

TECNOLOGIA DO PNEU, FABRICAÇÃO, DIMENSIONAMENTO E APLICAÇÃO

Arthur Édico Matias da Silva¹

Vinícius Alexandre de Castro²

RESUMO

Muitas pessoas precisam de mobilidade no dia a dia, algumas simplesmente desejam viajar e outras moram longe do trabalho e através do transporte público (ônibus, coletivos, vans, avião) ou do transporte particular (bicicletas, morros e carros) elas conseguem essa mobilidade para realizarem seus objetivos diários. Muitas vezes a maior preocupação nesse tipo de locomoção é o combustível, porém esquecemos um dos itens mais importantes para que qualquer locomoção seja realizada, os pneus. O pneu está presente na vida de todos sejam em bicicletas, carrinhos de supermercado e em grandes aeronaves de carga. No decorrer do tempo o pneu deixou de ser maciço e hoje não possui câmaras de ar, para que esse tipo de transformação tenha ocorrido, o pneu passou por inúmeras mudanças químicas e físicas, dando a ele diversas características específicas para que pudesse ser utilizado em diferentes aplicações. A adição de componentes na construção do pneu faz com que o mesmo se torne mais seco, mais macio, com melhor aderência na estrada e etc. Além de suas características de fábrica o pneu necessita de cuidados para que tenha maior durabilidade, cuidados como calibrações e alinhamento. Por fim, ao fim da vida útil do pneu o mesmo ainda pode ser recuperado através do processo de recapagem, remoldagem e resulcagem.

Palavras-Chaves: Pneu. Borracha. Fabricação

1 Aluno de Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica – UniRV - Universidade de Rio Verde. E-mail: edicomsilva@hotmail.com

2 Professor Mestre da Faculdade de Engenharia Civil – UniRV - Universidade de Rio Verde. E-mail: vinicius.castro@unirv.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o pneu esta presente na vida de todos, seja em veículos automotores, bicicletas, carrinhos de transporte de mercadorias, brinquedos e em vários equipamentos que utilizam esta tecnologia. Ele é de extrema importância no mundo inteiro, pois possibilitou o transporte de qualquer coisa, inclusive a locomoção de grandes aeronaves, porém passou por vários processos de mudança até chegar à forma que conhecemos (WERLANG e SILVEIRA, 2013).

A tecnologia empregada nos pneus é de ultima geração e tem melhorado progressivamente. Hoje já temos pneus capazes de rodar por vários quilômetros sem que esteja inflado, isso não danificando sua carcaça e sem comprometer a estabilidade do veículo.

O pneu é o único elo entre o veículo e o solo, sendo assim, é através dele que o torque do motor do veículo consegue chegar ao solo, exercendo uma força de tração com sentido oposto ao veículo permitindo aceleração e frenagem. Ele também é responsável por mudança de direção, estabilidade e junto à suspensão do veículo, absorve vibrações e impactos (WERLANG e SILVEIRA, 2013).

1.1 Objetivo

O objetivo consiste em analisar a construção dos pneus (através de seus componentes) e averiguar as características de cada componente que tem respostas diretas na utilidade do mesmo no dia a dia e na duração de vida útil. Os usuários de pneus muitas das vezes não conhecem o produto que estão adquirindo, este trabalho deixa claro algumas informações essenciais na hora da aquisição, assim facilitando o entendimento de códigos estabelecidos pelos fabricantes.

1.2 História do pneu

A necessidade de transportar coisas com maior facilidade, fez com que o homem inventasse a roda. As primeiras rodas eram compostas por tabuas arredondadas e fixadas com tarugos de madeira em formato de cruz, possuíam grandes diâmetros, aproximadamente 24 polegadas e eram utilizadas em carroças. Porém foram os povos celta, da Europa Ocidental, os primeiros a fabricarem rodas de madeira, equipadas com uma espécie de pneu de metal, aplicadas em veículos de tração animal, mas além do desconforto as rodas não duravam muito, assim como os pneus de borracha sólida, que foram criados anos depois (GOODYEAR DO BRASIL, 2003).

Foi Robert W. Thompson, um engenheiro escocês, o inventor do primeiro pneu de borracha inflado com ar (Figura 1), visando maior conforto para sua carruagem. Jhon Boyd Dunlop, veterinário e também escocês que morava na Irlanda, que criou o primeiro pneu de bicicletas, composto por um tubo com válvula (câmara de ar) e coberto com lona (pneu), que era fixado na roda (INFOPNEUS, 2016).

FIGURA 1 – Primeiro pneu. Inventado por Robert W. Thonpson.



Fonte: <<http://www.naboleia.com.br/saiba-qundo-surgiu-pneu-do-mundo/>>

Os irmãos André e Édouard Michelin, foram autores da primeira patente de pneus automotivos, logo em seguida vieram *Firestone*, *Goodyear*, *Pirelli*, *Continental* e vários outros. Frank A. Sciberling fundou a empresa *American Goodyear Tyre and Rubber Company*, em

homenagem a Charles Goodyear, inventor da vulcanização da borracha. Os irmãos *Michelin*, ao avistarem de longe uma pilha de pneus que parecia um homem, criaram um mascote conhecido como Bibemund, Figura 2, que virou sucesso no mundo todo (INFOPNEUS, 2016).

FIGURA 2: Primeiro boneco Bibemund, mascote da Michelin.



Fonte: <http://www.theoldmotor/?s=Bibemund+the+Michelin+Man>

O sucesso dos pneus com câmara (*tire tube*) começou em 1895, na época corridas de veículos automotores eram frequentes. Os irmãos Michelin inscreveram na corrida, um carro com pneus infláveis, uma novidade, já que todos os carros usavam pneus de borracha maciça. O carro acabou ganhando a corrida com o êxito e assim, os pneus infláveis passaram a ser itens indispensáveis nas grandes fábricas de automóveis (INFOPNEUS, 2016).

O pneu possibilitou aos automóveis, maior desempenho nas estradas e melhor potência, por isso ele acabou sendo o responsável pela evolução dos veículos automotores. Harvey S. Firestone, fundador da *Firestone Tire & Rubber Co.*, conseguiu um importante contrato com Henry Ford, fundador da *Ford Motor Company*, em 1900, pela primeira vez na história carros eram fabricados em série e já saíam equipados com pneus *tire tube* (KNEPPER, 1981).

Em meados de 1900 aconteceram vários fatos que ocasionaram fortes mudanças na evolução dos pneus. O primeiro pneu sem câmara (*tubeless*) foi patenteado pela *Goodyear Tire and Rubber Company*, no ano de 1903, mas ele só foi comercializado em 1954. No ano de 1904, a Continental fabricou os primeiros pneus com desenho de banda de rodagem. Em 1908, a *Goodyear* inventou as ranhuras nos pneus de tração, e no mesmo ano a Continental inventou a roda desmontável para automóveis e continuou as invenções com testes de borracha sintética

em pneus. Em 1910 a *BF Goodrich Company* aumentou a vida útil do pneu, adicionando na composição da borracha o negro de fumo que logo mais tarde passou a ser parte da composição do pneu junto com a borracha sintética, aderindo a ele maior resistência ao envelhecimento e desgaste dando sua cor característica (ALLEN, 1949; CONTINENTAL, 2009).

O pneu radial surgiu em 1915, patenteado por Arthur W. Savage. A Continental aplicou tecidos de engenharia na construção dos pneus em 1921, até então era utilizado um tecido rígido de linho que foi substituído por fibras flexíveis os cordéis de nylon. Em 1954, foi divulgado pela *Goodyear* um processo chamado 3-T (tempo, temperatura e tensão), que tornava o pneu impermeável, passaram então a fabricar pneus sem câmara (*tubeless*) para caminhões de todos os tamanhos, o que foi considerado a maior contribuição para transporte rodoviário através de caminhões (GOODYEAR, 1989).

Os gastos com pneus estão entre os três maiores custos de uma empresa de transportes, perdendo somente para gastos com combustível e manutenções mecânicas. O pneu também é de grande importância no cotidiano das pessoas, sendo fator indispensável para logística em geral. A cada dia, melhoram ainda mais o pneu proporcionando maior segurança, conforto e durabilidade. As mudanças ocorridas no pneu se baseiam em torná-lo mais robusto com adição de elementos que trazem qualidade e economia (custo benefício). Porém, a inserção dessas melhorias, o tornam mais caro, devido à complexidade do processo de fabricação e a diversidade de componentes colocados na borracha para obter-se o produto pronto (GOODYEAR, 2011).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho se encaixa no tipo de “Pesquisa Bibliográfica”, pois explica-se a realidade com base em pesquisas de outros autores, aprofundando o conhecimento. Segundo Gil:

“Como aquele que tem como preocupação central identificar os fatores que determinam ou contribuem para ocorrência do fenômeno.”
(BERTUCCI, 2009, p. 49).

Com base em referências bibliográficas, serão descritos e analisados os principais componentes do pneu, como a formação da borracha, a adição de elementos (negro de fumo,

borracha sintética, enxofre), o dimensionamento e fabricação do pneu, mostrando o que cada tipo de aditivo confere a ele e a sua construção, tornando-o capaz de rodar com ou sem câmara.

Após a descrição da construção dos pneus será mostrado formas de prolongar a vida do pneu através de hábitos de manutenção, quais os principais danos nos pneus e suas causas e também os possíveis processos de recuperação do pneu.

2.1 PRINCIPAIS COMPONENTES DA BORRACHA

2.1.1 O Látex

A seringueira é uma árvore da Amazônia de onde é retirado o látex. Através de cortes feitos no caule da árvore acontece a extração da seiva, que após seca e coagulada é aquecida e misturada com outras substâncias químicas, formando assim um polímero chamado borracha natural. A partir do petróleo foi possível a fabricação da borracha sintética, porém ela possui menor resistência à variação de calor e pode trincar com mudanças drásticas de temperatura (INFOPNEUS,2016).

O látex é composto por 35% de hidrocarbonetos chamados isopreno, e quando é exposto ao ar ocorre coagulação natural, também é constituído por água, proteínas, lipídios, entre outros; formando uma microestrutura que confere ao material capacidade de deformação e elasticidade. A borracha natural é perecível, por isso após a coagulação e secagem ela é aquecida e misturada a aditivos como enxofre, aceleradores orgânicos, antiozonantes e antioxidantes, óxido de zinco, agentes de fluxo, mica e em destaque o negro de fumo.

A borracha natural, por ter maiores moléculas e maior peso, tem uma estrutura estável, significando que ela tem menor desgaste com o atrito e maior elasticidade portanto, não se rompe facilmente. Essas características fazem com que os pneus de carga e de avião, os preservativos e as luvas cirúrgicas sejam obrigatoriamente fabricados com borracha natural (SOUZA, 2013).

2.1.2 Negro de fumo

O negro de fumo é derivado da combustão incompleta do petróleo, ele é um carbono amorfo, também derivado do carvão. Sua produção é feita em fornos especiais de forma controlada onde se obtém vários tipos de negro de fumo aplicados na indústria da borracha. Ele possui propriedades que conferem a borracha poder de pigmentação e resistência mecânica. No pneu são adicionados 8 tipos de negro de fumo, o que aumenta muito sua vida útil em aproximadamente 16 vezes (GMSM, 2016; CHEMISOL, 2016).

2.1.3 Óxido de zinco

O óxido de zinco é muito utilizado em plásticos, borrachas, cerâmicas, vidros e em vários produtos farmacêuticos. Está presente em silicatos, carbonatos ou oxidação de zinco metálico, sulfetos, etc. Ele é um pó amarelado quando aquecido e branco em temperatura ambiente e é responsável por romper o anel de enxofre, formando íons agindo como catalizador. É um ativador de aceleração química, o ponto de ignição do processo de vulcanização que é a elevação da temperatura da borracha até o ponto de fusão (MISAWA, 2011; WIEBECK, ESPER, FEIJÓ, 2002).

2.1.4 Borracha sintética (SBR)

A borracha sintética é conhecida cientificamente como um copolímero de estireno e butadieno, surgiu na Alemanha no ano de 1930, com a necessidade de uma matéria prima mais barata e acessível, a borracha natural foi sintetizada e assim foi produzido um elastômero SBR (*Styrene Butadiene Rubber*), mais conhecida como borracha sintética. A borracha sintética tem maior resistência a abrasão, altas temperaturas e ao envelhecimento do que a borracha natural, mas em baixas temperaturas tem menor flexibilidade e elasticidade. Em temperaturas muito elevadas ela endurece possibilitando trincas, já a borracha natural amolece tendo mais flexibilidade (GOMES, 2008; MISAWA, 2011).

2.1.5 Enxofre, óleos modificados e aceleradores

Compõem aproximadamente 4% da matéria-prima da borracha. Todos estão relacionados com o poder de vulcanização, conferindo a borracha prevenção a possíveis deformações em altas temperaturas, controlando o processo de vulcanização, aumentando as propriedades físicas, amolece a borracha e proporciona trabalhabilidade, catalisa a vulcanização (SOUZA, 2013).

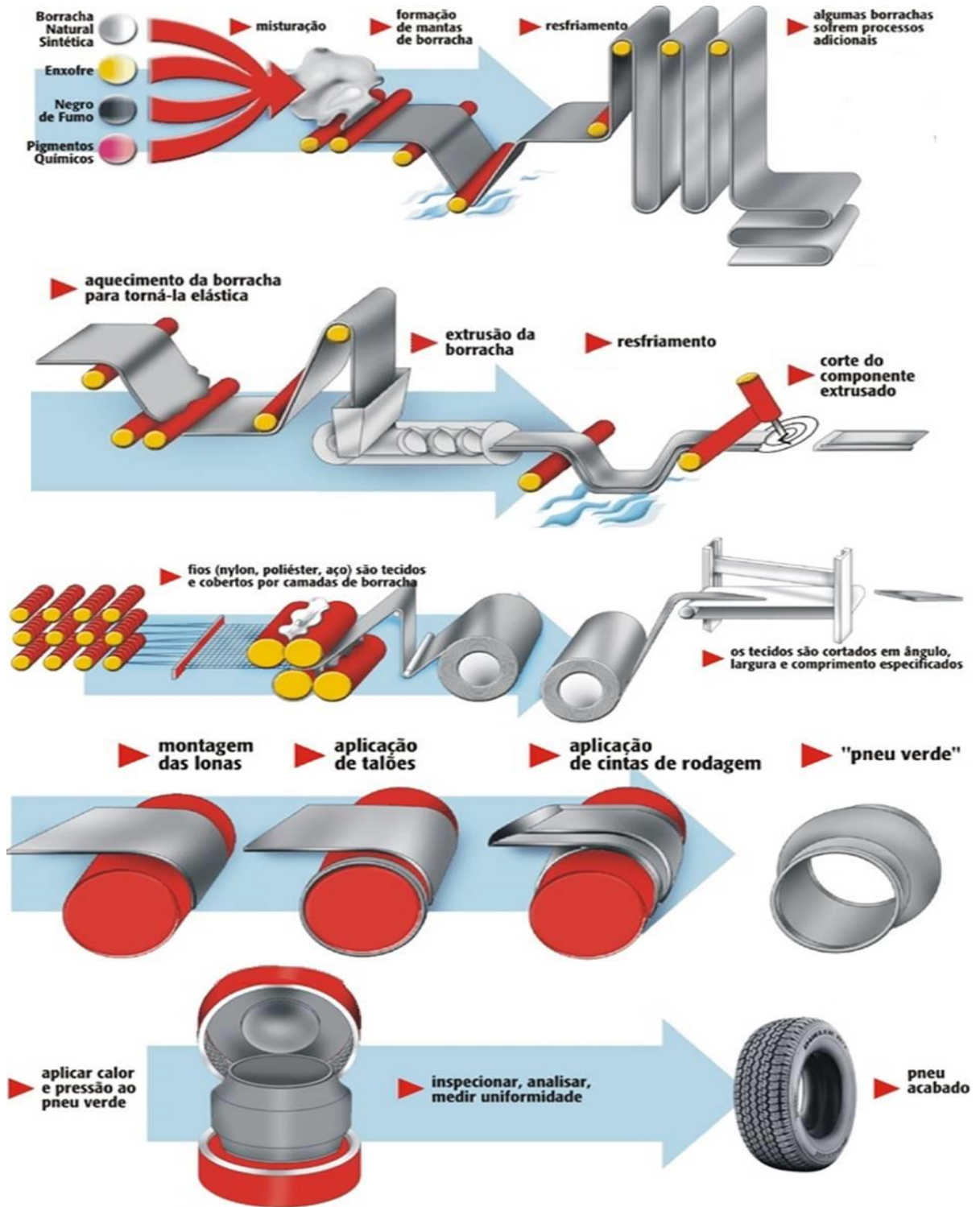
2.2 FABRICAÇÃO E COMPONENTES DO PNEU

2.2.1 Fabricação

Inicialmente, a borracha já pronta em formato cilíndrico é fixada em um tambor retrátil onde são colocados os cordéis e os fios metálicos, que são amarrados em direção transversal. Após a costura dos cabos metálicos acontece a dobragem das bordas das lonas. Pelo processo de extrusão é aplicada a banda de rodagem, soldando suas extremidades. O pneu em forma cilíndrica é retirado do tambor retrátil e colocado dentro de uma prensa, e um saco de borracha butílica inflada por vapor quente é colocado dentro do pneu. A prensa é aquecida, a borracha em excesso é expulsada por cavidades afins, depois de algum tempo é retirado da prensa o pneu pronto. (RODRIGUES, 2008).

Na Figura 3 mostra-se o esquema completo da fabricação dos pneus, desde a mistura, passando pelos processos de extrusão, lonas, talões, construção e vulcanização que consiste no último processo onde se forma o pneu.

FIGURA 3: Processo completo de fabricação dos pneus.



Fonte: <<http://www.noticiasautomotivas.com.br/images/img/f/bridgestone-santo-andre-6.jpg>>

2.2.2 Componentes do pneu

O pneu é composto por várias partes, cada uma com suas respectivas funções. As partes do pneu mostradas na Figura 4.

FIGURA 4: Componentes do pneu.



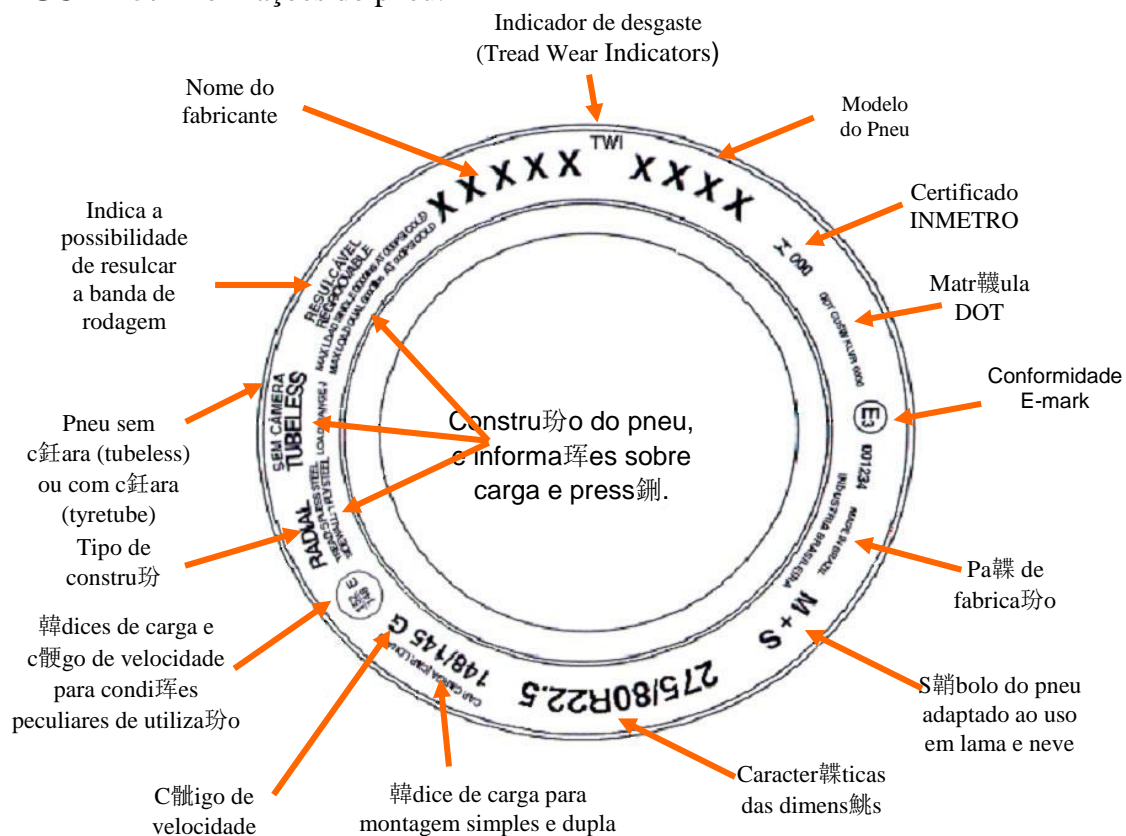
Fonte: <<http://caroldaemon.blogspot.com.br/2010/05/pneu-verde-pneus-de-biomassa-para.html>>

- Carcaça: seus principais componentes são lonas de nylon, aço ou poliéster. Responsável por segurar o ar em seu interior, e também resistir ao peso e impactos proporcionados pelo veículo.
- Flanco: é a lateral do pneu, composta por uma mistura poderosa de borracha, pois é responsável por absorver impactos e flexionar quando necessário.
- Ombro: é o apoio do pneu durante as conversões do veículo.
- Talões: responsável por segurar a carcaça e fixar o pneu na roda. Composto por arames de aço resistente em forma de círculos.
- Banda de rodagem: mantém o contato do pneu com o solo. Possui ranhuras e blocos, responsáveis por tracionar, dissipar calor e líquidos, manter a estabilidade e segurança do veículo, possibilitando a ventilação, escoamento da água e aderência ao solo (SOUZA, 2013).

2.2.3 Informações do pneu

O pneu possui várias informações desde a sua data de fabricação, cargas e velocidades máximas suportadas, modelo, fabricante, medida, etc. Essas informações estão todas estampadas em sua lateral, como pode ser visto na figura 5, possibilitando ao usuário saber que tipo de pneu ele irá utilizar.

FIGURA 5: Informações do pneu.



Fonte: <<http://pneuscarrao.com.br/saiba-como-ler-os-pneus-do-seu-carro/>>

- Nome do fabricante: estampado em letras grandes.
- Indicador de desgaste (T.W.I): em inglês “*tread wear indication*”, indica o momento de retirada do pneu para reforma ou descarte, ele tem a altura padrão de 1,4mm.
- Modelo do pneu: determinado pelo fabricante, definido pelas suas especificações técnicas.
- Certificado do INMETRO: o pneu também passa por testes rigorosos e só pode ser comercializado mediante a aprovação do INMETRO.
- Matrícula DOT: “*department of transportation*”, estampado na lateral do pneu

normalmente começa com uma sequência de letras e números que identificam o local de fabricação do pneu, e em seguida quatro números que informam semana e ano de fabricação. Ex.: DOT (regulamentação americana) J3J9 (empresa) 2516 (25ª semana do ano de 2016).

- Conformidade *E-mark* “ $\text{E}_4^{\circ\circ\circ\circ}$ ”: a partir do ano de 1997 os pneus que são utilizados na Europa precisam ter o código E-mark. Quando no código aparece um “e” minúsculo, o pneu está certificado a comparecer com as dimensões, marcações e performance normalizados pela *Directive 92/33/EEC*. Se for um ”E” maiúsculo, o pneu está certificado a comparecer com as dimensões, marcações e performance normalizados pela “*ECE regulation 30*”. Junto a letra “e” é colocado um número que se refere ao país da aprovação do certificado. Fora do círculo existe uma numeração que é a especificação do tipo e modelo do pneu.
- País de fabricação: assim como tudo que é fabricado, no pneu também é marcado o país de origem.
- Símbolo M+S, M/T, H/T ou A/T: são abreviações do inglês. Ex.: M+S (*Mud + Snow*) - lama + neve, M/T (*Mud/Terrain*) - lama/barro/terra, H/T (*Highway/Terrain*) - estrada/terra, A/T (*All Terrain*) – Asfalto/Terra, pneu misto.
- Dimensões do pneu: são números estampados na lateral que correspondem a sua medida. Ex.: pneu de carro popular – medida 175/70R14 (175 mm de largura, 70% da largura é a altura do talão até o ombro, 122,5mm de altura, diâmetro do aro 14 polegadas, o “R” significa que o pneu tem a estrutura radial).
- Índice de carga para montagem simples e dupla: são números gravados na lateral do pneu após a medida quando em pneus de passeio e em separado quando em pneus de carga, seguidos por uma letra que significa o índice de velocidade do pneu. O número representa a carga máxima que o pneu suporta dentro do seu respectivo índice de velocidade. Ex.: em pneu de passeio - 175/70R14 82 T (os primeiros números correspondem à medida do pneu, o “82” é o índice de carga máxima suportada, esse valor é tabelado).
- Símbolo TT ou TL: são abreviações do inglês *Tube Tire* (com câmara), nesse caso é utilizada uma câmara de ar dentro do pneu, *Tubeless* (sem câmara), esse pneu não utiliza câmara de ar.

- **RESULCÁVEL** ou **REGROOVABLE**: significa que existe um reforço, uma camada a mais de borracha por baixo da banda de rodagem, possibilitando o pneu ser ressulcado ou vulgarmente riscado.
- Outras informações serão encontradas no pneu, como índice de carga e velocidade para condições peculiares, tipo de construção do pneu e informações sobre carga e pressão.

2.3 DIMENSIONAMENTO DO PNEU

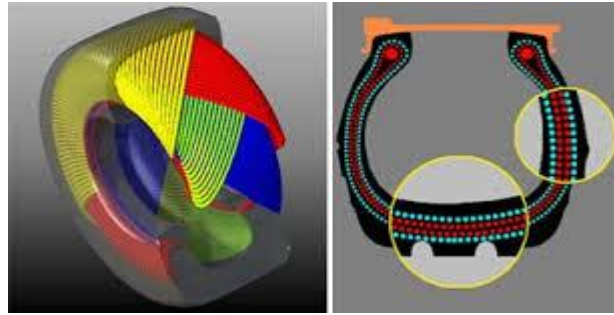
2.3.1 Dimensionamento do pneu

Quando falamos em dimensionamento do pneu, nos referimos ao que o torna capaz de ser aplicado em determinadas formas de esforço. O que o faz aumentar sua durabilidade, seu índice de velocidade, seu índice de carga, sua flexibilidade e resistência a furos, o que o torna capaz de rodar com o sem câmara de ar, etc. Para que isso seja explicado vamos falar dos tipos de estruturas do pneu.

2.3.1 Estrutura diagonal

Os pneus diagonais (Figura 6) são conhecidos por ter uma estrutura rígida com propriedades mecânicas similares tanto na banda de rodagem quanto na lateral (flanco). Essa estrutura consiste em camadas de fios de nylon revestidos de borracha, sobrepostas uma sobre a outra de talão a talão, as camadas possuem fios paralelos na diagonal e são colocadas em sentidos diferentes fazendo com que os fios se cruzem tendo um formato em x.

FIGURA 6: pneu com estrutura diagonal.

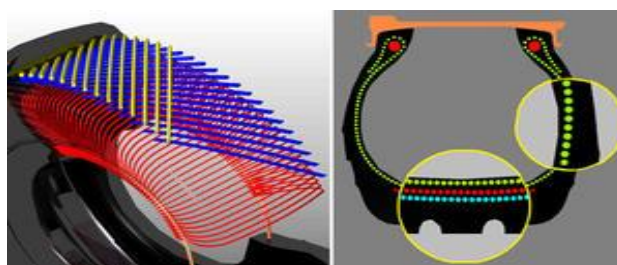


Fonte:< <http://agricole.michelin.fr/Bien-utiliser-vos-pneus/Pneu-radial-versus-diagonal> >

2.3.2 Estrutura radial

Os pneus radiais (Figura 7), como o próprio nome já diz, têm fios de nylon ou aço, paralelos uns aos outros também revestidos de borracha, colocados em sentido radial (dirigidos ao centro), de talão a talão. A banda de rodagem dos pneus radiais recebem outras camadas de fios sobrepostas umas nas outras em sentido diagonal, de ombro a ombro, o que confere a ele menos deformação na área de contato com o solo e maior proteção a possíveis perfurações.

FIGURA 7: Pneu com estrutura radial.



Fonte:<<http://agricole.michelin.fr/Bien-utiliser-vos-pneus/Pneu-radial-versus-diagonal>>

2.3.3 Estrutura *Tweel*

O pneu *Tweel* foi criado pela Michelin, a palavra é uma combinação de “*tire*” (em inglês

que significa pneu) e “*wheel*” (roda), a grande inovação é o fato de que ele não é inflado com ar, o seu tempo de vida útil pode ser até três vezes maior do que os pneus normais, mais ainda apresenta alguns problemas a serem resolvidos para aplicação em veículos de passeio, como vibração acima de 80km/h, superaquecimento e ruídos excessivos, porém já estão sendo aplicados em veículos de carga como empilhadeiras e retro escavadeiras, pois estes veículos são lentos o que torna o *tweel* ideal para essas aplicações.

O fato de não utilizarem ar para mantê-los rígidos é uma grande conquista para a história do pneu, visto que os pneus utilizam ar a mais de 100 anos, isso proporciona a ele infinitas possibilidades como resistência a grandes impactos, não danificando sua estrutura; quando o pneu é atravessado por pregos ou objetos pontiagudos, não sofre mudança alguma.

Sua estrutura é composta por uma mistura poderosa de borracha e aditivos, e principalmente o poliuretano (material esponjoso), sendo leves, resistentes e com boa propriedade amortecedora. Ele possui várias estruturas diferentes, mas duas são mais comuns, uma delas possui colunas de borracha rígida, porém flexíveis que ligam a banda de rodagem até a roda como raios, como pode ser visto na figura 8, a roda também é de borracha rígida e metal e é deformável, as colunas possuem uma distância simétrica separando-as e distribuindo uniformemente as cargas axiais. A outra estrutura mais comum tem o formato de colmeias, o que também confere uma boa divisão e absorção das cargas e impactos sofridos durante a operação.

FIGURA 8: Pneu *Tweel*.



Fonte: <http://cristianoolira.blogspot.com.br/2010/08/como-funciona-o-como-funciona-o-pneu.html>

2.4 Adição de componentes

Os componentes que são adicionados na borracha durante a fabricação dos pneus,

proporcionam infinitas possibilidades no desempenho deles. Desde 1910, quando foi adicionado o negro de fumo na borracha, aumentando desproporcionalmente a sua útil, outros aditivos têm sido inseridos na matéria-prima inicial, a fim de conferir características específicas, para que cada modelo se diferencie dos outros, podendo possibilitar um produto mais seguro ou mais barato, ou específico para cada tipo de aplicação. Alguns dos principais aditivos já foram citados anteriormente, e são basicamente esses que dão à borracha uma gama de variedade de suas características, isso, somente mudando as dosagens de cada aditivo.

No pneu, algumas informações estampadas na lateral são de extrema importância no momento da sua aquisição, essas informações são as características do modelo, que é dimensionado para cada aplicação. Vamos citar essas informações e o que significam:

- *TREADWEAR*: é normalmente encontrado em pneus de passeio, o nome vem seguido de uma numeração que pode variar de 60 até 700, quanto maior o valor, maior será a duração do pneu, maior resistência ao desgaste, isso influencia diretamente na qualidade da borracha. Este valor é o resultante da quantidade de adição de alguns tipos negro de fumo.
- *TEMPERATURE* (A, B ou C): é a capacidade de dissipação de calor do pneu, está diretamente ligada ao índice de velocidade, quanto melhor a dissipação de calor maior será a velocidade máxima permitida para aquele modelo, sendo “A” melhor e “C” pior. É resultante da adição de enxofre, óleo modificado e aceleradores.
- *TRACTION* (AA, A, B e C), é a capacidade de tração da banda de rodagem, sendo “AA” mais tração e “C” menor tração. Resultante da adição de negro de fumo na banda de rodagem e do desenho do pneu (blocos e ranhuras).
- Índice de velocidade e carga do pneu: logo após a medida, temos uma numeração seguida de uma letra, representam a quantidade de peso suportado e velocidade máxima permitida para aquele modelo. Ex.: “175/70R14 82 T”, onde 175/70R14 (medida), 82 (índice de carga) e T (índice de velocidade), esses índices são tabelados como é mostrado nas Tabelas 1 e 2. Características resultantes da adição de negro de fumo, borracha natural, enxofre, óleo modificado e aceleradores.

TABELA 1: Índice de velocidade.

Índice de velocidade	Vel. em km/h	Índice de velocidade	Vel. em km/h	Índice de velocidade	Vel. em km/h
A1	5	D	65	Q	160
A2	10	E	70	R	170
A3	15	F	80	S	180
A4	20	G	90	T	190
A5	25	J	100	U	200
A6	30	K	110	H	210
A7	35	L	120	V	240
A8	40	M	130	ZR	>240
B	50	N	140	W	270
C	60	P	150	Y	300
				(Y)	>300

Fonte: < <http://www.pneumar.com.br/blog/como-ler-um-pneu/>>

TABELA 2: Índice de carga.

Índice de Carga	Peso em Kg	Índice de Carga	Peso em Kg	Índice de Carga	Peso em Kg	Índice de Carga	Peso em Kg
20	80	55	218	79	437	101	825
22	85	58	236	80	450	102	850
24	85	59	243	81	462	103	875
26	90	60	250	82	475	104	900
28	100	61	257	83	487	105	925
30	106	62	265	84	500	106	950
31	109	62	272	85	515	107	975
33	115	64	280	86	530	108	1.000
35	121	65	290	87	545	109	1.030
37	128	66	300	88	560	110	1.060
40	136	67	307	89	580	111	1.090
41	145	68	315	90	600	112	1.120
42	150	69	325	91	615	113	1.150
44	160	70	335	92	630	114	1.180
46	170	71	345	93	650	115	1.215
47	175	72	355	94	670	116	1.250
48	180	73	365	95	690	117	1.285
50	190	74	375	96	710	118	1.320
51	195	75	387	97	730	119	1.360
52	200	76	400	98	750	120	1.400
53	206	77	412	99	775	121	1.450
54	212	78	425	100	800	122	1.500

Fonte: < <http://www.pneumar.com.br/blog/como-ler-um-pneu/>>

2.5 Novos símbolos nos pneus

A partir de Novembro de 2012, algumas exigências foram feitas pela associação europeia do setor ETRMA (*European Tire & Rubber Manufacturer Association*), todos os pneus produzidos após essa data, precisam conter um rótulo de normalização pela União Europeia fornecendo informações sobre três quesitos específicos de desempenho: ruído exterior de rolamento, aderência em piso molhado e eficiência de consumo de combustível. Essas exigências serão introduzidas até 2016. Este regulamento visa o aumento da segurança e economia no transporte rodoviário, trazendo pneus mais seguros, e melhor eficiência no consumo de combustível com pequenos níveis de ruído. Traz também informações (Figura 9) comuns a todo o setor automobilístico em alguns parâmetros dos pneus (QUATRORODAS, 2017).

FIGURA 9: Novos símbolos nos pneus.



Fonte: <<http://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/entenda-como-funciona-a-nova-etiquetagem-de-pneus/>>

2.5.1 Ruído exterior

Os ruídos no tráfego tem sido um grande problema ambiental determinado pelos tipos de veículos e estilos de condução, pela intensidade de tráfego e interação pneu/estrada. Estes ruídos exteriores são divididos em três níveis, e medidos em decibéis (dB). Como mostrado na figura 17, a primeira onda de som em negrito é igual a 3dB que é um nível inferior ao limite europeu, a segunda onda em negrito está em conformidade com o atual limite europeu, já a terceira está no limite de conformidade europeu (QUATRO RODAS, 2017).

2.5.2 Aderência em piso molhado

A aderência em piso molhado é um fator de segurança de extremo importância para o veículo, porém, maior aderência tem por consequência maior resistência ao rolamento, esse é um dos grandes desafios para alcançar equilíbrio no desempenho do pneu. Esse novo regulamento traz ao consumidor, o poder de optar pelo desempenho de seu interesse. No rótulo terá uma escala de sete níveis em que a letra “A” é o que mais apresenta aderência ao solo em pisos molhados e “G” o que menos apresenta aderência nessas condições (QUATRO RODAS, 2017).

2.5.3 Eficiência de consumo de combustível

A resistência ao rolamento influencia diretamente na eficiência de consumo de combustível de um veículo, isso acontece pela deformação sofrida no pneu durante contato com o piso, visto que ele está sendo tracionado a partir do centro (eixo), o pneu perde energia por aquecimento. Quanto maior for a resistência ao rolamento, maior será a deformação sofrida e maior será a perda de energia, consumindo mais combustível para compensar o esforço. Para consumir menos combustível é necessário menos resistência ao rolamento, e conseqüentemente menor emissão de gases CO₂. No rótulo serão apresentados sete níveis de resistência ao rolamento, sendo a letra “A” melhor eficiência em consumo de combustível e “G” pior eficiência nesta modalidade (QUATRO RODAS, 2017).

2.6 Pneus sem câmara (*Tubeless*)

O revestimento interno butil, é o que possibilita o pneu rodar sem câmara de ar, esse revestimento é a primeira lona no interior da carcaça do pneu, sua superfície é rugosa porém, impermeável. Esse tipo de pneu conhecido por “*tubeless*” tem inúmeras vantagens como: perda de ar lenta em caso de furos, menor geração de calor, menor peso, agilidade na montagem e desmontagem, etc. O pneu sem câmara possibilita ao condutor executar reparos instantâneos em caso de furos, com ferramenta adequada remove-se o objeto que causou o dano e coloca-se o reparo próprio para esse fim, possibilitando chegar até o local especializado para efetuar um reparo adequado.

2.7 Prolongando a vida do pneu

Alguns hábitos são de extrema importância para prolongarmos a vida do pneu, e também proporcionando maior segurança, tais hábitos devem estar na rotina do condutor do veículo, mas na maioria das vezes são deixados de lado, são eles:

- Calibragem periódica dos pneus: pequenos vazamentos e murchar com o tempo é normal, por isso devemos calibrar constantemente os pneus do veículo com a pressão adequada para cada modelo.
- Colocar tampinhas nas válvulas: as tampinhas não permitem o acúmulo de sujeira no núcleo da válvula impedindo vazamentos de ar pelo canal.
- Alinhamento e balanceamento: deve ser feito periodicamente (aproximadamente a cada seis meses), impede o desgaste irregular do pneu.
- Respeitar os limites técnicos de velocidade e peso para cada modelo: cargas e velocidades excessivas podem ocasionar desgaste prematuro nos pneus.

2.8 Principais causas e danos nos pneus

Os pneus foram desenvolvidos para aguentar diversos tipos de esforços e impactos, porém, existem limites na resistência do material que compõe o pneu, e vários fatores podem ultrapassar esses limites. Iremos relacionar algumas causas e danos sofridos pelos pneus.

- Alta e baixa pressão: a alta pressão ocasiona desgaste no centro da banda de rodagem

deixando os ombros com mais borracha, já a baixa pressão faz um desgaste contrário, pois o pneu se deforma não deixando que o centro da banda de rodagem toque a superfície, ocasionando um desgaste excessivo no ombro do pneu e trincas internas na carcaça.

- Câamber positivo ou negativo (cambagem): desgaste excessivo em um dos ombros do pneu, é causado por empenamento ou desalinhamento do eixo.
- Trilhos: desgaste descontinuado ao longo das bordas dos sucos, ocorre em pneus que rodam em eixo livre com cargas leves.
- Desgaste na diagonal: aparecem desgastes em formas de trilhas no sentido diagonal, acontece em pneus de carga e é causado por folga dos rolamentos.
- Dentes de serra: desgaste irregular nos cravos do pneu em formato de cunha, causado por mau emparelhamento e pressões desiguais.
- Desgaste localizado: desgaste num ponto específico, causado frenagem excessiva.
- Arrancamento nas extremidades laterais da banda de rodagem: pedaços da borda da banda de rodagem são arrancados, causado por arraste do pneu em manobras fechadas.

2.9 Processos de recuperação dos pneus

Como já citado anteriormente o pneu está entre os três maiores gastos dentro de uma empresa, tendo em vista o seu alto custo de produção, importância na locomoção mundial e impacto ambiental causado na natureza, foram criados alguns processos para reaproveitamento deles, otimizando a sua utilização. Esses processos são normalizados, e consistem em trazê-los de volta ao uso em perfeitas condições de utilização. Com máquinas especializadas acontece a substituição e reparação de algumas partes do pneu.

- Processo de recapagem: inicialmente, é feita uma limpeza e secagem para que se possa avaliar o pneu, em seguida, ele é levado para a inspeção inicial onde acontece a avaliação da sua carcaça e de pré-requisitos mínimos para continuar o processo. O pneu segue para a etapa de raspagem, onde é retirado todo o excesso de borracha, com intuito de deixá-lo pronto para receber a nova banda de rodagem, agora é a vez do processo de escareamento, conserto e enchimento, onde são escareados e devidamente reparados

todos os defeitos da carcaça, tampando todos os orifícios assim obtendo uma superfície sem ondulações. Chegamos então na segunda inspeção, sendo avaliada novamente a estrutura e determinado padrões técnicos e medidas para a nova banda de rodagem, e finalmente é aplicada uma cola especial para que receba a nova banda de rodagem, ela é colocada cuidadosamente de forma a ser retirado todo o ar que possa estar entre ela e o pneu, deixando-o pronto para ser colocado no autoclave (uma espécie de forno com especificações técnicas de tempo, temperatura e pressão feitos para esse fim). Após saírem do autoclave, o pneu passa pela inspeção final e esta pronto para ser reinserido no trabalho. Esse processo é comum em pneus agrícolas e de cargas.

- Processo de remoldagem: este processo é parecido com a recapagem, porém ao invés da banda de rodagem é aplicado o *camelback*, uma borracha crua aplicada de talão a talão cobrindo todo o pneu, depois colocado dentro de um molde sendo elevado a temperatura de 150°C, por tempo determinado, o molde dará um novo desenho ao *camelback*. Esse processo é comum em pneus leve.
- Processo de resulcagem: esse processo só pode ser feito em pneus próprios para esse fim, eles são especificados com o nome “ *regroovable* ou resulcável” estampado na lateral, consiste no aprofundamento do sulco do pneu que tem uma camada extra permitindo retirar de 2 a 3 mm de borracha, trazendo novamente a aderência a um pneu gasto (MICHELIN, 2017).
- Processo de conserto: os consertos de pneus só podem ocupar no máximo 40% da área da banda de rodagem e devem estar separados, sendo divididos entre os quadrantes do pneu nunca juntos, precisam ser executados sempre pelo lado de dentro, o tamanho máximo do dano que pode ser reparado é de 6 mm de diâmetro para pneus leves e 8 mm para pneus de carga, para pneus radiais devem ser colocados manchões próprios para pneus radiais nas dimensões e posição correta, o tamanho do dano deve ser medido, e verificado na tabela o tamanho de manchão aplicado para tais dimensões. O processo pode ser executado tanto a quente quanto a frio, porém com suas respectivas garantias (ZM.PNEUS, 2017).
- Processo de perucagem: é um processo não convencional, onde é retirada a banda de rodagem de um pneu com carcaça ruim, e colocado em outra carcaça boa, esse processo é perigoso e proibido por lei, porém é comum nas rodovias do Brasil (PNEUS & CIA).

2.10 APLICAÇÃO

Para aplicarmos um pneu num determinado equipamento ou serviço devemos seguir alguns critérios para que possamos aproveitar ao máximo a vida útil do pneu. Toda vez que for preciso um pneu para um determinado trabalho procure sempre as medidas originais para seu veículo, use marca de sua confiança e utilize materiais de boa qualidade, tratando o seu pneu com cuidado principalmente na hora de montá-lo na roda. Jamais utilize pneus perucados e consertos inadequados, se isso acontecer, provavelmente você perderá o seu pneu.

O pneu é fabricado de forma a atender critérios mínimos para comercialização e obedece as necessidades do local a ser aplicado, as medidas e especificações do produto foram testadas e aprovadas antes de serem colocadas no mercado, por isso respeite as dimensões do pneu para cada veículo. Antes de adquirir um pneu siga estas instruções:

- Consultar manual do fabricante: consultando o manual do veículo ou equipamento poderemos achar as dimensões do pneu que deve ser aplicado, essas dimensões compõem as características do equipamento que poderá perder estabilidade mecânica caso esteja com pneus maus dimensionados.
- Análise de terreno: é preciso saber e analisar qual terreno será constante para o veículo assim podemos escolher o pneu correto, temos pneus para estradas pavimentadas e não pavimentadas, ou misto, pneus de chuva, pneus de lama ou neve, pneus *off road* (fora de estrada) aplicados em implementos e máquinas passadas, pneus de tração e lisos, etc.
- Tara bruta do veículo: para cada pneu, temos uma capacidade máxima de peso suportado. Desenvolveremos uma fórmula simples para sabermos o peso mínimo que o pneu deve aguentar:

$$PMP = \frac{PV + PCM}{QP}$$

Onde:

PMP – Peso mínimo por pneu;

PV – Peso d veículo;

PCM – peso da carga máxima;

QP – Quantidade de pneus do veículo.

- Velocidade máxima do veículo: a potência do motor, influência diretamente na velocidade que o veículo pode atingir, como já sabemos devemos comprar o pneu adequada para tal velocidade, uma forma simples de saber é olhando no velocímetro do veículo, lá será mostrado até quanto o veículo poderá chegar, porém essa velocidade tem que ser adotada como velocidade mínima para o pneu.
- Análise de *treadwear*: esse fator influencia direto na durabilidade do pneu e também no preço, mesmo as melhores marcas, possuem modelos inferiores para torna-los economicamente mais acessíveis.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o objetivo proposto foi possível verificar que cada componente do pneu possui suas características e estão relacionados ao adição de compostos em sua construção.

A durabilidade (*treadwear*) do pneu está relacionado à quantidade de adição de alguns tipos de negro de fumo na construção do pneu, já a temperatura suportada por cada tipo de pneu está relacionado aos aceleradores e enxofre adicionados na construção do pneu.

Os pneus sem câmara (*tubeless*) possuem uma grande vantagem em relação aos pneus com câmaras de ar (*tiretube*), quando um pneu sem câmara é perfurado por um prego ele esvazia vagarosamente, já o pneu com câmara esvazia rapidamente. A vantagem de se esvaziar devagar é conseguir chegar a um local onde se possa fazer o reparo do pneu.

A média de consumo de combustível está diretamente relacionada aos pneus do automóvel (e não simplesmente ao motor). Manter a calibragem correta dos pneus faz toda a diferença no consumo do combustível. Os pneus foram desenvolvidos para rodarem com área específica de contato (definida na calibragem específica de cada modelo de pneu de acordo com a carga), portanto quando os pneus estão murchos o automóvel se movimenta porém aumenta a força de arrasto, ou seja, maior força o motor fará e maior será o gasto de combustível.

Observar o estado físico do pneu também é fundamental na hora de economizar no consumo de combustível do automóvel. Pneus mais desgastados de um lado, pneus tortos, muito gastos influenciam no consumo do automóvel. A recomendação é checar a cada 10 mil

quilômetros o estado dos pneus e fazer balanceamento e geometria.

Os pneus, após determinado tempo de uso, podem ser reaproveitados e através de processos como recapagem, remoldagem e/ou ressulcagem. Esses processos são feitos para diminuir custos e reutilizar pneus que antes estavam em desuso. A vantagem de utilização desses processos é devido ao menor custo, ao invés de se comprar um novo pneu, submetesse o pneu usado a um desses processos e o mesmo poderá ser utilizado por um tempo maior e assim, somente depois deste reuso, o pneu será descartado de vez. Esses processos tem menor custo financeiro do que a compra de novos pneus para o automóvel e em alguns casos o processo pode ser realizado mais de uma vez para cada pneu.

As aplicações dos pneus dependem das especificações de cada um deles, geralmente especificadas pelo fabricante, e devem ser respeitadas para maior durabilidade e aproveitamento. Um pneu que aguenta menor carga sendo utilizado para cargas maiores terá sua vida útil diminuída em relação a um pneu que seguiu as especificações de carga especificadas pelo fabricante.

TIRE TECHNOLOGY, MANUFACTURE, SIZING AND APPLICATION

ABSTRACT

Many people need mobility, some simply want to travel and others live far from work and through public transport (bus, plane) or private transport (bicycles, motorbikes and cars) they get that mobility to accomplish their daily goals. One of the most important items for any locomotion to be performed are the tires. The tire is present in everyone's life whether on bicycles, supermarket trolleys and large cargo aircraft. In the course of time the tire is no longer massive and today it has tubeless, so that this kind of transformation has occurred, the tire suffered countless chemical and physical changes, giving to the tire several characteristics specific so that it could be used in different applications. The addition of components in the construction of the tire causes it to become drier, softer, with better grip on the road and etc. Besides his factory characteristics the tire needs of cares so that it has bigger durability, cares as calibrations and alignment. For end, to the end of the useful life of the tire it even still can be recovered through the reuptake, remolding and reegroovable process.

Keywords: Tire. Rubber. Manufacture.

4. REFERÊNCIAS

ALLEN, H. *The house of Goodyear: fifty years of men and industry. Cronology of rubber. Cleveland: Goodyear Tire & Rubber Company, 1949. 687p (Book 1).*

BERTUCCI, J.L.O. *Metodologia Bibliográfica para Elaboração de TCC.* SÃO PAULO. Ed. Adas. S. A. 2009.

CONTINENTAL. *Reinfengrundlagen Pkw.* [S.I.]: GmbH, 2009. 30p.

CHEMISOL. **Negro de Fumo.** Disponível em: <<http://www.chemisol.com.br/produtos/negro-de-fumo/>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

Global Material Supply Management (GMSM). Negro de Fumo da Borracha. Disponível em:<<http://www.gmsm.com.br/negrosdefumo>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

GOMES, S. D. **Estudo dos mecanismos de relaxações dielétricas e mecânica na borracha natural.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2008.

GOODYEAR. *New Goodyear Innovation Could Make Tire Pumps Obsolete.* 2011. Disponível em: <http://www.goodyear.com/cfmx/web/corporate/media/news/story.cfm?a_id=559/>. Acesso em: 26 ago. 2016.

GOODYEAR DO BRASIL. Edição Especial 50 anos. **Revista Goodyear**, São Paulo, p.10-11,1989.

INFOPNEUS. **História do Pneu.** Disponível em: <<http://www.infopneus.com.br/historia-do-pneu/>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

KNEPPER, G. W. *Akron City at the Summit. Akron: Comtinenal Heritage Press,1981. P. 197, 200, 201.*

LAGARINHOS, C. A. F., **Reciclagem de Pneus: Análise do Impacto da Legislação Ambiental Através da Logística Reversa.** 2011, 293p. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

MICHELIN. **Manual de ressulcagem.** Disponível em : <http://www.michelin.com.br/docroot/michelin/br/images/download/manuais/Manual_Ressulcagem.pdf/>. Acessado em: 19 de maio, 2017.

MISAWA, C.K.O. **Análise qualitativa e quantitativa de compostos de borracha destinados à fabricação de revestimentos de embreagem.** Tese (Doutorado) – Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

Pneus & Cia, Associação Mineira dos Reformadores de Pneus, Ano 1, junho 2009.

QUATRORODAS. **Nova etiquetagem para pneus.** Disponível em: <<http://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/entenda-como-funciona-a-nova-etiquetagem-de-pneus/>>. Acessado em: 20 de maio, 2017.

RODRIGUES, M.R.P. **Caracterização do resíduo da borracha de pneus inservíveis em compostos aplicáveis na construção civil.** Tese em defesa do título de Doutor – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SOUZA, C. M., **Utilização da Radiação Ionizante na Reciclagem de Pneus Inservíveis de Automóvel e sua Destinação Ambiental Adequada.** 2013, 104p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Universidade de São Paulo, São Paulo.

VIEIRA A.M.F. **Processamento e caracterização de misturas de PEBD virgem e reciclado com borracha de pneus desvulcanizados por micro-ondas.** Dissertação em defesa do título de Mestre – Universidade de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

WERLANG, R. B. e SILVEIRA, F. L. **A física dos pneumáticos.** Physics of tires. Rio Grande do Sul. 2013.

WIEBECK, H.; ESPER, F.; FEIJÓ, A.C. **Tecnologia da Borracha.** Cooperação Universidade Empresa CECAE/USP, São Paulo. 2002.

ZM PNEUS. **Conserto de Pneus.** Disponível em: <<http://www.zmpneus.com.br/dicas.php>>. Acesso em: 25 maio 2017.