borracha, que dará origem à banda de rodagem, é colocada em um molde estanque. Como pode ser visto na Figura 3, trata-se de uma matriz positiva com formato dos sulcos que deseja-se obter sobre o pneu ao final do processo. Vapor de água sob pressão é injetado pressionando o pneu contra as paredes do molde, assim o formato da banda de rodagem é estampado sobre a carcaça enquanto as lonas e os diferentes compostos de borracha são unidos, dando origem à uma peça única.

Figura 3. Molde utilizado no processo de vulcanização para estampagem da banda de rodagem.



Fonte: Shangdong (2016).

No projeto da banda de rodagem, busca-se um modelo capaz de fornecer desgaste uniforme, canalização da água para fora da área de contato e minimização de ruído (NHTSA, 2006).

Um desenho eficiente da banda de rodagem possibilita ao pneu duas funções principais: primeiro, propiciar a drenagem adequada da água e segundo, moldar-se à superfície da via. Por isso, a banda de rodagem deve possuir uma quantidade de arestas razoavelmente bem definidas de modo a se amoldar nas irregularidades do piso e prover um meio mecânico para transmissão de força, adicionalmente às forças de atrito (LEAL; DA ROSA; NICOLAZZI, 2012).

Com a evolução da simulação computacional, novos modelos de banda de rodagem surgem todos os dias, apresentando desempenho direcionado para condições específicas de uso, podendo ser classificados basicamente em três grupos: simétricos, assimétricos e unidirecionais, conforme exemplos na Figura 4.

Figura 4. Classificação dos pneus de acordo com a banda de rodagem.



Fonte: Autor (2018).

Segundo dados do fabricante Yokohama (2016), os pneus simétricos são mais consistentes e duráveis. Com grande parcela de mercado, apresentam o mesmo desenho em relação ao seu plano médio, o que proporciona igual desempenho para ambos os sentidos de rotação, em variadas condições de pista. Os pneus assimétricos, como o nome já sugere, apresentam perfis diferentes em relação ao seu plano médio, com gomos maiores na sua região externa para maior estabilidade em curvas e gomos menores na parte interna para escoamento de água, sendo recomendados para veículos esportivos. Por fim, os modelos unidirecionais, apresentam melhor escoamento da água, possuem menor resistência ao rolamento e menor distância de parada, todavia, essas propriedades são alcançadas somente em um sentido de rotação. Este último modelo apresenta maior desempenho em condições de pista seca.

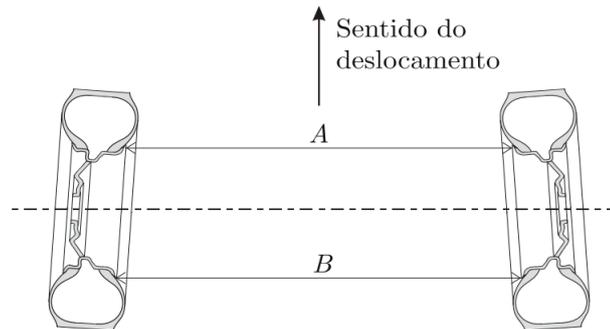
2.1.1.3. *Desgaste da banda de rodagem*

Os mecanismos de desgaste da banda de rodagem dependem de alguns fatores, entre os principais estão: a pressão de enchimento do pneu, a convergência e a cambagem das rodas. Antes de apresentar os padrões de desgaste mais conhecidos, é necessário entender os conceitos de convergência e cambagem.

Convergência, também chamada de alinhamento, é a diferença em milímetros entre as grandezas A e B mostradas na Figura 5, medida entre os aros, na altura dos centros das rodas quando em posição de linha reta, dada pela simples subtração $C = B - A$. O menor desgaste dos pneus ocorre quando esta diferença é igual a zero, permitindo que a roda se desloque perfeitamente em linha reta. Rodas motrizes, em repouso, possuem leve divergência (quando

$A > B$), que durante o rolamento, é cancelada pelo surgimento de uma força longitudinal no sentido contrário, fazendo com que a roda se auto alinhe. Rodas movidas são ajustadas para apresentarem convergência quando em repouso e alinhamento durante o rolamento, devido à ocorrência do mesmo fenômeno (LEAL; DA ROSA; NICOLAZZI, 2012).

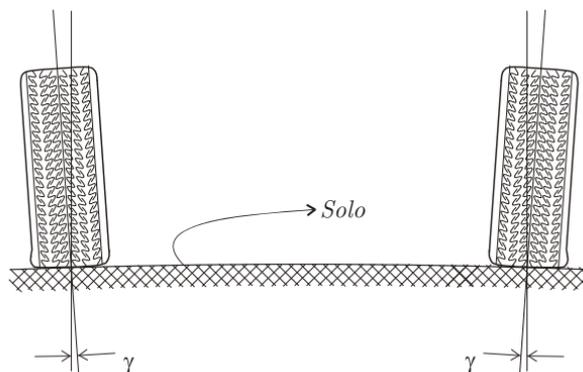
Figura 5. Ilustração da convergência das rodas. Vista superior de um eixo.



Fonte: Leal et al. (2012).

Cambagem, ou *camber*, é a inclinação do plano da roda em relação a uma linha vertical imaginária que passa perpendicularmente pelo centro da superfície de contato pneu/pista, dada pela letra grega γ , conforme ilustrado na Figura 6. A cambagem é positiva quando as rodas, na sua parte superior estão para fora e negativa quando estão para dentro. A utilização de cambagem positiva em veículos de passeio colabora para uma melhor acomodação do veículo sobre vias convexas. Para aplicações em pistas de corrida, recomenda-se a utilização de cambagem negativa, que aumenta a capacidade dos pneus de absorver cargas laterais em curvas (LEAL; DA ROSA; NICOLAZZI, 2012).

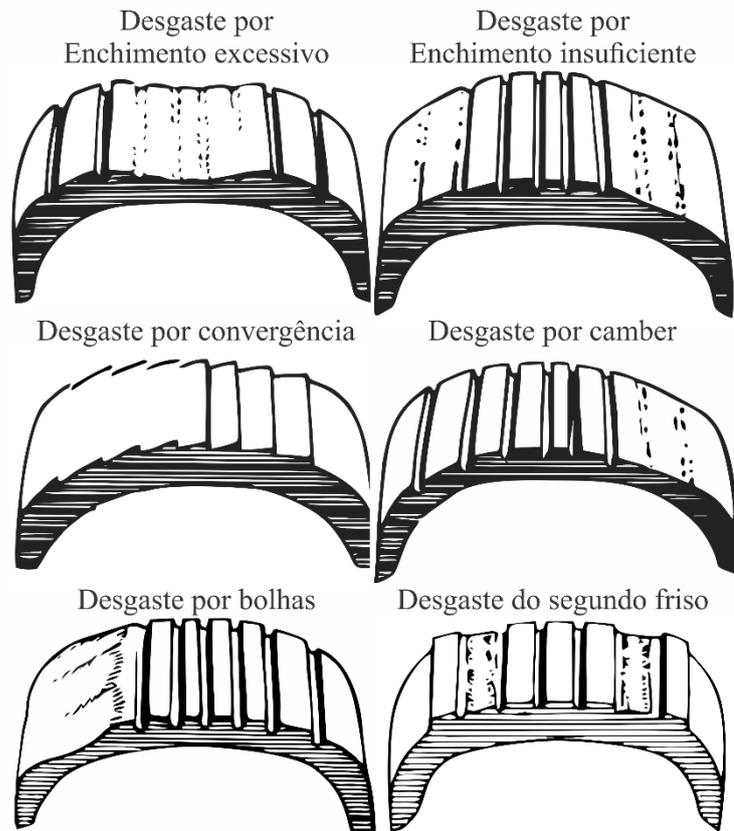
Figura 6. Ilustração da cambagem das rodas. Vista frontal de um eixo.



Fonte: Leal et al. (2012).

O ajuste incorreto da convergência, da cambagem das rodas e o enchimento excessivo ou insuficiente do pneu são os principais causadores do desgaste da banda de rodagem. A Figura 7 ilustra os padrões de desgaste que serão discutidos a seguir.

Figura 7. Principais padrões de desgaste conhecidos.



Fonte: Adaptado de Procarcare (2016).

Segundo dados do fabricante Bridgestone (2016), o enchimento excessivo de ar causa desgaste acelerado no centro da banda de rodagem, isso ocorre porque o pneu assume um formato abaulado e muito rígido, reduzindo sua área de contato aos sulcos centrais. Por outro lado, o enchimento insuficiente do pneu, ou sua utilização a vazio, causa desgaste nos ombros do pneu (união entre o flanco e a banda de rodagem), já que a parte central é poupada do atrito com a pista se deformando para dentro.

A calibragem dos pneus seguindo as instruções do manual de cada veículo, proporciona maior vida útil aos mesmos. As deformações causadas pela pressão de enchimento são ilustradas na Figura 8.

Figura 8. Deformação da banda de rodagem de acordo com a pressão de enchimento do pneu.



Fonte: Adaptado de Bridgestone (2016).

O desgaste por convergência deixa os frisos do pneu arredondados de um lado e afiados de outro, podendo ser facilmente identificados pelo tato. Isso ocorre quando as rodas não estão sob alinhamento correto ou quando o sistema de direção apresenta folgas, fazendo com que um dos pneus escorregue lateralmente durante a realização de curvas. O *camber* excessivo ocasiona um desgaste muito parecido, com exceção da afiação dos frisos. Isso também pode ocorrer por desgaste nos componentes da suspensão ou má distribuição do peso sobre o veículo, fazendo com que apenas um lado da banda de rodagem seja solicitado (PROCARCARE, 2016).

O desgaste do sistema de suspensão (amortecedor, molas, buchas e outros), inicialmente projetado para que os pneus mantenham contato o tempo todo com a pista, faz com que o pneu deixe o solo por instantes e sofra choques severos ao retornar. Isso ocasiona o rompimento de cordéis de aço dentro das lonas da carcaça, a formação de bolhas e o descolamento de gomos e frisos da banda de rodagem. Um pequeno desgaste no segundo friso (ou nos gomos próximos aos ombros do pneu) é comum em pneus radiais de baixo custo, sendo considerado normal por alguns fabricantes. Ele acontece sobre a região onde encerram-se as lonas da cinta e pode ser intensificado pelo enchimento insuficiente do pneu (PROCARCARE, 2016).

2.1.2. Profundidade de Sulco

Por meio dos mecanismos de desgaste apresentados, a profundidade de sulco, medida de altura dos frisos presentes no pneu, é diretamente reduzida, comprometendo a segurança dos ocupantes do veículo.

Segundo Bullas (2004), a profundidade mínima de sulco passou a ser regulamentada por lei pela primeira vez nos EUA em 1º de abril de 1968, sendo estabelecida em 1 mm para a maioria dos veículos comerciais. Em 1969, a *Federal Highway Administration* atualizou o valor para 2/32”, aproximadamente 1,6 mm, sem justificativas claras para tal decisão. A partir de então este valor passou a ser adotado em diversos países sem questionamentos pela sua escolha.

No Brasil, a profundidade mínima foi estabelecida a partir de 1980 pela Resolução nº 558 do CONTRAN, que no artigo 4º infere: “Fica proibida a circulação de veículo automotor equipado com pneu cujo desgaste da banda de rodagem tenha atingido os indicadores ou cuja profundidade remanescente da banda de rodagem seja inferior a 1,6 mm” (p. 1).

Para facilitar a verificação do estado de desgaste da banda de rodagem, tanto por parte dos consumidores quanto pelos órgãos de fiscalização, os fabricantes de pneus passaram a estampar na cavidade dos sulcos um indicador de desgaste, conhecido com *Tread Wear Indicator* (TWI), conforme visto na Figura 9. A altura do indicador a partir da superfície mais interna do pneu é de 1,6 mm e, portanto, quando este alinha-se com a superfície externa do pneu, conclui-se que o mesmo atingiu a condição limite de desgaste.

Figura 9. *Tread Wear Indicator* (TWI).



Fonte: GF Pneus (2016).

Apesar de não existirem justificativas concretas para a utilização do valor mínimo de 1,6 mm, diversos estudos desde a década de 1970 mostram uma estreita relação entre o coeficiente de atrito dos pneus, a profundidade de sulco e o envolvimento em acidentes (BULLAS, 2004).

Trabalhos baseados em dados estatísticos de seguradoras finlandesas identificaram que, em condições úmidas, os pneus desgastados constituíam 9% dos acidentes, contra apenas 1,8% em condições de pista seca (HANTTULA, 1998). A partir do mesmo banco de dados, a

investigação de Lundell (1994), identificou que, para velocidades superiores a 70 km/h em estradas escorregadias, automóveis com pneus desgastados (com sulcos entre 0 e 3 mm) possuíam chances seis vezes maiores de serem causadores de acidentes ao invés de vítimas de outros veículos. A profundidade dos pneus novos pode variar, segundo Bridgestone (2018), entre 7,14 mm e 8,73 mm.

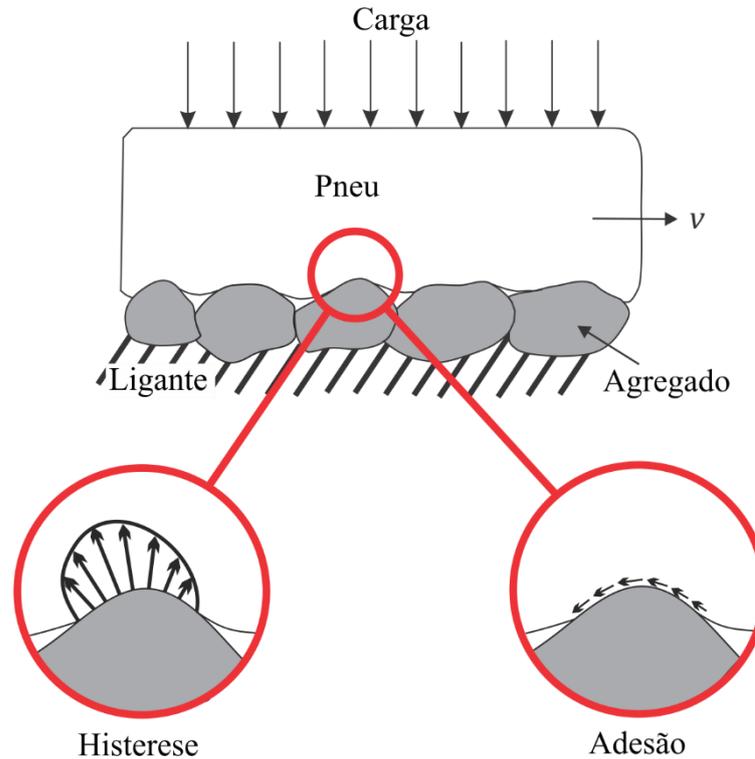
A influência da profundidade de sulco sobre a aderência do pneu ao solo e a resistência ao rolamento serão apresentados juntamente com os conceitos necessários para a sua compreensão nas seções a seguir.

2.1.2.1. Influência da profundidade de sulco sobre a aderência

Segundo Leal et al. (2012), a possibilidade de transmissão de esforços entre o pneu e a pista durante os processos de frenagem, aceleração e contorno de curvas, depende do atrito disponível na área contato, também chamado de aderência.

Segundo Gillespie (1992), existem dois mecanismos primários responsáveis pela geração de atrito entre pneu e pista: a histerese e a adesão. Ambos, ilustrados na Figura 10, dependem de alguma pequena quantidade de escorregamento entre a banda de rodagem e o solo.

Figura 10. Mecanismos de geração de atrito no contato pneu-pista.



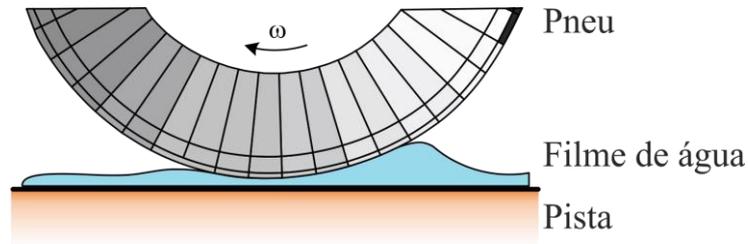
Fonte: Adaptado de Gillespie (1992).

O mecanismo de histerese representa a perda de energia na borracha devido à sua deformação enquanto desliza sobre o agregado. O atrito devido à histerese não é afetado pela presença de água na superfície da via. Portanto, pneus fabricados com borracha de alta histerese proporcionarão maior tração em condições de pista molhada (GILLESPIE, 1992).

A adesão superficial resulta das ligações intermoleculares entre a borracha e o agregado na superfície da via. O componente de adesão possui a maior contribuição para o atrito entre pneu e solo em estado seco. A adesão, entretanto, é substancialmente reduzida quando a superfície da estrada encontra-se molhada (GILLESPIE, 1992).

A entrada de água entre o pneu e a pista origina o fenômeno conhecido como aquaplanagem, ilustrado na Figura 11. Segundo Jazar (2008), isso ocorre quando os sulcos presentes na banda de rodagem não conseguem drenar a água para fora da área de contato, configurando a chamada aquaplanagem dinâmica. Nesta situação, o pneu desliza sobre o filme de água, o atrito é substancialmente reduzido e o motorista perde parcial ou completamente o controle sobre o veículo.

Figura 11. Fenômeno da aquaplanagem.



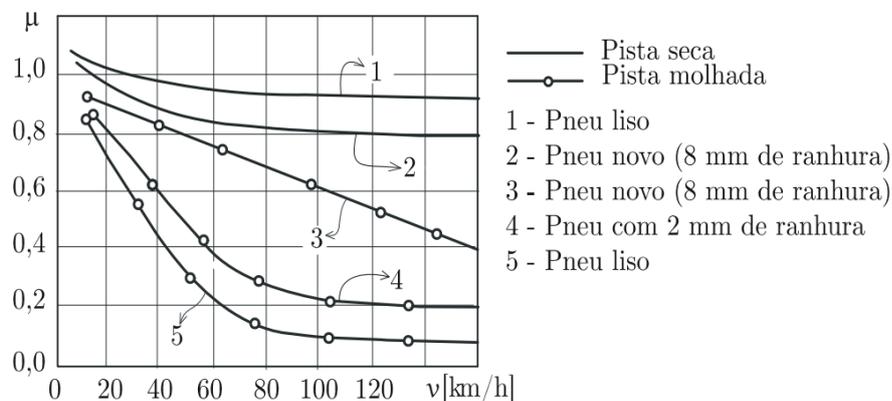
Fonte: Adaptado de Jazar (2008).

Existem ainda a aquaplanagem viscosa que ocorre quando a pista encontra-se coberta por óleo, graxa ou poeira. Neste caso, o controle do veículo pode ser comprometido com menor quantidade de água na pista e velocidade inferior à necessária para a aquaplanagem dinâmica. Em situações de frenagem repentina e total, a banda de rodagem sofre abrasão, os mecanismos de histerese e adesão são interrompidos e o motorista, por consequência, perde o controle total do veículo (JAZAR, 2008).

Em pista seca, o máximo de aderência é obtido com um pneu totalmente liso, visto que este coloca em contato com o solo o máximo possível de borracha. A menor presença de água, porém, torna esse pneu extremamente perigoso, pois não existe nenhum mecanismo que retire ou canalize o filme de água. A presença dos sulcos permite o escoamento da água para fora da região de contato, aumentando a aderência do pneu (LEAL; DA ROSA; NICOLAZZI, 2012).

A Figura 12 correlaciona o coeficiente de atrito com diferentes condições de banda de rodagem, pista e velocidades.

Figura 12. Comportamento do coeficiente de atrito em função da velocidade para diferentes condições de banda de rodagem e pista.



Fonte: Leal et al. (2012).

Conforme visto na Figura 12, maiores valores para o coeficiente de atrito são alcançados sob condições de pista seca, sendo o modelo de pneu liso (sem sulcos na banda de rodagem) o que mais adere ao solo. Isso ocorre porque há maior área de contato com a pista. A medida que a velocidade aumenta, os mecanismos de histerese e adesão são atenuados e o atrito é reduzido. Em pista molhada, quanto menor a profundidade do sulco e maior a velocidade, menor é a capacidade das ranhuras escoarem a água, reduzindo consideravelmente o atrito.

O estudo de Eidt (2015), comprova que a profundidade de sulco influencia a aceleração do veículo tanto em pista seca quanto molhada. Pneus com sulcos menores apresentaram maior aceleração em condição de pista seca, enquanto pneus com sulcos maiores apresentaram maior aceleração em condição de pista molhada, variando pouco em relação à espessura do filme de água. Resultados análogo foram comprovados para o desempenho em frenagem, onde pneus lisos (com maior área de contato com o solo) atingiram as menores distâncias de parada. Em relação à tendência de capotamento em curvas, maiores valores para o coeficiente de atrito comprovaram que o veículo passa da condição de escorregamento e tende a capotar.

2.1.2.2. *Influência da profundidade de sulco sobre a resistência ao rolamento*

Para manter um pneu em movimento sobre o solo, dispense-se certa quantidade de energia, consumida pelos diversos mecanismos de perdas existentes. Tais perdas são agrupadas em um único termo conhecido como resistência ao rolamento do pneu (LEAL; DA ROSA; NICOLAZZI, 2012).

Pela Equação 1, admite-se de forma empírica que a resistência ao rolamento, Q_r , é a força que deve ser fornecida ao pneu para que o mesmo mantenha-se em rotação. Esta força é proporcional à carga normal, G , que atua sobre o pneu. O fator de proporcionalidade, f , é conhecido como coeficiente de resistência ao rolamento.

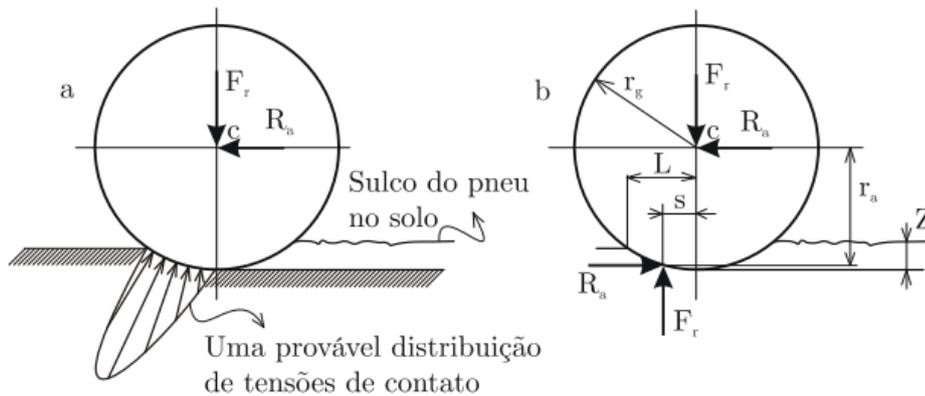
$$Q_r = f G \tag{1}$$

Segundo Reimpell (2001), o coeficiente de resistência ao rolamento varia com a velocidade, pressão de enchimento, carga radial, tipo de pneu e de solo, temperatura e outras variáveis de menor importância. Leal et al. (2012) aproxima o valor de f por meio da Equação 2, onde a velocidade, v , deve ser inserida em m/s.

$$f = 0,0150 + 0,052 \left(\frac{v}{100} \right)^2 \quad (2)$$

Considerando, um modelo de contato onde o pneu é rígido e o solo deformável, conforme a Figura 13, todas as perdas de energia ocorrem no solo. Em seu movimento o pneu deixa um sulco no terreno deformável. Para manter esse movimento, é necessário que atue na roda uma força de mesmo sentido longitudinal e que compense a resistência ao avanço R_a que o solo impõe. Por meio de um somatório de momentos, obtém-se a Equação 3.

Figura 13. Modelo de interação de pneu rígido e solo deformável.



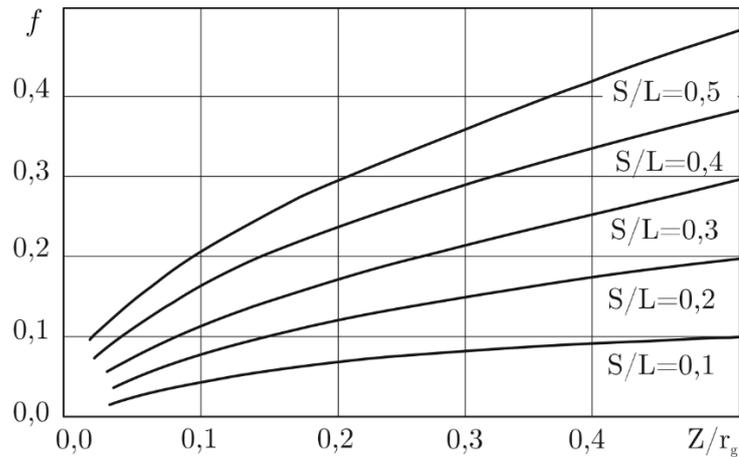
Fonte: Leal et al. (2012).

$$R_a = F_r \frac{s}{r_g} \quad (3)$$

Ao observar a Equação 3, conclui-se que a diminuição da profundidade de sulco s colabora para a redução da força de resistência ao rolamento advinda da deformação do solo.

O gráfico da Figura 14 apresenta o comportamento do coeficiente de resistência ao rolamento em função profundidade e largura de sulco.

Figura 14. Coeficiente de rolamento em função da profundidade de sulco.



Fonte: Leal et al. (2012).

Por meio da Figura 14, entende-se que a resistência ao rolamento diminui quase que linearmente com a redução da profundidade de sulco do pneu, isso significa que, durante sua vida útil, o desgaste da banda de rodagem reduz a quantidade de massa do pneu e conseqüentemente a sua resistência ao rolamento.

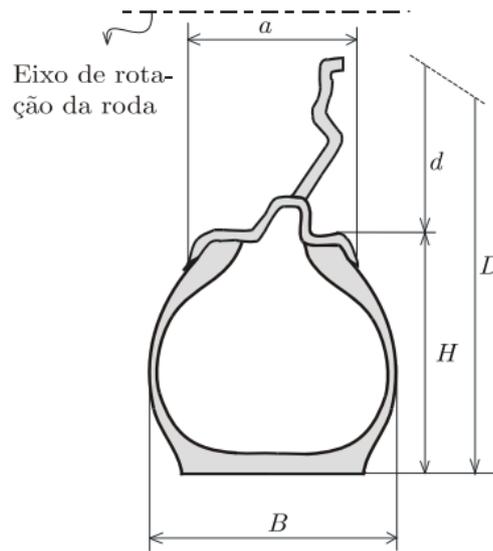
Experimentos comprovam que desgastes nos ombros do pneu tendem a ter um impacto maior sobre a resistência ao rolamento do que em outras regiões da banda de rodagem, provavelmente porque as tensões nesta região são mais significativas (NHTSA, 2006).

2.1.3. Designação de Pneus

A designação de um pneu busca informar sobre suas dimensões principais, sua capacidade de carga, seu limite de velocidade e a forma construtiva de sua carcaça. No Brasil, os fabricantes de pneus estão sob a normatização da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que dispõe sobre terminologias de pneumáticos na NBR 224:2003, atualmente em vigor.

As dimensões principais de um pneu são apresentadas na Figura 15, onde as medidas mais utilizadas são: B , a largura do pneu; H , a altura do flanco e d , o diâmetro de montagem da roda. É importante salientar que para a designação utilizam-se medidas nominais, informadas pelo fabricante, e não as medidas exatas do pneu.

Figura 15. Dimensões principais de um pneu.



Fonte: Leal et al. (2012).

O primeiro conjunto de informações de um pneu é formado por “Largura/Seção”, onde a largura é dada por B , em milímetros, e a seção pela relação de H/B escrita em porcentagem. Esta relação também é conhecida como a série do pneu, um valor dado em porcentagem que relaciona o perfil do flanco com a largura da banda de rodagem. A partir de uma designação 205/60, como na Figura 16, por exemplo, pode-se concluir que trata-se um pneu com largura nominal de 205 mm e perfil série 60, onde o flanco possui 60% ($H/B = 0,6$) da largura do pneu, ou seja, este pneu possui um flanco com 123 mm de altura.

Para calcular o tamanho final do conjunto roda e pneu, pode ser utilizado a Equação 4. Nota-se que o diâmetro do aro precisa ser convertido para milímetros, uma vez que, por convenção, é dado em polegadas.

$$D = \left(d \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ pol.}} \right) + 2H \quad (4)$$

Figura 16. Nomenclatura básica de um pneu.



Fonte: Adaptado de Fairmount (2016).

A forma construtiva da carcaça é informada por apenas um caractere: “-” para carcaça diagonal, “R” para carcaça radial ou “B” para carcaça diagonal cintada. Esta informação é seguida pelo diâmetro de montagem do pneu, d , dado normalmente em polegadas, formando o segundo conjunto de informações. Um pneu R16, por exemplo, trata-se de um pneu com carcaça radial para montagem em rodas de aro 16”.

O terceiro conjunto de informações diz respeito a capacidade de carga do pneu e seu limite de velocidade. Segundo Leal et al. (2012), a capacidade de carga de um pneu é limitada pela geração de calor devido a sua deformação, pela pressão máxima admitida por sua carcaça e pela frequência que o mesmo é solicitado, decorrente de sua velocidade. Pode-se dizer que o número de lonas presentes na carcaça é um dos fatores construtivos que determinam a capacidade de carga de um pneu.

Os índices de carga variam de 0 a 279, e são utilizados para designação desde pneus para motocicletas e veículos leves até grandes caminhões fora de estrada. Na Tabela 1, são apresentados os índices encontrados em pneus de veículos de passeio e suas respectivas capacidades de carga bruta de acordo com a Associação Latino Americana de Pneus e Aros (ALAPA, 2003).

Quadro 1. Designação de pneus por índices de acordo com a capacidade de carga do pneu.

Índice	Carga [kg]	Índice	Carga [kg]
40	140	80	450
41	145	81	462
42	150	82	475
43	155	83	487
44	160	84	500
45	165	85	515
46	170	86	530
47	175	87	545
48	180	88	560
49	185	89	580
50	190	90	600
51	195	91	615
52	200	92	630
53	206	93	650
54	212	94	670
55	218	95	690
56	224	96	710
57	230	97	730
58	236	98	750
59	243	99	775
60	250	100	800

Fonte: ALAPA (2003).

Segundo NHTSA (2006), um pneu é uma estrutura mecânica que apresenta inúmeros modos de vibrar, tanto em baixa, como em alta frequência. A partir de determinada velocidade, o pneu atinge frequências naturais capazes que colocá-lo em ressonância, transmitindo distúrbios excessivos para o veículo e entrando em colapso a qualquer momento. Para evitar tais condições de ressonância, deve-se respeitar os limites de velocidade indicados.

Os índices de velocidade são designados por letras que vão de A até Y. Os mais utilizados em pneus para veículos de passeio são apresentados na Tabela 2.

Quadro 2. Designação de pneus por símbolos de acordo com a velocidade limite.

Símbolo	Velocidade Limite [km/h]
P	150
Q	160
R	170
S	180
T	190
U	200
H	210
V	240
W	270
Y	300

Fonte: ALAPA (2003).

A designação apresentada nesta seção é atualmente utilizada por todos os fabricantes que comercializam no Brasil, com raras variações. O conhecimento de tais informações é necessário para a posterior classificação dos dados coletados para a pesquisa central deste trabalho.

Para atender todos os tipos de aplicações de acordo com as designações acima, os pneus movimentam uma parcela significativa do mercado automotivo, que será apresentado na seção seguinte.

2.2. PANORAMA DO MERCADO AUTOMOTIVO DE PNEUS

Segundo o relatório de vendas anuais apresentado por Davis (2017), o mercado global de pneus movimentou entre 2016 e 2017, cerca de US\$ 151 bilhões. A lista dos dez primeiros colocados é responsável por 63,9% do montante. O relatório conta com o fechamento anual de vendas de 75 fabricantes com sede por todo o mundo e pode ser encontrado numa versão adaptada, apresentada no Apêndice C desse trabalho.

Em primeiro lugar, por nove anos consecutivos, está a japonesa Bridgestone Corporation com faturamento anual de US\$ 22,1 bilhões, seguida pelos US\$ 21,1 bilhões da francesa Group Michelin e dos US\$ 13,6 bilhões da Goodyear Tire & Rubber Company, pioneira norte-americana. Para completar as empresas com faturamento acima de dez bilhões de dólares, está a alemã Continental A.G., com US\$ 10,8 bilhões, sendo que a venda de pneus significa apenas 25% do seu faturamento (DAVIS, 2017).

Segundo a Continental (2018a), além do mercado de pneus, seus investimentos estão em pesquisa e desenvolvimento de soluções para indústria, agricultura, construção civil, aviação comercial, mineração e modais ferroviário e naval. Vale destacar que empresas como Bridgestone, Michelin e Goodyear também não possuem faturamento concentrado apenas na produção de pneus. As mesmas obtêm uma quantia mensurável de receita proveniente da venda de borracha sintética e outros materiais brutos ou semi-processados para terceiros (DAVIS, 2017).

A posição da Bridgestone no topo é justificada por participações minoritárias que possui em outras empresas do setor, como a turca Brisa e a Nokian Tires da Finlândia. Sua subsidiária de maior sucesso é a Firestone Tire & Rubber Company. Incorporada em 1988 ao grupo, se tornou a marca mais popular de seu portfólio, comercializando inicialmente soluções para veículos pequenos. Hoje as duas marcas, Bridgestone e Firestone, cobrem o mercado em todas as categorias (BRIDGESTONE, 2018).

No Brasil, a fabricação de pneus das marcas Bridgestone e Firestone iniciou em 1939 em Santo André – SP. Atualmente, além de Santo André, a corporação possui uma fábrica de pneus no complexo industrial de Camaçari – BA e duas fábricas de bandas de rodagem e partes de borracha para reforma de pneus, da marca Bandag, instaladas em Campinas – SP e Mafra – SC.

A Group Michelin segue a estratégia e atua no mercado internacional com marcas alternativas como Tigar e Uniroyal, concentradas em modelos de baixo custo para *SUVs*, e a BFGoodrich, com os renomados pneus para veículos *off road*. As marcas Tigar e Uniroyal ainda são pouco conhecidas no Brasil (CAVALCANTE, 2018).

As operações da Michelin em território nacional iniciaram em 1927 com um escritório comercial em São Paulo. Porém, apenas em 1981 foi inaugurada a primeira fábrica, na cidade do Rio de Janeiro, para a produção de pneus para caminhões e ônibus. Hoje a empresa está presente no país com dois complexos industriais no estado do Rio de Janeiro, que produzem, além dos pneus para ônibus e caminhões, pneus para carros de passeio, mineração e máquinas agrícolas, que abastecem o mercado brasileiro e sul americano (MICHELIN, 2018).

A Goodyear iniciou as suas atividades no Brasil em 1919, com um escritório de vendas e um armazém, comercializando produtos importados. Hoje a companhia tem três unidades: a fábrica na cidade de Americana – SP, considerada a maior do seguimento na América Latina, a unidade de materiais de recapagem na cidade de Santa Bárbara do Oeste – SP e a de recauchutagem de pneus para aviação em São Paulo – SP, onde fica sua sede. Além disso conta

com centros de montagem em São Paulo, Rio Grande do Sul, Pernambuco e mais de 1000 pontos de vendas oficiais pelo país. (GOODYEAR, 2018).

Segundo a Continental (2018), sua divisão de pneus para veículos de passeio é constituída pelas marcas Continental, Euzkadi, Semperit, Barum, General Tire e Viking. Cavalcante (2018) afirma que suas marcas subsidiárias apresentam preços mais acessíveis e diferentemente da marca principal, vendida na rede autorizada, podem ser encontradas em redes de supermercados varejistas. Sua presença no país pode ser considerada recente. A fábrica nacional foi inaugurada em 2006 no complexo industrial de Camaçari – BA. Existe também a unidade em Ponta Grossa – PR, a 200 km do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina.

No *ranking* global, a Pirelli & C. S.p.A. aparece na quinta posição com US\$ 6,4 bilhões em vendas. Entretanto, segundo dados da própria companhia, ela é líder no fornecimento de equipamento original para montadoras com 50% dos automóveis de passeio novos, 38% dos comerciais pesados e expressivos 98% das motocicletas montadas no país (PIRELLI, 2018).

A marca italiana é uma das pioneiras na extração de borracha natural na Amazônia. Sua chegada ao país se deu em 1929, na cidade de Santo André – SP. Atualmente possui fábricas também em Campinas – SP, Sumaré – SP, Gravataí – RS e Feira de Santana – BA. Considerando as fábricas da Argentina e Venezuela, as operações na América do Sul representaram em 2008, 33% do faturamento global da Pirelli, cerca de € 4,1 bilhões (PIRELLI, 2018).

Ainda sobre as marcas presentes no país, destaca-se a Dunlop que chegou ao país em 2013 na cidade de Fazenda Rio Grande – PR com sua fábrica para pneus de passeio e *SUVs*. Em 2019 a empresa prevê expansão da unidade para pneus de carga, atualmente são importados (DUNLOP, 2018). A marca foi incorporada pela japonesa Sumitomo Rubber Industries Ltd. que já aparece no *ranking* global apresentado por Davis (2017) como sexta colocada.

As marcas Hankook, da Coreia do Sul, e Yokohama do Japão, que aparecem em sétimo e oitavo lugar em vendas globais, não possuem fábricas no país, apenas centros de importação e distribuição. Ambas iniciaram suas atividades no país na década de 90 e tem alcançado significativas parcelas de mercado sem a necessidade de produção local (YOKOHAMA, 2018). Outras marcas que começam a aparecer no mercado nacional por meio de importadoras são Kumho, Toyo, Maxxis, Ling Long, Nexen, Roadstone e Sailun.

Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP, 2018), os fabricantes atualmente instalados no país são responsáveis por 0,7% do Produto Interno Bruto – PIB brasileiro. O setor gera aproximadamente 29 mil empregos diretos e mais de 160 mil

empregos indiretos. Dados de 2014, mostram que a produção anual foi de 68,8 milhões de pneus, dos quais 56% atenderam ao mercado de reposição, 27% as montadoras e 17% foram exportados.

As importações cresceram, de 2008 a 2014, 13 pontos percentuais. Em 2014, por exemplo, enquanto os fabricantes nacionais importaram 7 milhões de unidades para complementar a produção nacional, os importadores trouxeram 28,1 milhões de pneus, 49% deles de origem chinesa. Esse volume poderia ser produzido por duas empresas de porte nacional, capazes de gerar 4 mil empregos diretos e quase 12 mil indiretos (ANIP, 2018).

Segundo os fabricantes nacionais, o crescimento das vendas dos concorrentes importados se deve ao baixo preço. Os importadores trabalham com mão de obra reduzida, não possuem custos com matéria prima nem compromisso com elevados padrões de qualidade (ANIP, 2018).

O Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto) lançado pelo Governo Federal em 2012, entre diversas medidas para proteger a indústria nacional, impôs sobre os veículos e peças importadas 30% de aumento no Imposto sobre Produto Industrializado (IPI). Segundo Loureiro (2018), essa medida, válida até final de 2017, segurou o aumento das importações no setor. Entretanto, com o fim do programa as importações voltaram a crescer.

O Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços confirmou aumento de 50% no volume de veículos importados no primeiro trimestre de 2018 (Martello, 2018). Ainda sem dados específicos para pneus, pode-se concluir que os importadores tenham experimentado reflexos desse aumento. Segundo Rodrigues (2018), o novo programa intitulado “Rota 2030” deve flexibilizar as políticas do setor e abrir o mercado para a livre importação nos próximos 12 anos, uma vez que o protecionismo carregado pelo anterior Inovar-Auto fora reprovado pela Organização Mundial do Comércio.

Na seção seguinte serão abordadas as categorias de veículos e suas características a fim de facilitar a compreensão dos resultados posteriores.

2.3. CATEGORIAS DE VEÍCULOS

A primeira classificação internacional de veículos foi padronizada por meio da norma ISO 3833 de 12 de janeiro de 1977, onde os veículos automotores terrestres são classificados entre:

- Motocicletas;

- Veículos de passeio;
- Ônibus;
- Veículos comerciais/Caminhões;
- Veículos especiais;
- Veículos para reboque e semi-reboque.

Dentro de veículos de passeio são considerados todos os veículos motorizados cujas premissas de projeto destinam-se principalmente ao transporte de pessoas e suas bagagens e/ou mercadorias e cuja capacidade não ultrapasse nove assentos incluindo o motorista. Tais veículos podem inclusive rebocar *trailers* (ISO, 1977).

Com a evolução do mercado automotivo e a preocupação cada vez maior com as necessidades dos clientes, os veículos de passeio passaram por diversas mudanças e ganharam novas variações. Será adotado nesse estudo, as categorias convencionadas entre os distribuidores de veículos brasileiros, cuja representação é feita pela FENABRAVE.

Serão abordados a seguir os veículos de entrada, hatch pequeno, hatch médio, sedan pequeno, sedan compacto, sedan médio, sedan grande, monocab, grandcab e station weagon médio.

Os veículos de entrada ou hatch backs compactos apresentam os preços mais acessíveis do mercado. São normalmente equipados com motor de 1000 cilindradas bicombustível e transmissão manual. A tendência na categoria são as versões de três cilindros, onde os consumidores abrem mão de potência para obter a máxima eficiência. Em termos de segurança e conforto, oferecem de fábrica, poucos opcionais ou apenas os obrigatórios, como por exemplo, ABS e *air bag*. O espaço interno é reduzido e foco são os deslocamentos urbanos, dispensando os porta-malas volumosos.

A categoria hatch pequeno ficou com as versões intermediárias dos veículos urbanos populares. Além de motores com até 1600 cilindradas e a possibilidade de transmissão automática ou automatizada, os mesmos oferecem mais opcionais de conforto e segurança que os veículos de entrada. O espaço interno é levemente superior e os preços ainda assim são razoáveis, compensados pelo benefício em economia de combustível, que não é muito diferente da categoria anterior.

O hatch médio oferece o maior nível de segurança e conforto dentre as categorias hatch. Normalmente equipado com conjunto mecânico potente e sofisticado, é adequado para o uso em estrada pelo aspecto esportivo que possui e prático no perímetro urbano pelas dimensões ainda menores que os sedans.

Os sedans são veículos com porta malas estendidos, cuja proposta é permitir além do volume maior de bagagens, um espaço interno superior aos hatches. Os sedans pequenos costumam ser as versões sedan mais econômicas. Compartilham carrocerias similares aos hatches pequenos e conjuntos mecânicos equivalentes.

Sedan compactos, por sua vez, não significam que são versões estendidas dos hatches compactos ou veículo de entrada. Eles ficam entre os sedans pequenos e médios. Nesse caso, a faixa de preço é o principal parâmetro de classificação.

Na sequência, tem-se os sedans médios, que trazem todo conforto e segurança necessários para longas viagens. São normalmente equipados com motores 1.8 a 2.0 e transmissão automática.

Para finalizar a categoria sedan, estão os modelos grandes. Neles, as montadoras buscam ofertar toda tecnologia embarcada disponível no mercado. São espaçosos, com bitola larga e entre-eixos comprido. Por se tratarem dos mais pesados entre os sedans, possuem conjuntos mecânicos robustos, onde o consumo específico não é premissa.

Os monovolumes ou minivans possuem espaço interno adequado para o uso em família. Possuem esse nome por compartilharem o mesmo espaço das bagagens com os passageiros, pelo teto elevado e os sistemas elaborados de recolhimento dos bancos para otimizar o espaço. O *monocab*, versão menor, é confortável para até cinco pessoas, já o *grandcab*, pode adicionar mais dois assentos no ambiente do porta malas, totalizando sete lugares. O *Station Weagon* (SW) médio é similar os monovolumes, entretanto carrega todas as características de um sedan médio, com a vantagem do compartilhamento de mesmo teto entre passageiros e porta malas.

Algumas montadoras produzem veículos em todas as categorias citadas, como por exemplo a Volkswagen. Para facilitar a compreensão, os modelos Up! e Gol pertencem à categoria veículo de entrada. O Polo, com preço e benefícios intermediários, é um hatch pequeno, já o robusto Golf é o símbolo do hatches médios. Nos sedans, o Voyage é o modelo pequeno, Virtus o compacto, Jetta o médio e o grande é, sem dúvidas, o Passat. O Space Fox tem todas as características de um *monocab*. O Jetta Variant é um station weagon médio.

Dentro do art. 4º da Resolução CONTRAN nº 291/2008 todos os veículos de passeio encaixam-se como tipo “6-Automóvel” e assim são registrados por ocasião do emplacamento nos departamentos de trânsito estaduais. Essa classificação não inclui as categorias veículo utilitário esportivo (*SUV*), camionetas (*pick-up* pequena) ou caminhonetes (*pick-up* grande).

Para selecionar e tratar a amostra de estudo, foram utilizados conceitos básicos de estatística, introduzidos na seção seguinte.

2.4. CONCEITOS BÁSICOS DE ESTATÍSTICA

Segundo Montgomery e Runger (2009, p. 1), “o campo de estatística lida com coleta, apresentação, análise e uso de dados para tomar decisões, resolver problemas e planejar produtos e processos”. Esses dados são extraídos de uma população que, segundo Barbetta (2010), é um conjunto de elementos passíveis de observação que formam o universo de estudo de interesse.

Em situações onde a população é grande ou infinita e há necessidade de rapidez na obtenção de resultados, grande parte das pesquisas científicas ou de resoluções de problemas de engenharia é feita por amostragem, ou seja, observa-se apenas um subconjunto de elementos da população (BARBETTA, 2010).

Os indivíduos, tanto da população quanto da amostra selecionada, apresentam características específicas. Tais características, ou variáveis, podem ser mensuradas tanto de forma qualitativa quanto quantitativa. Uma variável qualitativa é classificada, por exemplo, por meio de um profissional ou método especializado e identifica um atributo do elemento. Uma variável quantitativa pode ser mensurada numericamente e quantificada dentro de uma escala de grandezas. Dado um processo de amostragem onde os indivíduos são abordados aleatoriamente, as variáveis são chamadas aleatórias e podem variar de acordo com a definição da amostra a ser investigada (BARBETTA, 2010).

Dada uma amostra, é comum calcular medidas descritivas das observações realizadas, que poderão se tratar de parâmetro, estatística ou estimativa. Os parâmetros são medidas que descrevem características de elementos da população. Estatística é considerado todo cálculo realizado a partir dos elementos amostrados. As estimativas por sua vez, são resultantes de estatísticas calculadas com intuito de prever parâmetros da população (BARBETTA, 2010).

Entre as principais medidas descritivas, destacam-se média, moda e desvio padrão, que serão utilizadas durante esse estudo.

2.4.1. Média

Sejam n observações efetivas de certa variável aleatória $X: \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Definimos média aritmética pela Equação 5.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

Importante destacar que a média aritmética para uma observação efetiva da amostra, trata-se de uma estatística, que pode ser chamada de média amostral, e cujo objetivo é estimar a média populacional. Nesse caso os valores de x continuam sendo variáveis aleatórias e a média \bar{x} pode variar de acordo com a escolha da amostra.

2.4.2. Moda

Segundo Barbetta (2010), a característica dominante ou o valor obtido com maior frequência entre os dados coletados é considerada a moda da amostra. Um exemplo para fácil compreensão é idade dos jogadores de futebol de um time titular. Supondo que dois jogadores possuam 26 anos, dois possuam 25 anos, um possua 24, quatro possuam 22 anos, um possua 19 anos e um possua 18 anos. Ao total, tem-se 11 jogadores com idade média de 22,8 anos. A moda do time é 22 anos, visto que é a idade que mais se repete.

2.4.3. Desvio padrão

Para análises mais rigorosas é fundamental a inclusão de medidas de variabilidade, como por exemplo a variância e o desvio padrão. Ao adotar a média como valor central, as posições dos valores da amostra em relação ao valor médio são desvios e podem fornecer ao analista informações sobre a diversidade dos elementos escolhidos ou a influência dos ruídos na captura dos dados (BARBETTA, 2010).

O desvio padrão é raiz quadrada positiva do desvio médio ao quadrado entre todos os valores presentes na amostra, exceto o desvio entre o valor médio entre ele mesmo. Nesse caso utiliza-se o conceito de grau de liberdade, onde o desvio médio é a média dos desvios para os $n - 1$ casos presentes na amostra.

A Equação 6 apresenta o cálculo para o desvio padrão.

$$\sigma = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

Nota-se que o desvio padrão apresenta apenas valores positivos. Sua utilização é fundamental para o cálculo do tamanho mínimo de amostra pois revela a variabilidade da característica estudada na população.

2.4.4. Distribuição de frequências

Segundo Barbetta (2010), para simplificar análises de extensos bancos de dados recomenda-se a distribuição de frequências para cada variável. Essa distribuição permite segmentar o intervalo de dados coletados na amostra, ou intervalo amostral, em classes e determinar o número de ocorrências de valores dentro de cada classe. As frequências podem ser absolutas ou relativas.

Para exemplificar, ao tomar uma amostra de cem pessoas com intuito de estudar a variável aleatória “idade” de um bairro, pode-se dividir o intervalo amostral em seis classes com os períodos: menores de 15 anos, de 15 a 30 anos, de 30 a 45 anos, de 45 a 60 anos, de 60 a 75 anos e maiores de 75 anos. De forma absoluta, pode-se apresentar o número de pessoas encaixadas em cada classe ou, de forma relativa, o percentual delas em relação ao total da amostra.

Nas seções posteriores de metodologia e resultados, serão aplicados tais conceitos e apresentadas as premissas durante aplicação dos cálculos. Com intuito de finalizar a seção de fundamentação teórica, o estado da arte será apresentado a seguir.

2.5. ESTADO DA ARTE

Relacionado à proposta do presente trabalho, existem estudos sobre o comportamento dinâmico de veículo em diferentes cenários de pista e pneus como o de Jansen e Schmeitz (2014), que faz um comparativo entre pneus convencionais e pneus desenvolvidos para condições de inverno no norte europeu. Com base em profundidade de sulco, pressão de enchimento e desgaste, o autor destaca a importância do pneu para inverno. Para contribuir com a conscientização, são apresentadas pesquisas sobre o risco de aquaplanagem, retardo de parada em frenagens totais e o número de acidentes relacionados ao uso de pneus inadequados em períodos de inverno.

Entre os principais resultados de Jansen e Schmeitz (2014), estão as recomendações de profundidade de sulco de 3 mm para veículos de passeio com pneus convencionais (de verão) e 4 mm para pneus de inverno. O uso de pneus de inverno aumenta em 10% a aderência dos veículos ao solo e potencializa até 4% de redução no número de acidentes fatais nas rodovias analisadas.

No campo da análise dinâmica, Eidt (2015) utiliza três condições de conservação para quantificar a influência do desgaste de pneus na resposta em aceleração, frenagem e realização de curvas de veículos de passeio. Para escolha das profundidades, o autor realiza uma breve análise estatística de 120 pneus presentes em veículos estacionados no campus do Centro Tecnológico de Joinville da UFSC.

Os resultados comprovaram que a redução da profundidade de sulco colabora para a rápida resposta em aceleração e frenagem apenas em pistas secas. Para pistas molhadas, a profundidade de sulco maior drena o filme de água sobre a pista, permite acelerações maiores e frenagens mais curtas e rápidas (EIDT, 2015).

A análise em curvas foi qualitativa. A tendência de capotamento é maior para maiores coeficientes de atrito e, dessa forma, pneus gastos deslizarão ao invés de capotar, o que é menos perigoso em casos de acidente sob condições de chuva e óleo na pista, uma vez que o veículo sob deslizamento ainda pode ser corrigido (EIDT, 2015).

No material elaborado pelo órgão majoritário de segurança de tráfego rodoviário nos Estados Unidos da América, NHTSA (2006), há uma seção dedicada à segurança de pneus, durabilidade e análises de falhas, onde as informações técnicas são apresentadas com caráter preventivo a acidentes. No Brasil, ANIP (2018) solicita do governo federal ações similares, como a divulgação da importância da conservação dos pneus para a segurança veicular e a fiscalização firme por parte dos órgãos competentes a fim de reduzir acidentes e movimentar o mercado de substituição de pneus.

Durante revisão teórica, fora encontrado apenas um estudo baseado em pesquisa de campo similar ao proposto no presente trabalho. Segundo Fletcher e Levy (2017) em seu artigo sobre condições de sulco de pneus e acionamento de seguros, especialistas da fabricante Bridgestone, um estacionamento de Kimberly - Africa do Sul em junho de 2010, colheram em 504 veículos, informações sobre pressão de enchimento, tipos de banda de rodagem e condições de desgaste dos pneus.

Os resultados mostraram que 6% dos pneus estavam com sulco abaixo do mínimo (1,6 mm). A pressão de enchimento estava irregular em 17% dos pneus, ou seja, abaixo de 1,7 bar ou acima de 2,7 bar. Foram constatados ainda, mistura de tamanhos e bandas de rodagem nos veículos (FLETCHER; LEVY, 2017).

Em uma amostragem realizada dois meses depois, em Germiston – Africa do Sul como 424 veículos, os valores se repetiram e puderam ser quantificados os veículos com pneus misturados. Segundo Fletcher e Levy (2017), 31% dos automóveis possuíam um ou mais pneus de bandas diferentes.

Atualmente, não existem no Brasil estudos que tratem exclusivamente do estado de conservação de pneus com base em amostragem da frota em circulação. Os poucos indicadores tratam de veículos como um todo e são disponibilizados sazonalmente pelos departamentos de estaduais de trânsito, todavia não existe um enfoque sobre o desgaste dos pneus e sua influência em segurança.

Além da profundidade de sulco, este estudo é útil ao apresentar um panorama real das características de pneus da frota em circulação na região de Joinville, pois não existem, até o momento estudos que contemplem tamanha população como a proposta nesse estudo.

3. METODOLOGIA

A pesquisa central deste trabalho pode ser classificada como um levantamento de campo com abordagem quantitativa que busca caracterizar o estado de conservação dos pneus atualmente em uso na cidade de Joinville. A população foi reduzida aos veículos de passeio classificados como “Automóvel” pelo DETRAN (2018). Considera-se, nesse caso, todos os veículos pequenos, sedans ou *hatches*, com exceção das caminhonetes. A principal variável de interesse, neste caso, é a profundidade de sulco do pneu. Os dados coletados deverão passar por uma análise estatística.

Segundo Barbetta (2010), para que os resultados de uma análise estatística de dados produzam informações úteis, tais valores precisam ser coletados de forma planejada. Nesse intuito, foi definido o equipamento de medição a ser utilizado e o formato em que os dados serão salvos. O método é bastante similar ao adotado por Eidt (2015), com exceção do equipamento de medição, cuja resolução é melhorada neste estudo.

3.1. INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

A medição da profundidade dos sulcos foi realizada com o uso de um instrumento de medição específico, conhecido como profundímetro e ilustrado na Figura 17. Seu processamento digital permitiu uma resolução de 0,01 mm com intervalo de medição entre 0 mm e 25,4 mm.

Figura 17. Profundímetro digital.



Fonte: Brufap (2016).

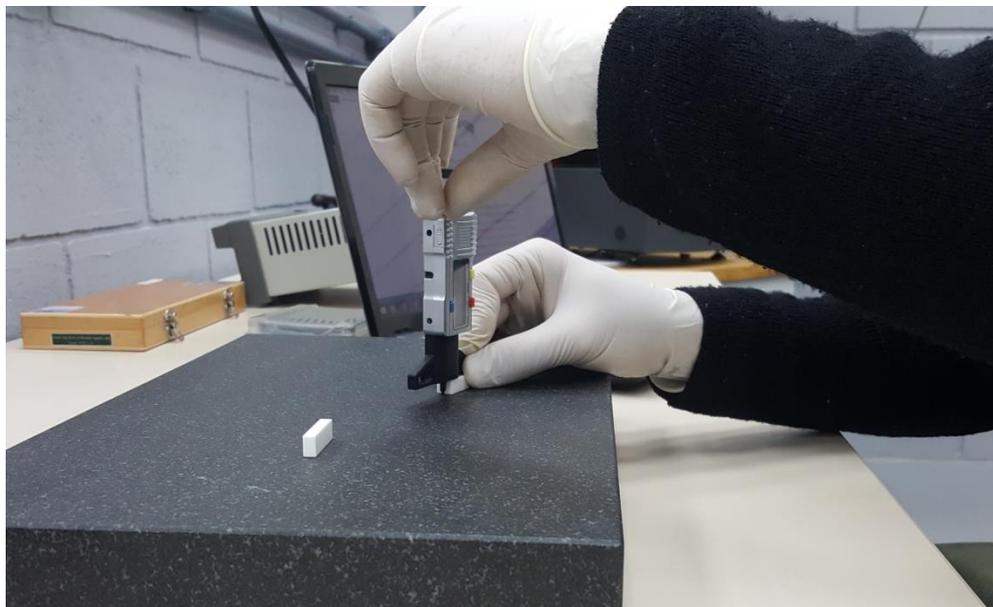
A confiabilidade de um estudo baseado em dados medidos depende, entre tantos fatores, principalmente da qualidade dos instrumentos de medição utilizados. Se a qualidade do instrumento for baixa, a confiança nos dados será baixa. Para garantir que o desempenho derivado da utilização de dados de medição seja suficientemente grande para justificar seu custo de obtenção, atenção deve ser focada na comprovação da qualidade dos dados (MEASUREMENT SYSTEMS ANALYSIS - MSA, 2010).

Foi realizado o estudo de capacidade do sistema de medição adotado, conhecido como estudo de MSA. A qualidade dos dados de medição foi definida por propriedades estatísticas de múltiplas medições obtidas em condições estáveis tais como: capacidade de resolução para a medida proposta, tendência e desvio padrão.

A fim de testar o equipamento na faixa de valores em que o mesmo seria usado em campo, foram selecionados três valores de referência com dimensões nominais de 0 mm, 5,10 mm e 7,70 mm. Todas as medições foram realizadas no Laboratório de Metrologia e Qualidade Industrial – METeQ da UFSC em Joinville, sob coordenação da professora Dra. Sueli Fischer Beckert.

Para 0 mm, utilizou-se uma mesa de desempenho, superfície com alta planicidade para medir o equipamento totalmente fechado. Nos casos de 5,10 mm e 7,10 mm foram utilizados blocos-padrão classe 0 com os respectivos valores nominais. Para o ponto 0 mm, o profundímetro foi posicionado perpendicularmente sobre a superfície da mesa. Posteriormente, os blocos-padrão foram colocados sobre a mesa para que a altura fosse medida com o profundímetro, conforme a Figura 18. Para cada caso foram realizadas 10 medições.

Figura 18. Medições realizadas com blocos padrão e mesa de desempenho para estudo de capacidade do sistema de medição.



Fonte: Autor (2018).

Segundo MSA (2010), quanto menor a porcentagem de resolução, mais capaz é o equipamento de capturar as variações da dimensão a ser medida. Para as medições com a mesa de desempenho e os blocos-padrão, a resolução do equipamento não permitiu capturar importantes variações, uma vez que são da ordem de $\pm 0,0001$ mm, menores que a resolução do equipamento. Entretanto, a tolerância de profundidade dos pneus novos pode variar, segundo Bridgestone (2018), entre 7,14 mm e 8,73 mm. Desse modo, a porcentagem de resolução do equipamento é de 0,63%, obtida por meio da Equação 7.

$$RES = \left(\frac{\text{Resolução}}{\text{Tolerância}} \right) 100\% \quad (7)$$

Isso significa que o equipamento é capaz de medir com precisão os pneus. Considerando as condições adversas das medições em campo como acessibilidade, temperatura e sujidade dos pneus, o profundímetro utilizado pode ser considerado de alta precisão para a aplicação.

Após repetição de 10 medições com blocos-padrão, a tendência Td foi calculada por meio da Equação 8, onde $\overline{x_{repe}}$ é a média das 10 medições realizadas e VC é o valor convencional. O resultado das medições está presente na Tabela 3.

$$Td = \overline{x_{repe}} - VC \quad (8)$$

Quadro 3. Medições para cálculo de tendência.

Medição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\overline{x_{repe}}$	VC	Td
Profundidade (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,001	0,00	0,001
	5,10	5,09	5,09	5,10	5,10	5,10	5,09	5,10	5,09	5,11	5,097	5,10	-0,003
	7,71	7,69	7,68	7,70	7,70	7,70	7,71	7,69	7,69	7,71	7,698	7,70	-0,002

Fonte: Autor (2018).

Segundo MSA (2010), a tendência do sistema de medição é inaceitável se for significativamente diferente de zero ou exceder o máximo erro admissível estabelecido para o processo de calibração do dispositivo de medição. Para simplificar o cálculo, pode-se usar a Equação 9, onde a tendência é aproximada para t_{cal} e posteriormente comparada com valores tabelados para diferentes níveis de confiança. Na Equação 9, σ_{repe} é o desvio padrão das 10 medições e o número de medições $n_{repe} = 10$. Para Td , utilizou-se -0,003 mm, que foi o maior valor de tendência obtido nas medições.

$$t_{cal} = \frac{Td}{\frac{\sigma_{repe}}{\sqrt{n_{repe}}}} \quad (9)$$

Obtém-se, portanto $t_{cal} = -1,69$. Para um nível de confiança de 95%, segundo o Apêndice A, tem-se $t_{tab} = 2,26$. Segundo MSA (2010), se $|t_{cal}| < t_{tab}$, a tendência do equipamento de medição é aceitável e pode ser desconsiderada. Portanto, conclui-se que o equipamento é adequado e capaz para o estudo.

Definido e validado o instrumento de medição, fez-se necessário delimitar a amostra alvo das medições.

3.2. METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DA AMOSTRA

A determinação do tamanho da amostra, que possibilite representar com certa fidelidade o comportamento geral da população, pode ser feito com base em um intervalo de confiança com erro especificado, para a média e variância conhecida ou desconhecida. Na execução de trabalhos científicos, em especial que fazem uso de técnicas de amostragem, alguns

cuidados precisam ser tomados para que os resultados obtidos tenham validade científica, Marconi e Lakatos (2003, p. 165) citam, “fidelidade de aparelhagem, precisão e consciência dos testes; [...] critérios de seleção da amostra”.

Nesse estudo o tamanho da amostra mínimo n foi determinado pela Equação 10, onde o erro amostral E é a diferença admitida entre a média amostral \bar{x} e a média populacional μ . A média tratada é dada em milímetros, uma vez que trata-se da profundidade de sulco. O termo $Z_{\alpha/2}$ refere-se ao nível de confiança em que se deseja trabalhar, onde para 95% tem-se $Z_{\alpha/2} = 1,96$. O desvio padrão da população σ , nesse caso, pode ser aproximado pelo desvio padrão da amostra s .

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2 \quad (10)$$

Com base na medição inicial de 400 pneus, obteve-se um desvio padrão $\sigma = 1,71 \text{ mm}$. Admitindo-se erro amostral $E = 0,07 \text{ mm}$, tem-se o tamanho mínimo de amostra de 2293 pneus.

Para casos em que a população é finita e conhecida, o tamanho da amostra pode ser corrigido, segundo Montgomery e Runger (2009) pela Equação 11, onde N é o tamanho da população a ser estudada. Segundo DETRAN (2018), estão em circulação na cidade de Joinville atualmente 255.750 veículos de passeio, o que significa 1.023.000 pneus em utilização. Esta portanto é a população N que se deseja conhecer.

$$n = \frac{N \cdot \sigma^2 \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{(N-1) \cdot E^2 + \sigma^2 \cdot (Z_{\alpha/2})^2} \quad (11)$$

Ao efetuar a correção do tamanho mínimo de amostra pelo tamanho da população, obtém-se $n = 2288$ pneus. Considera-se portanto, que a média da profundidade de sulco de 2288 pneus extraídos de uma população de 1.023.000 pneus, reflete com 95% de confiança e um erro máximo de 0,07 mm a média de profundidade de sulco de todos os pneus dessa população.

3.3. METODOLOGIA PARA COLETA DOS DADOS

Em campo, foram observadas e registradas, para cada um dos quatro pneus de cada veículo, as medidas do sulco da linha que se localiza na parte mais central da banda de rodagem, o diâmetro, a largura, a seção e o fabricante do pneu. As medidas de profundidade do sulco foram realizadas com o profundímetro nas posições apresentadas na Figuras 19 e 20, de acordo com o espaço disponível em cada roda.

Figura 19. Medição da profundidade de sulco com profundímetro digital no topo da roda.



Fonte: Autor (2018).

Figura 20. Medição da profundidade de sulco com profundímetro digital na lateral da roda.



Fonte: Autor (2018).

Os veículos cujos pneus foram medidos, foram selecionados aleatoriamente e submetidos à medição entre os meses de janeiro de 2017 e março de 2018. Cada veículo teve

suas informações preenchidas em um formulário conforme o modelo da Tabela 4 e posteriormente transferidas para uma planilha eletrônica.

Quadro 4. Modelo de coleta dos dados.

Veículo					
Marca		Modelo		Placa	
Pneu					
Posição	Profundidade (mm)	Fabricante	Largura (mm)	Seção (%)	Aro (pol)
PDE					
PDD					
PTE					
PTD					

Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 4, os índices *PDE*, *PDD*, *PTE* e *PTD* representam respectivamente os pneus dianteiro esquerdo, dianteiro direito, traseiro esquerdo e traseiro direito e são relacionados com a profundidade dos sulcos. A placa de cada veículo foi anotada para evitar repetições nas medições. Para agilizar as medições, foi dispensado a captura do ano de fabricação do veículo, visto sua dificuldade de obtenção.

Todas as medidas foram anotadas em milímetros, com exceção do aro, que normalmente é dado em polegadas. O fabricante do pneu também foi necessário para posterior cruzamento de dados a fim de definir os principais fabricantes e modelos de cada categoria. Não foi detalhado também o modelo de pneu, pois o mesmo julgou-se desnecessário. Vale ressaltar que o único valor aferido com instrumento de medição foi a profundidade de sulco. Os demais itens foram extraídos da designação do pneu conforme a Figura 16.

3.4. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DOS DADOS

As informações coletadas foram compiladas em planilhas eletrônicas no intuito de agilizar o processo de análise e geração de resultados. A planilha principal, composta pelo banco de dados, foi alimentada durante os 14 meses de medições pelas informações transcritas dos formulários de coleta, impressos conforme a Tabela 4. Foram realizadas sucessivas alterações na disposição dos dados para facilitar sua compreensão. Todavia, em todas as

modificações foram realizados *backups* com objetivo de garantir que apenas a disposição fora alterada, não comprometendo os dados.

Para a geração de filtros e de planilhas dinâmicas, ferramentas úteis para o cruzamento de dados, o banco de dados seguiu o modelo da Figura 21. Destaca-se que a inserção de dados foi detalhada ao nível de medição de profundidade de sulco, coluna I da planilha.

Figura 21. Planilha eletrônica utilizada para análise dos dados.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	CATEGORIA	MARCA	MODELO	PLACA	FABRICANTE PNEU	LARGURA (mm)	SEÇÃO (%)	ARO (pol)	SULCO (mm)	PNEU (posição)	CRÍTICO
86	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Bridgestone	175	70	14	1,02	PDD	1
87	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Bridgestone	175	70	14	1,36	PTD	1
88	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Bridgestone	175	70	14	3,70	PDE	0
89	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Bridgestone	175	70	14	4,98	PTE	0
90	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Goodyear	175	70	14	3,49	PDE	0
91	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Goodyear	175	70	14	4,15	PDD	0
92	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Goodyear	175	70	14	4,39	PTE	0
93	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Goodyear	175	70	14	5,49	PTD	0
94	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Hankook	195	60	15	0,05	PDE	1
95	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Hankook	195	60	15	5,75	PTD	0
96	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Hankook	195	60	15	2,05	PDD	0
97	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Hankook	195	60	15	2,27	PTE	0
98	VEÍCULO DE ENTRADA	VW	GOL		Goodyear	175	70	14	1,28	PTD	1

Fonte: Autor (2018).

Nota-se que a primeira informação de cada linha é a categoria do veículo cujo pneu estava sendo utilizado. Essa classificação foi realizada nas etapas finais de refinamento dos dados. A posição do pneu é indicada na coluna J e se a profundidade de sulco for igual ou inferior a 1,60 mm, a coluna K apresenta o valor 1, assim o pneu é marcado como um caso crítico, tal nomenclatura será discutida na seção de resultados.

Esse formato de inserção permite que um mesmo veículo possua quatro pneus de fabricantes e características diferentes, situação possível na amostra. Entretanto, foram realizadas proteções para que não houvesse casos diferentes de quatro pneus por veículo a fim de evitar o esquecimento ou repetição de medições. Cada placa deveria possuir quatro pneus em posições diferentes, outro ponto de verificação.

Os filtros foram aplicados com a finalidade de conhecer a amostra. Eles apresentam todas as classes de valores que podem ocorrer na mesma variável (coluna) e a partir da escolha

do usuário, apresenta apenas os dados das demais variáveis para as classes selecionadas. Os primeiros filtros foram feitos por categoria de veículo, gerando os gráficos de marcas e modelos mais presentes por categoria.

De acordo com a necessidade de apresentação, foram utilizadas frequências absolutas ou relativas. Os diagramas de Pareto foram amplamente utilizados devido sua simplicidade e facilidade de compreensão. Para porções maiores de itens, os dados permaneceram em tabelas, o facilita a livre consulta do leitor.

As tabelas dinâmicas são ferramentas virtuais criadas a partir da aplicação de filtros simultâneos no banco de dados com ênfase em uma variável ou mais variáveis. Tal recurso foi útil, por exemplo, para cruzar as informações de pneus críticos com as posições nos eixos do veículo em determinadas categorias.

Além dos filtros, as funções utilizadas foram recursos básicos de editores de planilhas eletrônicas como média, moda, desvio padrão, porcentagem e soma.

A sequência de análises partiu de um panorama da amostra para uma vista detalhada das categorias de veículo com maior representatividade dentro da mesma. A variável profundidade de sulco foi analisada para as categorias. Dentro de cada categoria, foram desdobrados fabricantes, larguras, seções e aros. Os resultados são apresentados na seção a seguir.

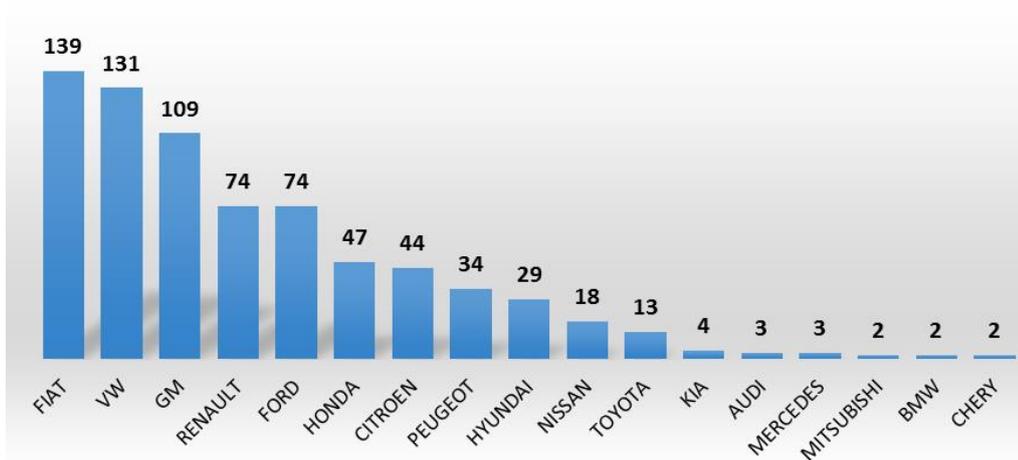
4. RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados alcançados após análise da amostra coletada. Os dados foram compilados e tratados por variável de interesse. Além da profundidade de sulco, são apresentadas as dimensões médias de largura, seção e aro para cada categoria. Após coleta das informações, ampliaram-se as possibilidades de cruzamento de informações, como por exemplo, os fabricantes e suas parcelas de mercado. Entretanto, para compreender o cenário, faz-se necessário primeiro apresentar as características da amostra a ser trabalhada.

4.1. PANORAMA DA AMOSTRA

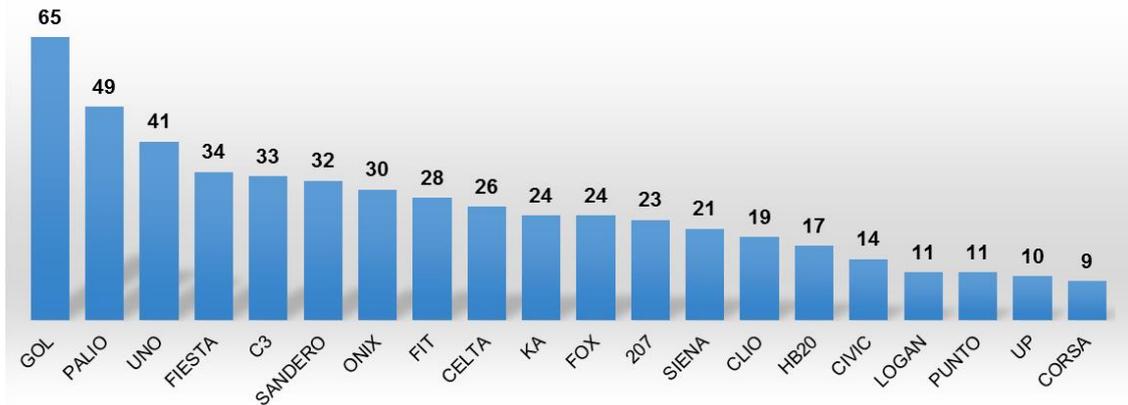
As medições de profundidade de sulco foram realizadas durante um período de 15 meses e inicialmente continham veículos de todas as categorias, inclusive caminhonetes. Após refinamento no banco de dados, chegou-se ao total de 728 veículos, que integram as categorias a serem estudadas nesse trabalho. Todas as 17 marcas encontradas nas ruas são apresentadas na Figura 22. Os 20 modelos mais frequentes são apresentados na Figura 23. O Apêndice B, ao final desse trabalho, possui a frequência para cada um dos 92 modelos encontrados.

Figura 22. Quantidade de veículo por marca na amostra.



Fonte: Autor (2018).

Figura 23. Os vinte modelos de veículo mais frequentes na amostra.

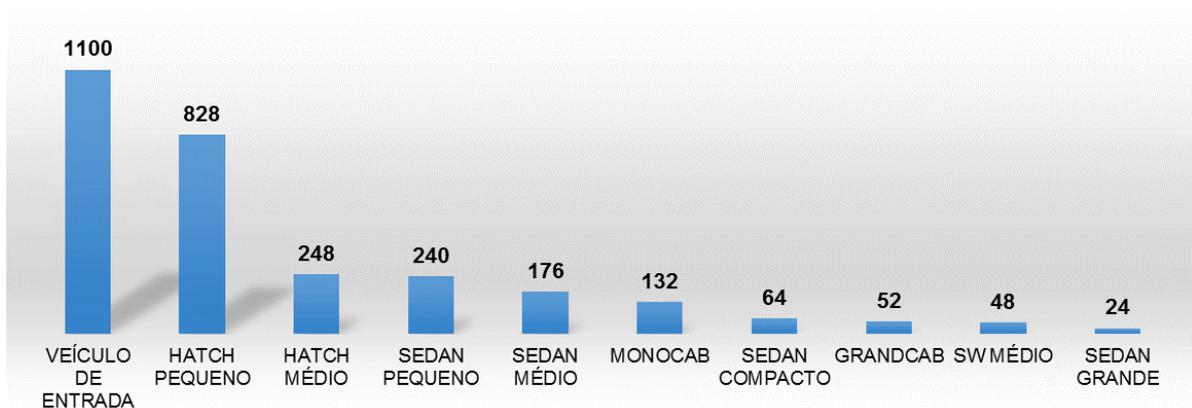


Fonte: Autor (2018).

Garantiu-se que todas as medições fossem feitas em diferentes datas, horários e locais dentro da cidade de Joinville para atingir a maior diversidade possível de automóveis e estados de conservação. Isso é comprovado na Figura 23, onde aparecem modelos já fora de linha como Celta, Clio e Corsa. Tais veículos possuem maior probabilidade de estarem com pneus desgastados, contribuindo para o intuito deste estudo, que é apresentar o estado real de conservação dos pneus da frota.

Na Figura 24, ao utilizar a contagem por pneus, pode-se observar a distribuição dos mesmos de acordo com as categorias dos veículos. Não foram medidos estepes nem pneus avulsos, portanto, pode-se considerar que a cada 4 pneus tem-se um veículo cuja placa foi registrada.

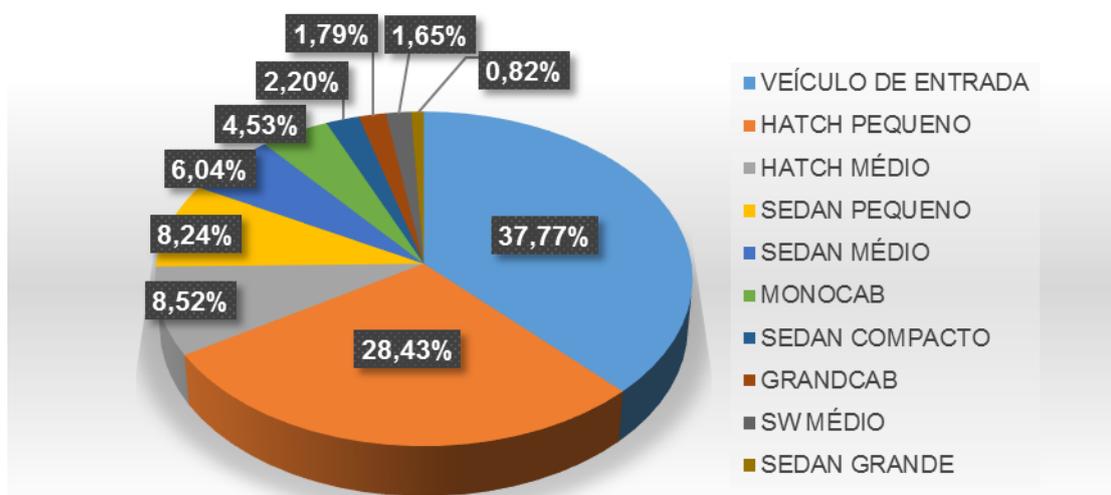
Figura 24. Pneus medidos por categoria de veículo.



Fonte: Autor (2018).

Percebe-se a predominância das categorias veículo de entrada e hatch pequeno, conforme citado nos capítulos anteriores. Unidas, as duas categorias representam 66,2% da frota, conforme detalhado posteriormente na Figura 25. A classificação dos veículos foi realizada com base nas categorias utilizadas pela FENABRAVE e é compilada no Apêndice B ao final deste trabalho. Tal classificação é amplamente utilizada pela mídia e pelas próprias montadoras no posicionamento dos modelos no mercado.

Figura 25. Percentual por categoria encontrada em campo.



Fonte: Autor (2018).

A predominância das duas categorias pode ser explicada pelo baixo preço e a facilidade de negociação, financiamento, revenda etc. O conjunto mecânico, normalmente equipado com motor de 1000 cilindradas e transmissão manual permite melhores indicadores de eficiência, ponto forte num momento em que o preço dos combustíveis sofre recorrentes ajustes no Brasil.

Outro ponto importante é o baixo custo com manutenção, a extensa rede de concessionárias pelo país e o movimentado mercado de reposição. Todos esses fatores reforçam o apelo popular que esses modelos possuem.

Posada e Façanha (2015), em seu estudo sobre o mercado brasileiro de veículos de passeio defende os pontos levantados acima num aspecto geopolítico, como característica marcante de países em desenvolvimento, como visto também em outros países sul americanos.

Ainda considerando todas as categorias, a distribuição dos fabricantes de pneus pode ser observada na Tabela 5.

Quadro 5. Frequência de pneu por fabricante na amostra.

Fabricante	Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Fabricante	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Goodyear	529	18,17%	Tornel	24	0,82%
Pirelli	527	18,10%	Fate	20	0,69%
Firestone	401	13,77%	Goodride	16	0,55%
Bridgestone	303	10,41%	Falken	16	0,55%
Michelin	281	9,65%	Triangle	12	0,41%
Continental	242	8,31%	Sailun	12	0,41%
Yokohama	129	4,43%	Hifly	12	0,41%
Hankook	112	3,85%	Maxtrek	8	0,27%
Dunlop	92	3,16%	MasterCraft	4	0,14%
Aderenza	36	1,24%	Prinx	4	0,14%
GT Radial	36	1,24%	Three A	4	0,14%
Linglong	32	1,10%	Constancy	4	0,14%
Roadstone	28	0,96%	Achilles	4	0,14%
Kumho	24	0,82%			

Fonte: Autor (2018).

Por meio da Tabela 5, percebe-se que há maior incidência de pneus com fabricação nacional, sendo as marcas Goodyear, Pirelli, Firestone, Bridgestone, Michelin e Continental as mais populares, responsáveis por 78,26% de todos os pneus medidos. Isso se deve principalmente ao fato de serem marcas fornecedoras diretas de montadoras, uma vez que há incentivo fiscal para a utilização de peças nacionais por parte das montadoras (LOUREIRO, 2018).

Outro fator é o domínio do mercado por meio das revendas autorizadas espalhadas por todo país. Os pneus importados estão em fase de conquista do mercado e dos consumidores, a maioria deles é encontrada à venda na internet, em lojas de pneus multimarcas ou de departamentos. Unidos, representam 18,6% do mercado. Tal parcela é justificada pelo período de retenção das importações, conforme Loureiro (2018). Entretanto, segundo Martello (2018), há evidências já em 2018 de uma retomada no crescimento das importações, principalmente como reflexo das novas medidas tomadas pelo governo federal (RODRIGUES, 2018).

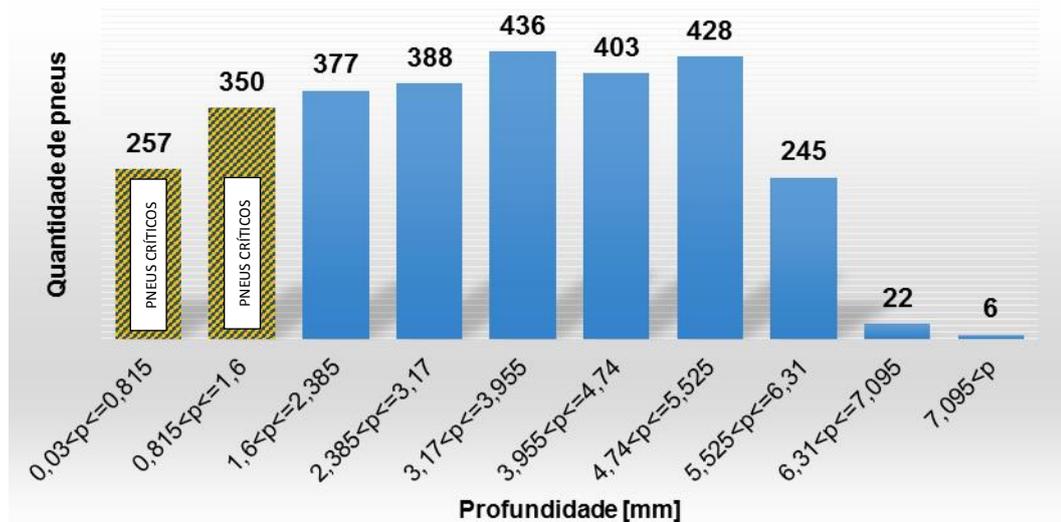
A condição de conservação dos pneus, por meio da profundidade de sulco, é discutida na próxima seção.

1.1. PROFUNDIDADE DE SEGURANÇA

Os valores para a profundidade de sulco variaram dentro de uma amplitude amostral de 7,79 mm, sendo a profundidade mínima de 0,03 mm e a máxima de 7,82 mm. Para

representar melhor a distribuição dos valores, foram criadas 10 classes de amplitude fixa, a saber 0,785 mm, onde as medições foram alocadas. A Figura 27 mostra a frequência absoluta por classe.

Figura 26. Frequência absoluta por classe de profundidade.



Fonte: Autor (2018).

Ao considerar todas as categorias, a profundidade média encontrada foi de 3,25 mm. Este valor é superior ao mínimo legal e está de acordo com a recomendação do estudo de Jansen e Schmeitz (2014), onde pneus convencionais para uso predominante em condições de verão devem possuir sulcos com profundidade mínima de 3 mm. Essa recomendação pode ser admitida para o ano todo na região de estudo, uma vez que não há necessidade do uso de pneus de inverno.

Em termos de aderência, segundo a Figura 12 na seção 2.1, um pneu com 3,25 mm de profundidade de sulco obterá desempenho superior a um pneu novo (com 8 mm de ranhura) em condições de pista seca. Sulcos menores proporcionam maior área de contato e estabilidade do coeficiente de atrito mesmo com o aumento da velocidade. Para pista molhada, o valor médio encontrado configura alto risco para o condutor em velocidades acima de 60 km/h, quando o coeficiente de atrito deve se aproximar de 0,3.

A profundidade máxima encontrada em campo foi de 7,82 mm. Visto que trata-se de um pneu recém comprado, em casos de aquaplanagem e frenagens bruscas, o mesmo apresentará os melhores resultados para o comportamento dinamicamente seguro do veículo.

Recomenda-se, nesse caso, a manutenção da pressão e a prática do rodízio a cada revisão programada para maior vida útil do mesmo.

O caso mais crítico encontrado em campo foi de 0,03 mm, limite inferior da amostra. Nesse caso os sulcos do pneu estavam irreconhecíveis e a medição foi realizada, por padrão, no centro da banda de rodagem. O veículo estava com outros três pneus em estado razoável.

Em termos de resistência ao rolamento, as profundidades de sulco mínimas, médias e máximas não terão influência significativa no coeficiente. Nesse aspecto, o tipo de solo e a calibragem do pneu serão mais decisivos.

Conforme citado na seção 2.1.2, de acordo com a legislação, a profundidade de sulco mínima permitida é de 1,60 mm. Constatou-se na amostra que em 607 casos, aproximadamente 21% da amostra, os pneus medidos estão com profundidade igual ou inferior a este limite. Em termos práticos, a cada 5 pneus circulando, um está reprovado pela legislação e o condutor pode ser autuado. Na Tabela 6, esses pneus críticos são listados em frequência por categoria.

Em tais condições, os condutores podem ser autuados com infração grave (5 pontos) e multa, enquadrada no artigo 230 do Código de Trânsito Brasileiro, pois o veículo circula em “mau estado de conservação”. Segundo o Departamento de Trânsito do Paraná (2015), foram registradas 7.813 autuações dessa natureza em 2015, sendo esta a décima primeira autuação mais realizada. Esse número traduz apenas 0,02% da frota de 3.963.694 veículos presentes no Paraná em 2015. Não foram encontradas informações nesse nível de detalhe para o estado de Santa Catarina, o que inviabiliza a comparação com a amostra local.

Verifica-se que há oportunidade de ação nesse ponto. Os órgãos aos quais compete a fiscalização podem contribuir significativamente com a redução de acidentes por meio de um regime forte contra os pneus críticos.

Segundo ANIP (2015), as alternativas para fomento do assunto são: Incluir o tema pneu nas campanhas publicitárias e informativas do Ministério dos Transportes, chamando atenção para os riscos do uso em condições inadequadas; ampliar a fiscalização nas estradas federais e estimular os órgãos estaduais e municipais à maior atenção com o estado dos pneumáticos nas suas vistorias e licenciamentos. Estudar com entes públicos fontes de recursos para fornecer crédito a juros baixos, para pessoas físicas e jurídicas, para troca de pneus desgastados.

Quadro 6. Pneus críticos (com profundidade menor ou igual a 1,6 mm) por categoria.

Categoria	Freq. Absoluta Pneus Críticos	Freq. Relativa Pneus Críticos
GRANDCAB	15	28,85%
SW MÉDIO	13	27,08%
SEDAN COMPACTO	16	25,00%
SEDAN PEQUENO	55	22,92%
MONOCAB	29	21,97%
SEDAN MÉDIO	37	21,02%
HATCH PEQUENO	171	20,65%
VEÍCULO DE ENTRADA	223	20,27%
HATCH MÉDIO	47	18,95%
SEDAN GRANDE	1	4,17%
Todas as Categorias	607	20,84%

Fonte: Autor (2018).

Nota-se na Tabela 6 que as categorias hatch pequeno e veículo de entrada possuem resultados similares e devido à sua proporção dentro da amostra, são os principais responsáveis pelo resultado médio em torno de 21%. As categorias *grandcab* e *station wagon* médio apresentam os valores mais alarmantes, em torno de 28%. Já os sedans grandes, acumularam apenas um caso de pneu crítico. Todavia, não pode-se considerar um valor confiável, pois dentro da amostra, foram medidos apenas 6 veículos dessa categoria.

Em relação à posição dos pneus críticos nos veículos analisados, a Tabela 7 mostra um rápido panorama para os 607 casos. Nota-se que em 54,2% das ocorrências, os pneus críticos estão no eixo traseiro, sendo a roda esquerda a mais frequente. Isso pode ser justificado pela realização de rodízios nas revisões programadas e até mesmo na compra de novos pneus, onde busca-se deixar no eixo motriz os pneus em melhores condições, a fim de garantir ao condutor maior domínio sobre o veículo em situações de frenagem e aquaplanagem.

Entretanto, para Williams e Evans (1983) e Blythe e Day (2002), a prática de utilizar pneus desgastados na traseira é potencialmente perigosa. Blythe e Day (2002) informaram que as manobras normais de mudança de faixa podem levar à perda de controle em uma estrada molhada, se existir uma diferença suficiente na profundidade da banda de rodagem entre os pneus dianteiros e traseiros. Blythe e Day (2002) observaram que o efeito é verdadeiro independentemente da configuração do eixo motriz.

Quadro 7. Pneus críticos por posição.

Posição	Freq. Absoluta Pneus Críticos	Freq. Relativa Pneus Críticos
PDD	141	23,23%
PDE	137	22,57%
PTD	157	25,86%
PTE	172	28,34%

Fonte: Autor (2018).

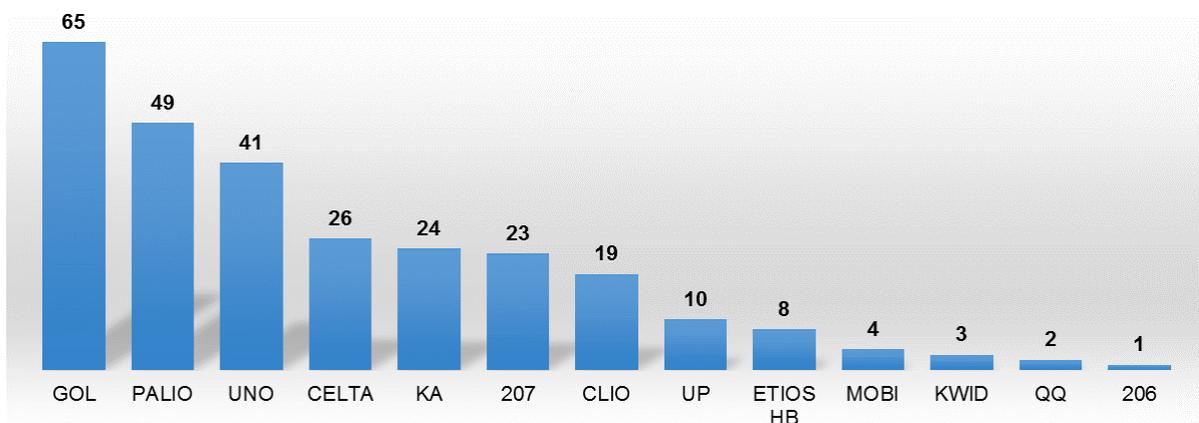
Ao cruzar as informações de desgaste por fabricante, não foram evidenciados resultados consistentes para afirmar que exista tendência de um fabricante possuir maior tendência ao desgaste que outro. Na média, 20% dos pneus de cada fabricante foram encontrados em condições críticas, o que reforça a conclusão de que o desgaste do pneu está predominantemente atrelado às condições de utilização (pressão de enchimento, *camber*, alinhamento, balanceamento etc.) e não ao seu modelo construtivo e matéria prima.

Para detalhar os resultados a nível de categoria, serão analisados os veículos de entrada e *hatches* pequenos e posteriormente comparados entre si.

1.2. VEÍCULO DE ENTRADA

A fim de conhecer esta parcela da amostra, tem-se a Figura 28, onde são apresentados os 13 veículos de entrada encontrados em campo.

Figura 27. Frequência absoluta por modelo de veículo da categoria veículo de entrada.



Fonte: Autor (2018).

Como não foi registrado o ano de fabricação de cada veículo, conglomerou-se num mesmo modelo, todas as suas gerações. Dessa forma, é evidente que apareçam com mais frequência os modelos a mais tempo no mercado, como é o caso do Volkswagen Gol, desde 1980, Fiat Palio, desde 1990, e Fiat Uno, desde 1984 (G1, 2015).

A distribuição dos 22 fabricantes de pneus encontrados para veículos de entrada é listada na Tabela 8.

Quadro 8. Frequência de pneu por fabricante na categoria veículo de entrada.

Fabricante	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Firestone	234	21,27%
Pirelli	206	18,73%
Goodyear	183	16,64%
Bridgestone	115	10,45%
Yokohama	71	6,45%
Hankook	52	4,73%
Continental	45	4,09%
Michelin	42	3,82%
Linglong	20	1,82%
Aderenza	20	1,82%
Fate	16	1,45%
Goodride	16	1,45%
Dunlop	12	1,09%
Sailun	12	1,09%
GT Radial	12	1,09%
Maxtrek	8	0,73%
Triangle	8	0,73%
Tornel	8	0,73%
Hifly	8	0,73%
Kumho	4	0,36%
MasterCraft	4	0,36%
Prinx	4	0,36%

Fonte: Autor (2018).

Nota-se na Tabela 8, que a distribuição dos fabricantes é muito similar ao encontrado no panorama para todas as categorias. A presença de fabricantes nacionais fica em torno de 67% e na quinta e sexta posição já aparecem os importados Yokohama e Hankook. Não há uma liderança clara no mercado, visto que as parcelas são muito próximas, isso se deve principalmente à disputa de mercado com as montadoras, que necessariamente precisa de

fornecedores diferentes para os mesmos modelos de pneus e com isso dividem igualmente a presença dos fabricantes de pneus no momento da montagem de seus veículos.

A Tabela 9 apresenta as larguras de pneu encontradas nas medições dessa categoria e suas devidas frequências.

Quadro 9. Frequência de pneu por largura na categoria veículo de entrada.

Largura [mm]	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
175	664	60,36%
165	161	14,64%
185	120	10,91%
195	84	7,64%
145	40	3,64%
155	31	2,82%

Fonte: Autor (2018).

De acordo com a Tabela 9, há claramente uma moda de largura de 175 mm entre os pneus dos veículos de entrada. A fim de definir a moda para o pneu padrão da categoria, será analisado também a seção e o aro, apresentados nas Tabelas 10 e 11.

Quadro 10. Frequência de pneu por seção na categoria veículo de entrada.

Seção [%]	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
70	452	41,09%
65	401	36,45%
60	124	11,27%
55	64	5,82%
80	59	5,36%

Fonte: Autor (2018).

Quadro 11. Frequência de pneu por tamanho de aro na categoria veículo de entrada.

Aro [pol.]	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
14	697	63,36%
15	204	18,55%
13	195	17,73%
16	4	0,36%

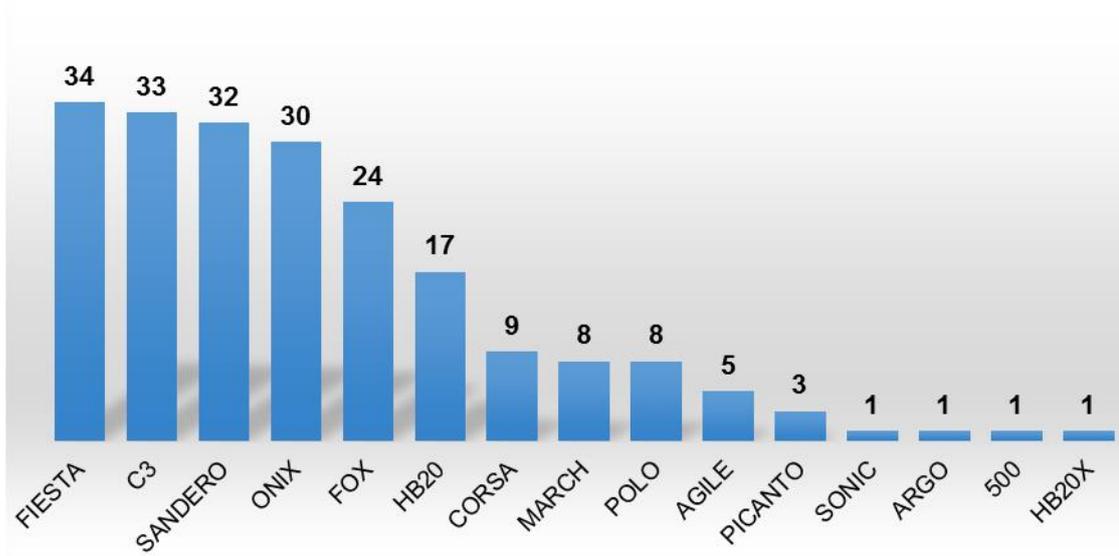
Fonte: Autor (2018).

Por meio da Tabela 10, percebe-se que a moda para seção é de 70% acompanhada não muito distante pelos modelos de 65%. Já na escolha da roda, o aro mais frequente é sem dúvidas de 14 polegadas. Dessa forma, pode-se concluir que o pneu padrão para a categoria veículo de entrada é de largura 175mm, seção 70%, aro 14 polegadas e fabricante variando entre Firestone, Pirelli e Goodyear.

1.3. HATCH PEQUENO

Na categoria de *hatch* pequeno, foram mapeados 15 modelos diferentes de veículos, os quais são apresentados no diagrama de Pareto da Figura 29.

Figura 28. Frequência absoluta por modelo da categoria *hatch* pequeno.



Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 12 são apresentados os fabricantes de pneus para esta categoria. Nota-se que são encontrados 15 fabricantes, sete fabricantes a menos que os modelos da categoria veículo de entrada. Além disso, não aparecem nesse cenário os importados Linglong, Aderenza, Fate, Goodride, Dunlop, Sailun, GT Radial, Maxtrek, Triangle, Tornel, Hifly, Kumho, MasterCraft e Prinx. Todos os nacionais se repetem.

Quadro 12. Frequência de pneu por fabricante na categoria *hatch* pequeno.

Fabricante	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Goodyear	204	24,64%
Michelin	114	13,77%
Firestone	107	12,92%
Pirelli	104	12,56%
Continental	91	10,99%
Bridgestone	68	8,21%
Dunlop	40	4,83%
Yokohama	28	3,38%
Hankook	24	2,90%
Roadstone	16	1,93%
GT Radial	12	1,45%
Tornel	8	0,97%
Achilles	4	0,48%
Aderenza	4	0,48%
Triangle	4	0,48%

Fonte: Autor (2018).

Fica evidente na Tabela 12, que existe a forte liderança do fabricante Goodyear para os modelos da categoria *hatch* pequeno.

Para definir o pneu padrão da categoria *hatch* pequeno, tem-se as Tabelas 13, 14 e 15 onde estão, respectivamente, os valores encontrados para largura, seção e tamanho de aro.

Quadro 13. Frequência de pneu por largura na categoria *hatch* pequeno.

Largura [mm]	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
185	392	47,34%
195	268	32,37%
175	128	15,46%
165	28	3,38%
205	8	0,97%
155	4	0,48%

Fonte: Autor (2018).

Quadro 14. Frequência de pneu por seção na categoria *hatch* pequeno.

Seção [%]	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
60	402	48,55%
65	182	21,98%
70	136	16,43%
55	104	12,56%
80	4	0,48%

Fonte: Autor (2018).

Quadro 15. Frequência de pneu por tamanho de aro na categoria *hatch* pequeno.

Aro [pol.]	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
15	536	64,73%
14	220	26,57%
16	48	5,80%
13	20	2,42%
17	4	0,48%

Fonte: Autor (2018).

A Tabela 13 traz a largura de 185 mm como a principal ocorrência nas ruas, sendo responsável por quase metade de todos os pneus medidos na categoria. Para a seção (Tabela 14), nota-se que a moda é 60% e o tamanho de aro é de 15 polegadas.

Com objetivo de visualizar a moda para cada uma das categorias, a Tabela 16 faz um resumo dos pneus mais utilizados para cada caso.

Quadro 16. Moda e frequência relativa das características de pneu por categoria.

Categoria	Veículos Freq. Absoluta	Fabricante		Largura		Seção		Aro	
		Moda	Freq. Relativa	Moda	Freq. Relativa	Moda	Freq. Relativa	Moda	Freq. Relativa
VEÍCULO DE ENTRADA	1100	Firestone	21,27%	175	60,36%	70	41,09%	14	63,36%
HATCH PEQUENO	828	Goodyear	24,64%	185	47,34%	60	48,55%	15	64,73%
HATCH MÉDIO	248	Pirelli	25,40%	225 e 205	33,87%	60	25,81%	15	33,87%
SEDAN PEQUENO	240	Pirelli	33,33%	175	35,00%	65	36,67%	15	44,17%
SEDAN MÉDIO	176	Michelin e Bridgestone	20,45%	205	40,91%	55	36,36%	16	40,91%
MONOCAB	132	Continental	30,30%	185	84,85%	55	84,85%	16	78,79%
SEDAN COMPACTO	64	Goodyear	25,00%	205	37,50%	65	56,25%	15	56,25%
GRANDCAB	52	Goodyear	46,15%	195	30,77%	65	61,54%	15	61,54%
SW MÉDIO	48	Goodyear	33,33%	185	50,00%	55	50,00%	15	66,67%
SEDAN GRANDE	24	Continental	66,67%	225	33,33%	45	50,00%	18	50,00%

Fonte: Autor (2018).

Ao analisar o diâmetro final do conjunto roda e pneu, por meio da Equação 4, presente na seção 2, tem-se os resultados apresentados na Tabela 17.

Quadro 17. Moda e frequência relativa das características de pneu por categoria.

Categoria	Diâmetro
VEÍCULO DE ENTRADA	600,6
HATCH PEQUENO	603
HATCH MÉDIO	651 ^A ou 627 ^B
SEDAN PEQUENO	608,5
SEDAN MÉDIO	631,9
MONOCAB	609,9
SEDAN COMPACTO	647,5
GRANCAB	634,5
SW MÉDIO	584,5
SEDAN GRANDE	659,7

^A Para pneus com largura de 225 mm

^B Para pneus com largura de 205 mm

Fonte: Autor (2018).

Nota-se claramente a equivalência entre os conjuntos adotados pelas categorias veículo de entrada e hatch pequeno. Diferente dos modelos de entrada, os *hatches* pequenos buscam

diminuir a seção e aumentar o diâmetro do aro. Em termos estéticos, pneus com perfis mais baixos e rodas maiores, normalmente de liga-leve, dão ao veículo mais esportividade.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um panorama de características dos pneus da frota de veículos de passeio da cidade de Joinville com base numa amostra de 728 automóveis capturados entre janeiro de 2017 e março de 2018. Os veículos, escolhidos aleatoriamente, tiveram informações como marca, modelo, placa, fabricante, largura, seção, tamanho de aro e profundidade de sulco de cada um dos quatro pneus registradas e compiladas em planilhas eletrônicas.

O objetivo principal desse trabalho foi analisar o estado de conservação dos pneus na frota de Joinville por meio da profundidade de sulco e produzir um panorama do mercado de pneus da região com base no banco de dados coletado. Os objetivos específicos compreenderam conhecer a profundidade de sulco mínima, média e máxima da frota com base na amostra do trabalho, identificar o fabricante de pneu com maior parcela de mercado para cada subcategoria analisada, comparar parâmetros de pneus entre as categorias de estudo e listar os valores médios de suas características principais.

As medições de profundidade foram realizadas com um profundímetro digital, com resolução de 0,01 mm. Para o desvio padrão aferido de 1,71 mm e erro máximo de 0,07 mm, a amostra de 2912 pneus representou com nível de confiança de 95% a população de automóveis, informada por DETRAN (2018), como 255.750 veículos em abril. A informação do órgão público não contemplou as categorias SUV, *pick-up* e veículos comerciais e, de igual modo, tais categorias não foram abordadas na amostra.

Conclui-se que 66,20% da frota é composta por veículos das categorias veículo de entrada e *hatch* pequeno. Ao excluir a categoria SUV das medições, as categorias populares de veículos de passeio dominam o mercado. Os prováveis motivos são as condições de financiamento e revenda, o baixo consumo de combustível e a manutenção barata. Aliado ao preço mais alto, o consumidor abre mão de segurança e conforto, pontos fortes das categorias posteriores.

Um quinto dos pneus medidos podem ser considerados em estado crítico. Os pneus com profundidade de sulco igual ou inferior a 1,60 mm compõem 21% da frota. O dado é alarmante, visto os riscos que o condutor corre ao circular com pneus sem a profundidade de sulco adequada.

Todavia, evidenciou-se a prática do rodízio, uma vez que 54% dos pneus críticos foram encontrados no eixo traseiro, sendo o pneu traseiro esquerdo o mais frequente, com 28,34% dos casos. Não houve uma explicação plausível para o desgaste focado no pneu traseiro esquerdo.

A profundidade mínima encontrada foi de 0,03 mm.

A profundidade média obtida foi de 3,25 mm.

A profundidade máxima da amostra foi de 7,82 mm.

Os principais fabricantes de pneus presentes no mercado são Goodyear e Pirelli que detêm, cada um 18% da frota. Os fabricantes Firestone e Bridgestone aparecem em terceiro e quarto lugar com, respectivamente, 13,77% e 10,41% cada um. Juntamente com Michelin e Continental, possuem 78% de todos os pneus em circulação, restando apenas 22% do mercado para ser dividido entre todos os 21 fabricantes externos encontrados.

Não existem dados expressivos que elejam o fabricante com maior índice de desgaste em campo. Existem em torno de 20% de pneus críticos por fabricante. Isso comprova que os principais fatores que levam ao desgaste estão ligados às condições de manutenção do veículo ao modo de utilização do mesmo.

O pneu padrão para a categoria foi montado com base na moda para cada uma das características, sendo fabricante Firestone, largura 175 mm, seção 70%, aro de 14 polegadas para os veículos de entrada e Goodyear 185/60/15' para a categoria *hatch* pequeno. Foi constatada a equivalência entre os tamanhos do conjunto roda e pneus para ambas as categorias, revelando o apelo estético adotado na categoria *hatch* pequeno com seção menor.

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- Avaliar a categoria SUV e os veículos comerciais.
- Capturar dados sobre ano e quilometragem do veículo, data de validade dos pneus a fim e apresentar o desgaste por tempo.
- Estudar a influência da pressão de enchimento no desgaste dos pneus e implementar metodologia para medir em campo essa variável.
- Fotografar os pneus e analisar o tipo de desgaste na intenção de definir as principais causas raízes de desgaste na frota.

APÊNDICE A – Dados para análise do profundímetro, valores de t_{cal} .

gl	Probabilidade de abrangência				gl	Probabilidade de abrangência			
	95%	95,45%	99%	99,73		95%	95,45%	99%	99,73
1	12,71	13,97	63,66	235,77	32	2,04	2,08	2,74	3,25
2	4,3	4,53	9,92	19,21	33	2,03	2,08	2,73	3,24
3	3,18	3,31	5,84	9,22	34	2,03	2,08	2,73	3,24
4	2,78	2,87	4,6	6,62	35	2,03	2,07	2,72	3,23
5	2,57	2,65	4,03	5,51	36	2,03	2,07	2,72	3,22
6	2,45	2,52	3,71	4,9	37	2,03	2,07	2,72	3,22
7	2,36	2,43	3,5	4,53	38	2,02	2,07	2,71	3,21
8	2,31	2,37	3,36	4,28	39	2,02	2,07	2,71	3,2
9	2,26	2,32	3,25	4,09	40	2,02	2,06	2,7	3,2
10	2,23	2,28	3,17	3,96	41	2,02	2,06	2,7	3,19
11	2,2	2,25	3,11	3,85	42	2,02	2,06	2,7	3,19
12	2,18	2,23	3,05	3,76	43	2,02	2,06	2,7	3,18
13	2,16	2,21	3,01	3,69	44	2,02	2,06	2,69	3,18
14	2,14	2,2	2,98	3,64	45	2,01	2,06	2,69	3,18
15	2,13	2,18	2,95	3,59	46	2,01	2,06	2,69	3,17
16	2,12	2,17	2,92	3,54	47	2,01	2,05	2,68	3,17
17	2,11	2,16	2,9	3,51	48	2,01	2,05	2,68	3,16
18	2,1	2,15	2,88	3,48	49	2,01	2,05	2,68	3,16
19	2,09	2,14	2,86	3,45	50	2,01	2,05	2,68	3,16
20	2,09	2,13	2,85	3,42	51	2,01	2,05	2,68	3,15
21	2,08	2,13	2,83	3,4	52	2,01	2,05	2,67	3,15
22	2,07	2,12	2,82	3,38	53	2,01	2,05	2,67	3,15
23	2,07	2,11	2,81	3,36	54	2	2,05	2,67	3,14
24	2,06	2,11	2,8	3,34	55	2	2,05	2,67	3,14
25	2,06	2,11	2,79	3,33	56	2	2,05	2,67	3,14
26	2,06	2,1	2,78	3,32	57	2	2,04	2,66	3,14
27	2,05	2,1	2,77	3,3	58	2	2,04	2,66	3,13
28	2,05	2,09	2,76	3,29	59	2	2,04	2,66	3,13
29	2,05	2,09	2,76	3,28	60	2	2,04	2,66	3,13
30	2,04	2,09	2,75	3,27	100	1,984	2,025	2,626	3,077
31	2,04	2,08	2,74	3,26	Infinito	1,96	2	2,576	3

Fonte: MSA (2010).

APÊNDICE B – Classificação dos modelos medidos segundo a FENABRAVE.

FREQ.	MODELO	MARCA	CATEGORIA FENABRAVE	FREQ.	MODELO	MARCA	CATEGORIA FENABRAVE
3	C4 PICASSO	CITROEN	GRANDCAB	1	CLA200	MERCEDES	SEDAN GRANDE
2	SCENIC	RENAULT	GRANDCAB	1	OMEGA	GM	SEDAN GRANDE
4	SPIN	GM	GRANDCAB	1	PASSAT	VW	SEDAN GRANDE
2	XSARA PICASSO	CITROEN	GRANDCAB	1	307 SEDAN	PEUGEOT	SEDAN MÉDIO
2	ZAFIRA	GM	GRANDCAB	1	C4 LOUNGE	CITROEN	SEDAN MÉDIO
1	118	BMW	HATCH MÉDIO	2	C4 PALLAS	CITROEN	SEDAN MÉDIO
1	128	BMW	HATCH MÉDIO	1	CERATO	KIA	SEDAN MÉDIO
6	307	PEUGEOT	HATCH MÉDIO	14	CIVIC	HONDA	SEDAN MÉDIO
2	308	PEUGEOT	HATCH MÉDIO	5	COROLLA	TOYOTA	SEDAN MÉDIO
3	A3	AUDI	HATCH MÉDIO	2	FLUENCE	RENAULT	SEDAN MÉDIO
2	BRAVO	FIAT	HATCH MÉDIO	1	FOCUS SEDAN	FORD	SEDAN MÉDIO
3	C4 HB	CITROEN	HATCH MÉDIO	4	FUSION	FORD	SEDAN MÉDIO
7	CRUZE	GM	HATCH MÉDIO	5	JETTA	VW	SEDAN MÉDIO
2	CRUZE HB	GM	HATCH MÉDIO	2	LANCER	MITSUBISHI	SEDAN MÉDIO
7	FOCUS	FORD	HATCH MÉDIO	1	LINEA	FIAT	SEDAN MÉDIO
6	GOLF	VW	HATCH MÉDIO	1	MEGANE	RENAULT	SEDAN MÉDIO
6	I30	HYUNDAI	HATCH MÉDIO	1	SENTRA	NISSAN	SEDAN MÉDIO
11	PUNTO	FIAT	HATCH MÉDIO	1	TEMPRA	FIAT	SEDAN MÉDIO
4	TIIDA	NISSAN	HATCH MÉDIO	2	VECTRA	GM	SEDAN MÉDIO
1	VELOSTER	HYUNDAI	HATCH MÉDIO	3	CLIO SEDAN	RENAULT	SEDAN PEQUENO
1	500	FIAT	HATCH PEQUENO	6	CORSA SEDAN	GM	SEDAN PEQUENO
5	AGILE	GM	HATCH PEQUENO	4	FIESTA SEDAN	FORD	SEDAN PEQUENO
1	ARGO	FIAT	HATCH PEQUENO	3	HB20S	HYUNDAI	SEDAN PEQUENO
33	C3	CITROEN	HATCH PEQUENO	11	LOGAN	RENAULT	SEDAN PEQUENO
9	CORSA	GM	HATCH PEQUENO	4	PRISMA	GM	SEDAN PEQUENO
34	FIESTA	FORD	HATCH PEQUENO	21	SIENA	FIAT	SEDAN PEQUENO
24	FOX	VW	HATCH PEQUENO	3	VERSA	NISSAN	SEDAN PEQUENO
17	HB20	HYUNDAI	HATCH PEQUENO	5	VOYAGE	VW	SEDAN PEQUENO
1	HB20X	HYUNDAI	HATCH PEQUENO	1	207 SW	PEUGEOT	SW MÉDIO
8	MARCH	NISSAN	HATCH PEQUENO	1	MEGANE GRANTOUR	RENAULT	SW MÉDIO
30	ONIX	GM	HATCH PEQUENO	3	PALIO WEEKEND	FIAT	SW MÉDIO
3	PICANTO	KIA	HATCH PEQUENO	3	PARATI	VW	SW MÉDIO
8	POLO	VW	HATCH PEQUENO	4	SPACE FOX	VW	SW MÉDIO
32	SANDERO	RENAULT	HATCH PEQUENO	1	206	PEUGEOT	VEÍCULO DE ENTRADA
1	SONIC	GM	HATCH PEQUENO	23	207	PEUGEOT	VEÍCULO DE ENTRADA
28	FIT	HONDA	MONOCAB	26	CELTA	GM	VEÍCULO DE ENTRADA
4	IDEA	FIAT	MONOCAB	19	CLIO	RENAULT	VEÍCULO DE ENTRADA
1	LIVINA	NISSAN	MONOCAB	8	ETIOS HB	TOYOTA	VEÍCULO DE ENTRADA
6	ASTRA	GM	SEDAN COMPACTO	65	GOL	VW	VEÍCULO DE ENTRADA
5	CITY	HONDA	SEDAN COMPACTO	24	KA	FORD	VEÍCULO DE ENTRADA
3	COBALT	GM	SEDAN COMPACTO	3	KWID	RENAULT	VEÍCULO DE ENTRADA
1	MONZA	GM	SEDAN COMPACTO	4	MOBI	FIAT	VEÍCULO DE ENTRADA
1	TIIDA SEDAN	NISSAN	SEDAN COMPACTO	49	PALIO	FIAT	VEÍCULO DE ENTRADA
1	AZERA	HYUNDAI	SEDAN GRANDE	2	QQ	CHERY	VEÍCULO DE ENTRADA
1	C180 COUPE	MERCEDES	SEDAN GRANDE	41	UNO	FIAT	VEÍCULO DE ENTRADA
1	C180 KOMPRESSOR	MERCEDES	SEDAN GRANDE	10	UP	VW	VEÍCULO DE ENTRADA

Fonte: Autor (2018).

APENDICE C – Vendas globais do mercado automotivo de pneus

Tabela 1. *Ranking* global dos fabricantes de pneus. (cont.)

2017 Global Tire Company Rankings
Based on 2016 sales. Includes subsidiaries.
(in millions of dollars, translated at average annual currency exchange rates)

2016 Rank	2015 Rank	Company	Headquarters	Tire Sales (2016)	% of Corp. Sales (2016)
1	1	Bridgestone Corp. #	Tokyo, Japan	22.121,0	*75,0%
2	2	Group Michelin #	Clermont-Ferrand, France	21.129,4	*95,0%
3	3	Goodyear Tire & Rubber Co. #	Akron, Ohio	13.645,0	*90,0%
4	4	Continental A.G. #	Hanover, Germany	10.785,0	*25,0%
5	5	Pirelli & C. S.p.A. #	Milan, Italy	6.380,0	100,0%
6	6	Sumitomo Rubber Industries Ltd. #	Kobe, Japan	6.029,9	85,6%
7	7	Hankook Tire Co. Ltd.	Seoul, South Korea	5.008,7	91,6%
8	8	Yokohama Rubber Co. Ltd.	Tokyo, Japan	4.208,0	93,6%
9	9	Maxxis International / Cheng Shin Rubber	Yuanlin, Taiwan	3.887,0	100,0%
10	10	Zhongce Rubber Group Co. Ltd.	Hangzhou, China	3.229,2	96,0%
11	11	Giti Tire Pte. Ltd.	Singapore	3.030,0	100,0%
12	12	Cooper Tire & Rubber Co.	Findlay, Ohio	2.924,9	100,0%
13	13	Toyo Tire & Rubber Co. Ltd.	Hyogo, Japan	2.685,9	79,6%
14	14	Kumho Tire Co. Inc.	Seoul, South Korea	2.409,0	99,0%
15	16	MRF Ltd. ^	Chennai, India	2.173,9	96,6%
16	15	Triangle Group Co. Ltd.	Shandong, China	2.000,0	100,0%
17	17	Apollo Tyres Ltd. ^	Guragaon, India	1.943,9	100,0%
18	18	Nexen Tire Corp.	Seoul, South Korea	1.703,6	93,1%
19	19	Nokian Tyres P.L.C. #	Nokia, Finland	1.380,0	*93,0%
20	20	Linglong Group Co. Ltd.	Shandong, China	1.324,0	100,0%
21	21	Shandong Hengfeng Tyre Co. Ltd.	Guangrao County, China	1.319,2	100,0%
22	24	JK Tyre & Industries Ltd. ^	New Delhi, India	1.198,3	100,0%
23	33	Qingdao Doublestar Industrial Co. Ltd.	Qingdao, China	1.062,0	100,0%
24	26	Kenda Rubber Industrial Co. Ltd.	Yuanlin, Taiwan	1.034,9	100,0%
25	25	Titan International Inc.	Quincy, Illinois	1.012,5	*80,0%
26	22	Xingyuan Tyre Co. Ltd.	Dongying City, China	969,4	100,0%
27	23	Sailun Jinyu Tyre Co. Ltd.	Dongying City, China	930,7	100,0%
28	29	Ceat Ltd. ^	Mumbai, India	925,8	100,0%
29	27	Double Coin Holdings Ltd.	Shanghai, China	863,0	100,0%
30	28	Aeolus Tyre Co. Ltd.	Jiaozuo, China	844,0	100,0%
31	-	Hixih Rubber Industry Group	Jining, China	720,0	100,0%
32	49	Trelleborg Wheel Systems S.p.A.	Tivoli, Italy	685,0	*22,2%
33	30	Shandong Shengtai Tyre Co. Ltd.	Guangrao County, China	678,9	100,0%
34	35	Prinx Chengshan (Shandong) Tire Co.	Shandong, China	635,6	100,0%
35	32	Shandong Yongtai Group	Donying City, China	625,0	100,0%
36	34	Guizhou Tyre Co. Ltd.	Guizhou, China	590,8	100,0%
37	31	BRISA/Bridgestone-Sabancı Tire Mfg.	Izmit, Turkey	561,5	100,0%
38	37	Jiangshu Tongyong Tire Ltd.	Wuxi, China	554,5	100,0%
39	40	Balkrishna Industries Ltd. ^	Maharashtra, India	553,8	100,0%
40	42	Wanli Tire Group	Guangzhou City, China	507,7	100,0%
41	43	Camso Ltd.	Magog, Quebec	500,0	100,0%
42	38	Weifang Yuelong Rubber Group	Qingdao, China	480,0	100,0%
43	47	Carlstar Group L.L.C.	Jackson, Tennessee	450,0	N.A.
44	-	Shandong Haohua Tyre Group Co. Ltd.	Weifang, China	440,0	100,0%
45	44	Sichuan Haida Tyre Group Co. Ltd.	Haida/Sichuan, China	388,9	100,0%
46	36	JSC Belshina Belarus Tyre Works	Bobruisk, Belarus	377,0	100,0%
47	45	Shandong Zhongyi Rubber Co. Ltd.	Dawang/Shandong, China	375,0	100,0%
48	54	Barez Tire Group	Tehran, Iran	N,A,	N.A.
49	58	Qingdao Sentury Tire Co. Ltd.	Jimo, Shandong, China	332,2	100,0%
50	46	O.J.S.C. Cordiant	Moscow, Russia	325,0	100,0%

Fonte: Adaptado de Tire Business (2017).

Tabela 1. *Ranking* global dos fabricantes de pneus. (final)**2017 Global Tire Company Rankings**

Based on 2016 sales. Includes subsidiaries.

(in millions of dollars, translated at average annual currency exchange rates)

2016 Rank	2015 Rank	Company	Headquarters	Tire Sales (2016)	% of Corp. Sales (2016)
51	51	Shandong Yinbao Tire Group	Shandong, China	325,0	100,0%
52	48	Petlas Tyre Industry & Trade Co.	Ankara, Turkey	315,0	100,0%
53	60	Shandong Bayi Tyre Manufacture Co. Ltd.	Zhouzhuang, China	315,0	100,0%
54	52	Shandong Rongsheng Tyre Co. Ltd.	Rongsheng, China	315,0	100,0%
55	54	TVS Srichakra Ltd.^	Chennai, India	311,5	100,0%
56	57	Nankang Rubber Tire Corp. Ltd.	Taipei, Taiwan	308,4	100,0%
57	63	Shandong Wanda Tyre Co. Ltd.	Dongying City, China	307,5	100,0%
58	55	FATE S.A.I.C.I.	San Fernando, Argentina	271,1	100,0%
59	56	Birla Tyres Ltd.	Orissa, India	246,9	100,0%
60	61	Chaoyang Long March Tyre Co. Ltd.	Liaoning, China	244,6	100,0%
61	62	Xuzhou Xugong Tyre Co. Ltd.	Xuzhou, Jiangsu, China	242,9	100,0%
62	65	Federal Corp.	Tao Yuan, Taiwan	230,0	100,0%
63	64	P.T. Multistrada Arah Sarana TBK	Cikarang, Indonesia	229,8	100,0%
64	-	Shandong Province Sanli Tire Manufacture Co.Ltd.	Caoxian, Shandong, China	229,7	100,0%
65	41	Alliance Tire Group	Mumbai, India	225,0	100,0%
66	39	Nizhnekamskshina	Nizhnekamsk, Russia	221,1	100,0%
67	59	Shandong Sangong Tyre Co. Ltd.	Zucheng City, China	206,7	100,0%
68	50	Mitas A.S. / CGS	Prague, Czech Republic	200,0	N.A.
69	66	Hwa Fong Rubber Ind. Co. Ltd.	Taipei, Taiwan	195,0	100,0%
70	67	Shandong Taishan Tyre Co. Ltd.	Faicheng, China	189,8	100,0%
71	75	Yanchang Petroleum Group Rubber Co. LTD.	Shaanxi, China	185,6	100,0%
72	68	Shandong Huitong Tyre Co. Ltd.	Laiwu, China	159,2	100,0%
73	69	Casumina (Southern Rubber Industry Co.)	Ho Chi Minh City, Vietnam	160,0	99,3%
74	70	Specialty Tires of America Inc.	Indiana, Pennsylvania	150,0	100,0%
75	71	Haoyou Tire Co. Ltd (Good Friend Tyre)	Henan, China	126,5	100,0%
-	-	<i>Others</i>		7.000,0	
TOTAL				151.000,0	

= non-tire revenue from company-owned retail operations excluded

^ = fiscal year ends other than Dec. 31

N.A. = not available

N.M. = not meaningful

* = estimated

Fonte: Adaptado de Tirebusiness (2018).

REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, A. J. **Pneus e meio ambiente: um grande problema requer uma grande solução.** Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/15706935/Pneus-e-Meio-Ambiente>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 224: Montagem de pneumáticos: Terminologias.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO LATINO AMERICANA DE PNEUS E AROS (ALAPA). **Manual de normas técnicas 2003.** São Paulo: ALAPA, 2003. Disponível em: <<http://www.strongestpneus.com.br/Manual%20ALAPA.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS (ANIP). **O livro branco da indústria de pneus.** Disponível em: <<http://www.anip.com.br/arquivos/f8201-white-book-versao-final.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2018.

BARBETTA, P A; REIS, M. M; BORNIA, A. C. **Estatística: para cursos de engenharia e informática.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BLYTHE, W. AND DAY, T. **Single Vehicle Wet Road Loss of Control;** Effects of Tire Tread Depth and Placement. USA: SAE Technical Paper, 2002.

BRIDGESTONE. **A global dream.** Disponível em: <<https://www.bridgestone.com/corporate/history/index.html>>. Acesso em: 10 maio 2018.

BRIDGESTONE. **Tire tread wear & causes.** Disponível em: <<http://www.bridgestonetire.com/tread-and-trend/drivers-ed/tire-tread-wear-causes>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

BRUFAP. **Profundímetro digital 0-25.4 mm importado.** Disponível em: <<http://www.brufap.com.br/site/produtos/108-profundimetro-digital-0-254-mm-importado.html>>. Acesso em 15 nov. 2016.

BULLAS, J. C. **Tyres, road surfaces and reducing accidents:** a review. UK: AA Foundation for Road Safety Research and the County Surveyors' Society, 2004. 155p.

CAVALCANTE, U. A **“Série B” das marcas e fabricantes de pneus.** Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/a-serie-b-das-marcas-e-fabricantes-de-pneus/>>. Acesso em 14 maio 2018.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CONTRAN). **Resolução nº 558/80 de abril de 1980.** Dispõe sobre fabricação e reforma de pneumático com indicadores de profundidade. Brasília: D. O. U., 1980. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/images/Resolucoes/res_ant_1998.zip>. Acesso em: 25 out. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CONTRAN). **Resolução número 291 de 29 de agosto de 2008.** Dispõe sobre a concessão de código de marca/modelo/versão para veículos e

dá outras providências.. Brasília: D. O. U., 2008. Disponível em:
<<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=108948>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

CONTINENTAL. **Pneus de passeio**. Disponível em:
<<https://www.conti.com.br/ligeiros/sobre-nos/about-us/tire-business-units/tire-business-units>>. Acesso em: 10 maio 2018.

CONTINENTAL. **Products and solutions for industries**. Disponível em:
<<https://www.continental-corporation.com/en/products-and-innovation/industries-and-special-products>>. Acesso em: 10 maio 2018.

DAVIS, B. **Global tire rankings: Bridgestone reigns supreme again**. Disponível em:
<http://www.tirebusiness.com/article/20170905/NEWS/170909980/global-tire-rankings-bridgestone-reigns-supreme-again#utm_medium=email&utm_source=tb-daily&utm_campaign=tb-daily-20170906>. Acesso em: 02 maio 2017.

DELIBERATO, A. **Brasil terá 10 novas fábricas de carro e R\$ 14 bilhões investidos até 2016**. 2014. Disponível em: <<http://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2014/08/29/brasil-tera-10-novas-fabricas-de-carro-e-r-14-bilhoes-investidos-ate-2016.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO PARANÁ (DETRAN-PR). **Anuário estatístico 2015**. Disponível em:
<<http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/estatisticadetransito/anuario/Anuario15.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DE SANTA CATARINA (DETRAN). **Consulta veículos por município – Joinville 2018**. Disponível em:
<http://consultas.detrannet.sc.gov.br/Estatistica/Veiculos/winVeiculos.asp?lst_municipio=8179&nome_munic=JOINVILLE&lst_ano=2018&lst_mes=4>. Acesso em: 01 de abr. 2018.

DUNLOP. **Dunlop avança com nova fábrica no Brasil e está de olho na retomada do mercado**. Disponível em: <<http://www.dunloppneus.com.br/noticias/post/dunlop-avanca-com-nova-fabrica-no-brasil-e-esta-de-olho-na-retomada-do-mercado>>. Acesso em: 10 maio 2018.

EIDT, W. **Análise da influência da profundidade dos sulcos dos pneus na operação de veículos de passeio**. 2015. 74 p. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Automotiva, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, SC, 2015.

FAIRMOUNT. **We will match or beat any tire price in town**. Disponível em:
<<http://fairmounttire.com/tiresize>>. Acesso em: 04 nov. 2016

FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (FENABRAVE). **Anuário 2015**. São Paulo: FENABRAVE, 2015. Disponível em:
<<http://www3.fenabreve.org.br:8082/plus/modulos/listas/index.php?tac=indices-e-numeros&idtipo=6&layout=indices-e-numeros>> Acesso em: 25 out. 2016.

FLETCHER, R. N. LEVY, C. **Tyre tread condition & insurance claims**. Disponível em:
<http://www.accidentspecialist.co.za/pdf/news/tyre_tread_condition_and_insurance_claims.pdf>. Acesso em: 30 out. 2017.

G1. **27 fatos em 27 anos de reinado do Gol.** Disponível em:

<<http://g1.globo.com/carros/noticia/2015/01/27-fatos-em-27-anos-de-reinado-do-gol.html>>. Acesso em: 30 maio de 2018.

GF PNEUS. **O que é o indicador TWI do pneu?** Disponível em:

<<https://www.gfpneus.com.br/blog/o-que-e-o-indicador-twi-do-pneu/>>. Acesso em: 14 maio 2018.

GILLESPIE, T. **Fundamentals of vehicle dynamics.** Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, 1992.

GOODYEAR. **Nossa História.** Disponível em:

<<http://www.goodyear.com.br/sobre/nossahistoria/>>. Acesso em: 14 maio 2018.

HANTULA, L. **Winter traffic acidentes, slippery roads and worn types: A fatal combination.** Finland: Finnish Motor Insurers' Centre/VALT, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 3833: Road vehicles, types, terms and definitions.** Suíça: International Organization for Standardization, 1977.

JANSEN, S. SCHMEITZ, A. **Study on some safety-related aspects of tyre use.** European Commission: Directorate-general for Mobility and Transport. Bruxelas: TNO, 2014.

JAZAR, R. **Vehicle Dynamics Theory and Application.** New York: Springer, 2008.

LEAL, L. D. C. M; DA ROSA, E; NICOLAZZI, L. C. **Uma introdução à modelagem quase-estática de automóveis.** Florianópolis, SC: Publicação interna do GRANTE, Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, 2012.

LOUREIRO, M. **Governo vai reduzir barreiras à importação de carros.** Disponível em:

<<https://exame.abril.com.br/negocios/a-penuria-dos-carros-importados-perto-do-fim/>>. Acesso em: 12 maio 2018.

LUNDELL, M. **The impact of tires and the drivers attitude toward traffic safety on the occurrence of traffic acidentes: a detailed analysis of traffic accidents involving two cars.** Helsinki: VALT Report, 1994.

MARCONI, M. D. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2003.

MARTELLO, A. **Importação de automóveis cresce 50% no 1º trimestre.** Disponível em:

<<https://g1.globo.com/carros/noticia/importacao-de-automoveis-cresce-50-no-1o-trimestre.ghtml>>. Acesso em: 12 maio 2018.

MEASUREMENT SYSTEMS ANALYSIS (MSA). **Reference manual.** 4. ed. Detroit: Chrysler Group LLC, Ford Motor Company e General Motors Corporation, 2010.

MICHELIN. **Sobre nós.** Disponível em: <<https://corporativo.michelin.com.br/sobre-nos/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

MONTGOMERY, D; RUNGER, G. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION (NHTSA). **The pneumatic tire**. Washington: NHTSA, 2006. Disponível em: <https://www.nhtsa.gov/staticfiles/safecar/pdf/PneumaticTire_HS-810-561.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2016.

PIRELLI. **Pirelli completa 80 anos de atuação industrial e um século de atuação no Brasil**. Disponível em: <<https://www.pirelli.com/tyre/br/pt/news/2009/07/02/pirelli-completa-80-anos-de-atuacao-industrial-e-um-seculo-de-historia-no-brasil/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

POSADA, F. FAÇANHA, C. **Brazil Passenger Vehicle Market statistics: international comparative assessment of technology adoption and energy consumption**. White Paper. Washington: International Council on Clean Transportation, 2015.

PROCARCARE. **How to read tire**. Disponível em: <<http://www.procarcare.com/includes/content/resourcecenter/encyclopedia/ch25/25readtirewear.html>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

REIMPELL, J. HELMUT S. BETZLER, J.W. **The automotive chassis: engineering principles**. Warrendale: SAE, 2001.

RODRIGUES, A. **Nova política automotiva deve abrir mercado à concorrência de importados**. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-04/nova-politica-automotiva-deve-abrir-mercado-concorrenca-de-importados>>. Acesso em: 13 maio 2018.

SHANGDONG GAOMI MACHINERY. **Semi-steel radial tyre segment mould**. Disponível em: <<http://rdmuju.com/en/products-look.aspx?id=8>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

TIREBUSINESS. **2017 global tire company rankings**. Disponível em: <<https://home.tirebusiness.com/clickshare/authenticateUserSubscription.do?CSProduct=tb-special&CSAuthReq=1:27368738248389:AID|ID:C4485952FBA4A1C50FBED2F88847C87B&AID=/20170908/DATA01/170909962&ID=150&title=2017%20Global%20Tire%20Company%20Rankings&CSTargetURL=http://www.tirebusiness.com/article/20170908/DATA01/170909962/2017-global-tire-company-rankings>>. Acesso em: 10 maio 2018.

YOKOHAMA. **Tread design**. Disponível em: <<https://www.yokohamatire.com/tires-101/advanced-information/tread-design>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

YOKOHAMA. **Yokohama no Brasil**. Disponível em: <<http://www.yokohama.com.br/yokohama-brasil.aspx>>. Acesso em: 11 maio 2018.