

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM SELANTE REPARADOR DE FUROS EM PNEUS NA MANUTENÇÃO DA PRESSÃO DE INFLAÇÃO PÓS-REPARO

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF A PUNCTURE SEALANT IN MAINTAINING INFLATION PRESSURE POST-REPAIR

José Guilherme Oliveira Pinto¹; Rafael José Nogueira Rosa²

RESUMO

Este trabalho aborda a eficiência de um selante para reparo de furos em um pneu automotivo na manutenção da pressão de inflação após ser reparado com a sua aplicação. A pressão adequada dos pneus possui um papel fundamental na segurança rodoviária, no desempenho da condução, na economia de custos e na sustentabilidade. Para avaliar a eficiência do selante em questão, uma metodologia acessível e econômica foi empregada. Um pneu com selante reparador no seu interior foi furado com um prego. Após esse evento, a pressão do pneu foi monitorada ao longo do tempo. Os resultados revelaram que o pneu reparado com o selante apresentou pressão de inflação estável. Isso indica que o selante selecionado foi eficiente na manutenção da pressão após o reparo do furo. A aplicação bem-sucedida do selante pode oferecer vantagens significativas. No entanto, os selantes de forma geral têm limitações e podem não ser eficazes em todos os cenários, especialmente em danos mais severos nos pneus. Em conclusão, este estudo comprova a eficiência de um selante para reparo de furos em pneus na manutenção da pressão de inflação em condições controladas, desde que utilizado corretamente e dadas suas limitações.

Palavras-chave: Selantes para pneus. Reparo de furos. Pneus automotivos. Pressão de inflação.

¹Aluno do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas. Email: jose.pinto1@alunos.unis.edu.br

²Professor do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas. Email: rafael.rosa@unis.edu.br

ABSTRACT

This study addresses the efficiency of a sealant for repairing punctures in an automotive tire in maintaining inflation pressure after its application for repair. Adequate tire pressure plays a pivotal role in road safety, driving performance, cost efficiency, and sustainability. To assess the efficiency of the sealant in question, an accessible and economical methodology was employed. A tire treated with a repairing sealant inside was punctured with a nail. Following this event, the tire pressure was monitored over time. The results revealed that the tire repaired with the sealant exhibited stable inflation pressure. This indicates that the selected sealant was effective in maintaining pressure after the puncture repair. The successful application of the sealant can offer significant advantages. However, sealants, in general, have limitations and may not be effective in all scenarios, especially in severe tire damage. In conclusion, this study proves the efficiency of a sealant for tire puncture repair in maintaining inflation pressure under controlled conditions, provided it is used correctly and considering its limitations.

Keywords: *Tire sealants. Puncture repair. Automotive tires. Inflation pressure.*

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda a avaliação da eficiência de um selante utilizado para reparo de furos em pneus automotivos no que tange à manutenção da pressão de inflação após a aplicação do produto para o reparo.

Esta investigação é crucial considerando a relevância fundamental da manutenção adequada da pressão dos pneus em diversos aspectos essenciais, como segurança rodoviária, desempenho na condução, economia de custos e a sustentabilidade.

A segurança rodoviária é um dos pilares da preocupação automotiva atual, e a manutenção da pressão correta dos pneus desempenha um papel vital nesse contexto. Pneus adequadamente inflados não apenas proporcionam maior aderência e estabilidade durante a condução, mas também

contribuem significativamente para reduzir os riscos de acidentes, melhorando assim a segurança dos passageiros e outros usuários da via. Além disso, a pressão correta dos pneus está diretamente relacionada ao desempenho do veículo, afetando o consumo de combustível e o desgaste dos componentes mecânicos, o que tem implicações diretas nos custos operacionais e na durabilidade dos pneus.

É fundamental salientar que a contribuição deste estudo não se restringe apenas ao âmbito acadêmico, mas também tem relevância prática e aplicada para profissionais de Manutenção Mecânica e para o público em geral que busca recursos eficazes para prevenir e reparar furos em pneus. A compreensão aprofundada da eficácia de um selante nesse contexto pode fornecer informações valiosas para os mecânicos e consumidores, permitindo escolhas mais informadas na manutenção e reparo de pneus danificados.

Este estudo busca preencher lacunas existentes na compreensão prática dos efeitos e benefícios do uso desses selantes, fornecendo informações detalhadas sobre sua eficácia, suas limitações e seu potencial como uma solução prática para problemas de furos em pneus automotivos. Além disso, visa oferecer subsídios sólidos para a tomada de decisão tanto para mecânicos quanto para os usuários finais, destacando a viabilidade e a relevância deste recurso na manutenção veicular.

O objetivo primordial deste estudo é realizar uma avaliação da eficiência de um selante na manutenção da pressão de inflação em um pneu automotivo após ter sido submetido a um processo de reparo por meio desse produto.

Esta pesquisa foi realizada por meio de uma metodologia acessível e economicamente viável, na qual a pressão de inflação de um pneu com um furo reparado por um selante foi monitorada e analisada ao longo de um determinado período de tempo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico será realizada uma revisão bibliográfica a respeito dos pneus automotivos e suas propriedades, bem como da importância da manutenção da pressão de inflação. Além disso,

será feita uma discussão sobre as avarias nos pneus e, por fim, será exposta uma explicação sobre os selantes reparadores de furos.

2.1 Conjunto pneumático

De acordo com a norma NBR NM 224 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2003), um conjunto pneumático é definido como um conjunto composto por um pneu com válvula, montado em um aro de dimensões específicas e inflado a uma pressão superior à pressão atmosférica.

Na Figura 1, é possível visualizar alguns componentes do conjunto pneumático.

Figura 1 – Componentes do conjunto pneumático.



Fonte: (TIRE WIKI, 2023).

Neste contexto, as propriedades de pneu, um componente essencial do conjunto pneumático, serão abordadas em detalhes.

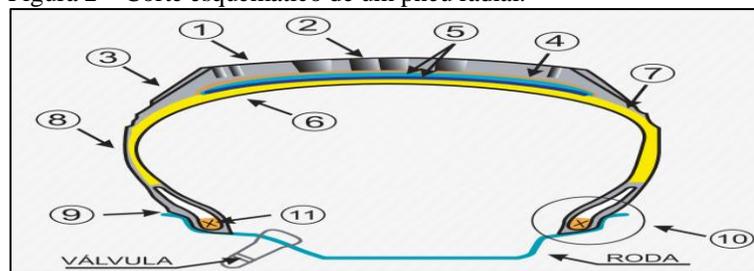
2.1.1 Categorias dos pneus

Conforme a ABNT (2003), a categoria de pneu refere-se à classificação que indica o tipo de aplicação do pneu com base no veículo em que será utilizado. Ainda segundo a associação, os pneus podem ser classificados de acordo com suas características de uso.

2.1.2 Componentes dos pneus automotivos

Os principais componentes de um pneu, descritos conforme a ABNT (2003), estão apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Corte esquemático de um pneu radial.



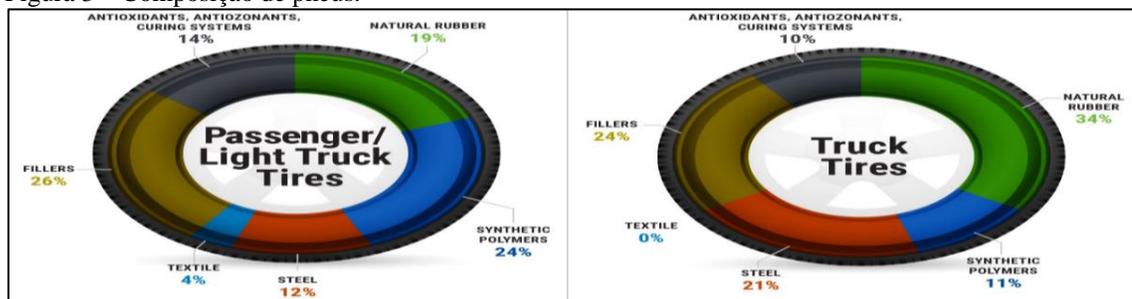
Fonte: (ABNT, 2003).

Nela, é possível visualizar a banda de rodagem (1), sulcos (2), ombros (3), lonas ou cintas de proteção (4), lonas ou cintas de trabalho (5), revestimento interno (6), lona carcaça (7), flancos ou costados (8), cordão ou filete de centragem (9), talões (10) e o aro do talão (11).

2.1.3 Composição dos pneus automotivos

A Figura 3 resume os elementos da composição dos pneus automotivos, comparando a composição de pneus de veículos de passageiro/caminhões leves e caminhões pesados.

Figura 3 – Composição de pneus.



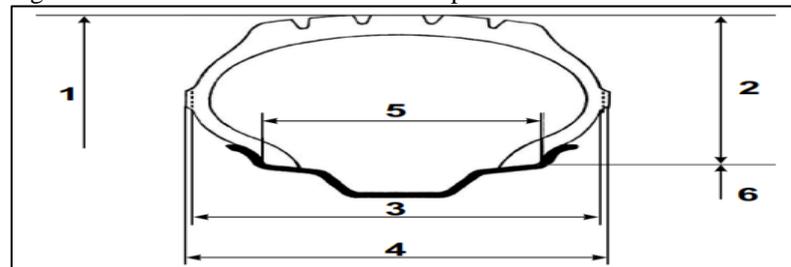
Fonte: (U.S. TIRE MANUFACTURERS ASSOCIATION, 2020).

Nela, a U.S. Tire Manufacturers Association (2020) informa que os pneus de passageiro são compostos de 26% de materiais de enchimento (*fillers*), 24% de polímeros sintéticos (*synthetic polymers*), 19% de borracha natural (*natural rubber*), 14% de antioxidantes e antionizantes (*antioxidants, antiozonants, curing systems*), 12% de aço (*steel*) e 4% de material têxtil (*textile*).

2.1.4 Especificações técnicas dos pneus automotivos

Na Figura 4, estão cotadas algumas características geométricas dos pneus, descritas pela ABNT (2003), dentre as quais encontram-se o diâmetro externo do pneu (1), altura da seção do pneu (2), largura da seção do pneu (3), largura total da seção do pneu (4), largura do aro (5) e diâmetro nominal do aro (6).

Figura 4 – Nomenclatura e dimensões do pneu novo.



Fonte: (ALAPA, 2021).

A ABNT (2003) também define capacidade de carga, índice de velocidade ou símbolo de velocidade, limite de velocidade, condição nominal de utilização, descrição de serviço e pressão de inflação como parâmetros relacionados aos pneus.

Em relação à construção, a ABNT (2003) classifica os pneus em diagonal e pneu radial. A Figura 5 apresenta uma ilustração da comparação entre as partes internas de ambos.

Figura 5 – Pneu radial e pneu diagonal.



Fonte: (GUIA PNEUS, 2023).

Além dos parâmetros mencionados pela ABNT (2003), outros três índices desempenham um papel crucial na caracterização de um pneu, conforme o Clube da Borracha (2020), os quais incluem a numeração de tradewear, o índice de tração e o índice de temperatura.

Segundo Naccari (2021), além desses indicadores, a partir de 2018, o Programa Brasileiro de Etiquetagem, instituído pelo INMETRO, obrigou a implementação de três dados essenciais sobre três aspectos dos pneus a partir da chamada Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. Esses aspectos incluem a resistência ao rolamento, o ruído externo e a aderência ao molhado.

2.1.5 Manutenção dos pneus automotivos

Segundo o Manual de Recomendações sobre Uso, Manutenção e Segurança da Associação Latino-Americana de Pneus e Aros (ALAPA, 2022), a umidade, a temperatura e a luminosidade são elementos reconhecidos como causadores do envelhecimento da borracha, logo, é essencial armazenar os produtos em ambientes fechados.

Ainda de acordo com a associação, a manutenção para a durabilidade dos pneus envolve, além da execução da calibragem semanalmente, a realização de operações como o rodízio, o alinhamento e o balanceamento. Além disso, é importante evitar sobrecarga, freadas fortes e mudanças bruscas de direção.

2.2 Pressão de inflação dos pneus automotivos

Segundo a ALAPA (2022), utilizar as pressões de inflação adequadas é de extrema importância para garantir uma operação e condução seguras, pois a maioria dos danos aos pneus ocorre devido a pressões de inflação inadequadas.

Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP, 2018), pneus com baixa pressão trazem sérias consequências para a sua durabilidade, dentre os quais pode-se citar o desgaste mais rápido, o desgaste nos ombros, o maior consumo de combustível, a redução da estabilidade, a direção pesada, a perda de dirigibilidade e o desgaste acelerado dos terminais.

Já entre os prejuízos provocados pelo excesso de pressão, referidos pela associação, encontram-se o desgaste acentuado no centro da rodagem pela concentração da área de contato nessa região e a perda de estabilidade em curvas provocadas pela redução da área de contato com o solo (ANIP, 2018).

Figura 6 – Efeito da pressão de inflação no apoio da banda de rodagem no solo.



Fonte: (ALAPA, 2022).

A Figura 6 acima ilustra o efeito do excesso e da falta de pressão e, por fim, o efeito da pressão correta.

2.3 Avarias em pneus automotivos

Segundo a ALAPA (2022), a negligência de uma avaria em um pneu pode representar riscos significativos. Quando um pneu exibe danos visíveis, como bolhas, deformações, rupturas, cortes

que expõem a lona da carcaça ou se houver evidências de que o pneu sofreu um impacto severo contra um obstáculo, como o meio-fio, com potencial para causar danos internos, é imperativo que o pneu seja prontamente removido e submetido a uma avaliação por um profissional especializado, mesmo que sua integridade externa aparente esteja preservada.

Ainda de acordo com a associação, se a reparação do pneu for considerada necessária e viável, ela deve ser conduzida de maneira expedita após o incidente, com o propósito de evitar qualquer deterioração adicional na estrutura do pneu. É fundamental destacar que qualquer procedimento de reparação em um pneu deve ser confiado a um especialista competente, que assumirá a total responsabilidade pelo processo.

2.3.1 Reforma de pneus automotivos

Conforme a NBR NM 225 da ABNT (2000), um pneu reformado é um pneu usado que passou por um dos processos para reutilização de sua carcaça, os quais incluem a recapagem, a recauchutagem e a remoldagem.

A Portaria nº 433, de 15 de outubro de 2021, do INMETRO (2021) estabelece os requisitos técnicos e os procedimentos de avaliação da conformidade para pneus reformados destinados a automóveis, camionetas, caminhonetes e seus rebocados.

2.3.2 Reparo de pneus automotivos

Segundo a ALAPA (2022), “a reparação de um pneu é a eliminação definitiva de uma ferida ou dano, com a ajuda de materiais e métodos apropriados, visando a utilização sem restrições do pneu, tal como previsto na descrição de utilização gravada no pneu”.

Segundo o manual da associação, ao longo de sua vida útil, os pneus enfrentam várias tensões e danos. A reparação de pneus deve ser realizada por empresas especializadas, seguindo regulamentações como a norma ABNT NBR NM 225 e orientações de fabricantes. O procedimento

de reparação descrito pelo manual estabelece padrões para garantir a qualidade do serviço, mas não se aplica a produtos selantes líquidos nem a reparos extensos.

A Tabela 1 sintetiza o número de reparos e os seus diâmetros máximos após a preparação do dano para conserto, em milímetros, para cada tipo de pneu.

Tabela 1 – Número e dimensões de furos na banda de rodagem reparáveis com reparos de borrachas.

Tipo de pneu	Número de reparos	Diâmetro máximo (mm)*
- Diagonal para automóveis	3	6
- Radial para automóveis com código de velocidade menor ou igual a 190 km/h (T)	2	6
- Radial para automóveis com código de velocidade superior a 190 km/h (H; V; W; Z)	1	6
- Diagonal e radial para camionetas, seus derivados e rebocados	4	8
- Diagonal e radial para caminhões, ônibus e seus rebocados	6	8

Fonte: (ABNT, 2000).

Conforme norma ABNT NBR NM 225 da ABNT (2000), de forma geral, para um pneu ser submetido a um processo de reforma ou reparo, é necessário que ele obedeça a certos critérios.

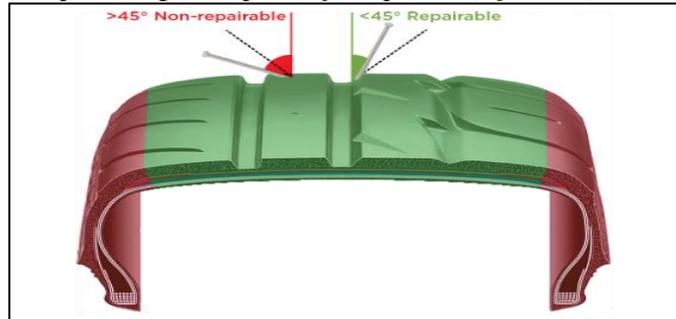
2.3.3 Condições de um furo para reparo

A localização do furo, causada por objetos pontiagudos, é um fator decisivo. As regras estipulam que os reparos em pneus devem permanecer na área central dos três quartos da banda de rodagem, conhecida como a "área de reparo menor". Além disso, se o tamanho da perfuração for igual ou superior a 6 mm de diâmetro, nenhum reparo é permitido, em conformidade com as normas (CONTINENTAL TIRES, 2023).

A Bridgestone da Nova Zelândia (2023) afirma, em consonância com a Continental Tires, que para garantir a segurança ideal dos pneus, somente pneus que sofrem uma perfuração na área da banda de rodagem e que atendem a certos critérios são passíveis de reparo.

A Figura 7 apresenta uma ilustração que exhibe a área de reparo do pneu, que corresponde à área da banda de rodagem, e o limite do ângulo de perfuração permitido para reparos.

Figura 7 – Área de reparo e ângulo de perfuração reparável (*repairable*) e não reparável (*non-repairable*).



Fonte: (BRIDGESTONE, 2023).

De acordo com a ALAPA (2022), existem várias opções de reparo de pneus, cada método de reparo tem suas aplicações específicas. Porém, segundo a Bridgestone do Brasil (2023), as técnicas de reparo, em geral, não são aconselhadas.

2.4 Selantes para pneus automotivos

Segundo a norma NBR 9239 da ABNT (2018), selantes “são produtos com propriedades adesivas, que podem ser formulados com vários materiais, de consistência viscosa, e utilizados para impermeabilizar, vedar e/ou calafetar aberturas, entre duas superfícies com o objetivo de preenchimento”.

O selante para pneus automotivos “pode ser considerado uma resina líquida seladora, que é fabricada à base de fibras”. Quando inserido e espalhado na parte interna do pneu, especificamente na área da banda de rodagem, se transforma num líquido denso, formando um filme uniforme que veda pequenos furos nas regiões afetadas (SOARES, 2022).

Existem diferentes tipos de selantes disponíveis no mercado, e sua utilização requer uma revisão periódica da política de uso. A ALAPA (2022) oferece orientações gerais devido à diversidade de produtos desse segmento, alertando, por exemplo, sobre a importância de o consumidor seguir as instruções fornecidas pelo fabricante do pneu para o seu uso.

2.4.1 Composições dos selantes

De forma geral, segundo o site especializado Multi Seal (2020), os selantes são compostos essencialmente de fibras, as quais constituem o suporte principal do selante, agentes coagulantes, que preenchem os espaços microscópicos para vedar hermeticamente o ar, estabilizadores de suspensão, os quais asseguram que os componentes do produto não se separem, além de anticongelantes e inibidores de corrosão.

Por fim, Singh (2020) afirma que nem todos os selantes são seguros, pois muitos contêm látex ou etileno. O látex contém grandes quantidades de amônia que corrói as rodas e a borracha dos pneus, enquanto o etileno é tóxico. Ele afirma que somente aqueles com propileno são atóxicos e seguros.

2.4.2 Blindagem de pneus automotivos

A blindagem de pneus é o processo de injeção do selante no pneu, embora essa denominação não seja oficializada. Segundo Soares (2022), nesse processo, o selante é espalhado por toda banda de rodagem do pneu, havendo a necessidade de diferentes composições de selante, conforme o porte do veículo, a fim de equilibrar o fator de balanceamento e o fator de viscosidade.

Segundo a produtora de selantes para furos em pneus, Zero Furo (2022), o selante “é aplicado diretamente na válvula de ar, o que permite que o selante para blindagem de pneus aja imediatamente quando o pneu fura”.

Figura 8 – Processo de injeção do selante.



Fonte: (NOMOREPUNCTURES SA, 2017).

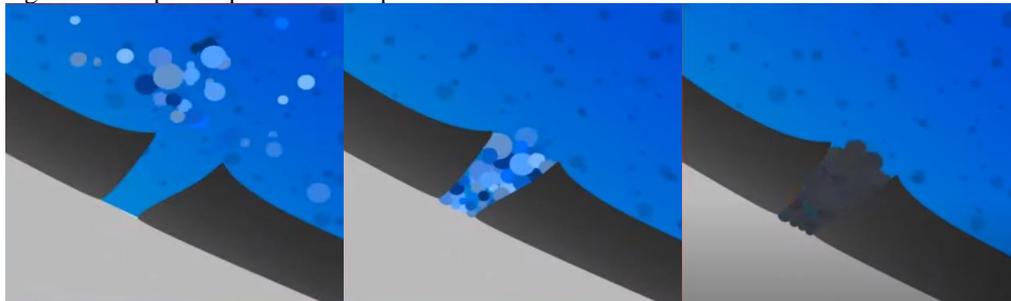
A Figura 8 acima apresenta uma ilustração demonstrando o processo de injeção do selante na parte interna do pneu. Após o selante ser distribuído, ele cobre toda a área interna da banda de rodagem.

2.4.3 Mecanismo de ação

De acordo com Soares (2022), ao ser perfurado por um objeto pontiagudo como, por exemplo, um prego, a pressão interna impele as partículas dispersas no selante para fora, que, por sua vez, reagem com o ar, entrando no estado sólido e impedindo o vazamento.

Esse mecanismo de ação é esquematizado na Figura 9.

Figura 9 – Etapas do processo de reparo de um furo.



Fonte: (NOMOREPUNCTURES SA, 2017).

Mais detalhadamente, conforme o comércio de selantes Multi Seal (2020), quando ocorre um furo na banda de rodagem, a pressão interna do pneu impulsiona as fibras suspensas e agentes coagulantes para o furo. Em muito pouco tempo, de 1 a 3 segundos, as fibras formam um emaranhado no furo, que impede a saída de ar. À medida que o pneu gira, a borracha ao redor do furo se flexiona, acumulando mais fibras no local a cada rotação, até saturar. Ao mesmo tempo, os agentes coagulantes, sendo partículas extremamente pequenas, se acumulam entre as fibras para formar uma vedação hermética permanente.

2.4.4 Desempenho dos selantes

O desempenho do selante depende da sua viscosidade, que deve ser alta, da composição, que deve variar conforme o veículo, da pressão interna do pneu e também da dosagem, a qual deve ser cautelosa para evitar alterações no balanceamento. Além disso, “são necessários os cálculos certos da composição para o produto atender a necessidade do pneu [...]” (SOARES, 2022).

De acordo com a produtora Zero Furo (2022), a performance do produto exige que “o pneu esteja furado dentro das limitações estabelecidas”.

Devido ao fenômeno da permeação do pneu, “que acontece quando há a passagem do ar através da borracha”, é natural que haja uma diminuição de 1 a 3 psi na pressão do pneu a cada mês. Além disso, fatores como a temperatura ambiente e a presença de pequenos defeitos também aceleram a perda de pressão (EUROEX, 2020).

Em vista disso, foi proposta uma metodologia para verificar se o reparo de um furo em pneu automotivo por meio de um selante reparador altera significativamente a manutenção da sua pressão de inflação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste estudo envolveu uma abordagem sistemática para analisar a eficiência de um selante para reparo de furos em pneus na manutenção da pressão de inflação pós-reparo.

Vale ressaltar que a metodologia aplicada visou ser acessível e o menos dispendioso possível no uso de recursos, o que necessariamente limitou a obtenção de dados e, conseqüentemente, o aprofundamento das conclusões.

Esta metodologia consistiu em:

- a) selecionar um pneu e medir sua pressão de inflação;
- b) realizar a aplicação do selante para reparo de furos, espalhando-o devidamente no interior do pneu;
- c) gerar um furo no pneu por intermédio de um prego;

- d) monitorar sua pressão de inflação em diferentes intervalos de tempo; e
 e) analisar os dados registrados perante a literatura vigente.

Para esse experimento, foram necessários os seguintes materiais:

- a) um pneu automotivo, com as identificações descritas na Tabela 2:

Tabela 2 - Propriedades do pneu selecionado.

Propriedade	Pneu selecionado
Nome da fábrica	Dunlop
Modelo do pneu	SP TOURING R1 L OUTSIDE
Características das dimensões e tipos de construção	175/70 R13 82T
Categoria de pneu	Pneu de passeio
Classificação do pneu	Pneu de carga
Largura nominal do pneu (mm)	175
Diâmetro do aro (polegada)	13
Razão nominal de aspecto	70
Capacidade de carga	82
Índice de velocidade	T
Construção do pneu	Radial
Numeração de tradewear	500
Índice de tração	A
Índice de temperatura	B
Resistência ao rolamento	F
Ruído externo (classificação em ondas)	2
Ruído externo (valor)	72
Aderência ao molhado	E
Tubeless x tube type	-
Códigos internos	EU 0212880
Local de fabricação	Brasil
Matrícula DOT	1WCFH DA/R 3321
Estrutura do pneu	PLIES TREAD: POLYESTER + 2 STEEL + POLYAMIDE SIDEWALL: POLYESTER
Carga e pressão máxima	MAX PRESS. 350 kPa (51 psi) MAX LOAD 175 kg (1047 lbs)
INMETRO	001177/2012
Run Flat	Não
DSST	Não
Garantia	5 anos

Fonte: O autor.

b) um prego com comprimento de 30 mm e diâmetro de 1,5 mm, bem abaixo do limite estabelecido pela norma;

c) selante para reparo de furos em pneus, fabricada pela Aeroflex Indústria de Aerossol Ltda, cuja composição consiste em gás propelente (30 – 60%) e trietanolamina (0,5 – 15%), tendo um pH de 9,5 – 10,0 e uma densidade de 0,99 g/ml – 1,01 g/ml.

d) calibrador eletrônico de pneus M4000 com box blindado, resistente a diferentes climas e com funcionamento por ar comprimido ou nitrogênio para mensurar a pressão de inflação antes e após a aplicação do produto, com as seguintes especificações técnicas:

- Entrada de 220V;
- Calibragem de 3 até 145 psi;
- Características de fluxo em pulsos;
- Indicação de pressão em memória (para conferência);
- Início de operação automático ao engatar o bico na válvula do pneu;
- Disparo do alarme da calibragem (BIP);
- Tecla (+) e (-) aumentam e diminuem a pressão;
- Tecla de leitura em bar; e
- Tecla de pneu vazio.

e) balanceadora de rodas 10" a 24" MR70B MR Ribeiro de 220V para espalhar uniformemente o produto no interior do pneu, garantindo que seu balanceamento esteja adequado. Ela atende rodas de até 65 kg e possui uma velocidade de leitura de 7 segundos.

Esta metodologia permitiu uma avaliação abrangente da eficiência dos selantes para reparo de furos em pneus na manutenção da pressão de inflação, com base em dados empíricos coletados e análise apropriada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico, serão apresentados os resultados obtidos na análise da eficiência do selante no que diz respeito à manutenção da pressão de inflação após a realização do reparo de um furo.

4.1 Procedimento experimental

Antes da aplicação do selante, o pneu selecionado teve sua pressão de inflação mensurada pelo calibrador eletrônico, o qual indicou uma pressão de inflação de 32 psi. A Figura 10 exibe como procedeu-se a medição da pressão de inflação do pneu selecionado.

Figura 10 – Medição da pressão de inflação antes da aplicação do selante.



Fonte: O autor.

A princípio, o selante de reparo de furos em pneus foi aplicado de acordo com as instruções descritas na embalagem, a qual adverte para agitá-la bem antes do uso, além de recomendar que a aplicação seja feita com a lata em posição vertical.

Ao longo da transferência do conteúdo para o pneu, a lata deve continuar sendo agitada de vez em quando. A transferência deve ser mantida até que o pneu aparente estar cheio. A Figura 11 mostra a aplicação do selante no pneu, no qual foram injetados 400 milímetros do líquido.

Figura 11 – Aplicação do selante de acordo com as instruções.



Fonte: O autor.

Imediatamente, o pneu deve ser rodado em velocidade baixa para que o produto se espalhe uniformemente pelo seu interior. Para esse fim, foi utilizada uma balanceadora de rodas, a qual garantiu a distribuição uniforme do peso, o que pode ser verificado na Figura 12.

Figura 12 – Espalhamento do produto pela balanceadora de rodas motorizada.



Fonte: O autor.

Logo após, foi gerado um furo no pneu através de um prego de diâmetro igual a 1,5 mm, o que está sequenciado na Figura 13. O prego foi inserido na parte reparável do pneu e em um ângulo dentro do intervalo apropriado, que é de 45° em relação a uma linha perpendicular à banda de rodagem do pneu.

Figura 13 – Geração de furo no pneu.



Fonte: O autor.

Na sequência, a pressão de inflação do pneu foi novamente mensurada pelo calibrador, a qual mostrou um valor igual a 32 psi, conforme a Figura 14, demonstrando inalteração quanto à perda de pressão.

Figura 14 – Mensuração da pressão de inflação após o reparo do furo.

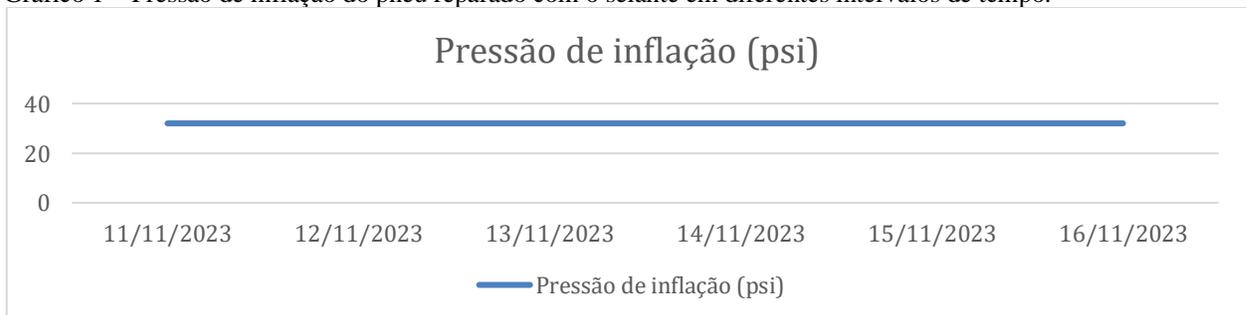


Fonte: O autor.

Por fim, o pneu foi armazenado, em um local apropriado, isto é, protegido da luz solar e de outras fontes de luz e calor, e com arejamento, tendo sua pressão de inflação mensurada em diferentes intervalos de tempo dentro dessas condições, permanecendo em estado estático durante todo o experimento.

No Gráfico 1, é possível verificar que os valores mensurados formam uma linha horizontal ao longo dos seis dias de medição, o que indica a estabilidade do selante em manter a pressão de inflação constante mesmo após o reparo.

Gráfico 1 – Pressão de inflação do pneu reparado com o selante em diferentes intervalos de tempo.



Fonte: O autor.

No próximo subtópico, serão realizadas discussões a respeito das limitações do experimento aqui proposto e sobre o selante como solução para a manutenção da pressão de inflação e no reparo de furos.

4.2 Discussão e limitação dos resultados

Os resultados da monitorização da pressão do pneu tratado com o selante revelaram um desempenho consistente na manutenção da pressão de inflação após a geração do furo. As leituras periódicas demonstraram que o pneu selecionado preenchido com o selante apresentou variação nula na pressão ao longo do período de monitoramento. Esse resultado indica que o selante desempenhou um papel importante na eficiência da manutenção da pressão de inflação após o reparo do furo.

No entanto, vale ressaltar que, para a obtenção desse êxito, foi necessário respeitar determinadas condições, as quais envolveram a qualidade do pneu em estado aceitável e uma perfuração menor que 6 mm e com um ângulo de 45° em relação a uma linha perpendicular à superfície da banda de rodagem. Sem contar que o pneu permaneceu em estado estático durante todo o experimento, não rodando nenhum quilômetro nesse processo. Ademais, a proteção do pneu contra determinadas variáveis ambientais também contribuiu para um resultado positivo.

4.3 Vantagens e desvantagens

Os selantes para reparo de furos em pneus podem se tornar ótimos produtos sob diversos aspectos na manutenção veicular. Essas vantagens foram refletidas durante o desenvolvimento deste trabalho.

Assim, as vantagens dos selantes no que tange à manutenção preventiva incluem a redução do risco de danos secundários, menos paradas para calibragem e conveniência. Já as vantagens dos selantes referentes ao reparo de furos incluem reparo rápido, mobilidade, peso reduzido da embalagem, dispensando ocasionalmente o estepe, que eleva a carga do veículo, e, por fim,

economia de tempo e dinheiro. E, ademais, as vantagens dos selantes em relação à manutenção da pressão de inflação envolvem maior segurança, economia de combustível, maior durabilidade dos pneus e aumento da eficiência operacional.

Mas, apesar de numerosas vantagens, vale ressaltar que os selantes também possuem suas desvantagens, as quais incluem eficiência limitada no que tange à dimensão dos danos, incompatibilidade com TPMS, possível desbalanceamento e restrições de funcionamento em relação à temperatura.

Em suma, pode-se afirmar que o uso de selantes para reparo de furos em pneus automotivos pode ser considerado um produto preventivo e corretivo eficiente dentro dos limites propostos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o trabalho acima, cumpriu-se o objetivo de avaliar um selante selecionado na eficiência da manutenção da pressão de inflação após aplicado em um pneu para reparar um furo de dimensões limitadas.

A comprovação dessa eficiência, em condições controladas, representa uma contribuição para a manutenção veicular e na indústria automotiva ao indiciar a viabilidade desse produto como uma solução eficaz para pneus danificados.

Além disso, este trabalho também adverte sobre os riscos da pressão inadequada dos pneus, alertando assim sobre sua importância na segurança rodoviária, sendo esclarecido que, com a pressão adequada, a economia de combustível e a durabilidade dos pneus podem ser aprimoradas, resultando em benefícios econômicos e ambientais.

Vale ressaltar que este trabalho explora uma área ainda não regulamentada devidamente nacional e internacionalmente. Assim, abordar esse tema contribui para o avanço do conhecimento no campo da Engenharia Automotiva e da tecnologia de pneus, oferecendo experimentos concretos de uma proposta de solução para um problema recorrente.

Deve-se esclarecer que, apesar da obtenção de resultados que comprovam a eficiência do selante na manutenção da pressão de inflação, é importante reconhecer as limitações na

metodologia proposta. A princípio, os resultados se baseiam em um conjunto específico de condições de teste e seleção de amostras, o que pode limitar a generalização dos resultados para todas as situações. Além disso, o selante e o pneu utilizados foram escolhidos com base em critérios específicos, o que pode não representar completamente a diversidade de produtos disponíveis no mercado. Outra limitação está relacionada à duração do estudo, uma vez que os efeitos ao longo de períodos mais longos podem variar. Portanto, é importante considerar essas limitações ao aplicar os resultados em diferentes contextos e cenários. Futuras pesquisas podem abordar essas limitações e aprofundar a compreensão sobre a eficiência dos selantes para pneus automotivos em uma variedade de condições.

Assim, é fundamental interpretar os resultados com cautela e reconhecer essas limitações ao propor conclusões e recomendações com base nos dados obtidos. A busca contínua por melhorias na metodologia e a consideração cuidadosa desses fatores podem aprimorar a precisão e a aplicabilidade das descobertas deste estudo.

Por fim, o presente trabalho, após uma análise específica e sistemática, comprovou a eficiência de um selante para reparo de furos na manutenção da pressão de inflação em um pneu automotivo com um furo reparado, em um experimento controlado, no qual foram respeitadas condições específicas. Este estudo não apenas sinaliza a importância dos selantes como uma possível alternativa no reparo de pneus danificados, mas também destaca seu potencial impacto positivo no campo automotivo, reforçando sua relevância tanto para acadêmicos quanto para profissionais da indústria e motoristas.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR NM 225**: Critérios Mínimos de Seleção de Pneus para Reforma e Reparação - Inspeção e Identificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ABNT. **NBR NM 224**: Conjunto pneumático - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT. **NBR 9239**: Adesivos - Terminologia. 3ª. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ALAPA. **Manual de Normas Técnicas**. Monções: Associação Latino-Americana de Pneus e Aros, 2021.

III Jornada Científica de Engenharia, Arquitetura e Tecnologia – 27 e 28/11/2023

ALAPA. **Manual de Recomendações sobre Uso, Manutenção e Segurança**. Monções: Associação Latino-Americana de Pneus e Aros, 2022.

ANIP. Dicas de Manutenção. **Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos**, 2018. Disponível em: <<https://www.anip.org.br/dicas-e-manutencao/>>. Acesso em: 4 Maio 2023.

BRIDGESTONE. Conserto de Pneu, Conheça 4 Tipos. **Bridgestone**, 2023. Disponível em: <<https://www.bridgestone.com.br/pt/sobre-nos/dicas-bridgestone/conserto-de-pneu-conheca-4-tipos>>. Acesso em: 28 Setembro 2023.

BRIDGESTONE. Puncture Repair. **Bridgestone**, 2023. Disponível em: <<https://www.bridgestone.co.nz/services/tyre-services/puncture-repair>>. Acesso em: 28 Setembro 2023.

CLUBE DA BORRACHA. Informações Técnicas do Pneu. **Clube da Borracha**, 2020. Disponível em: <<https://www.clubedaborracha.com.br/informacoes-tecnicas-pneu>>. Acesso em: 4 Maio 2023.

CONTINENTAL TIRES. What you can and cannot repair on a flat tire. **Continental Tires**, 2023. Disponível em: <<https://www.continental-tires.com/products/b2c/tire-knowledge/tire-repair/>>. Acesso em: 28 Setembro 2023.

EUROEX. Baixa pressão nos pneus tem efeitos trágicos no trânsito. **Euroex**, 2020. Disponível em: <<https://blog.euroex.com.br/pneus-murchando-rapidamente/>>. Acesso em: 9 Maio 2023.

GUIA PNEUS. O que é pneu radial? Descubra! **Guia Pneus**, 2023. Disponível em: <<https://guiapneus.com/pneu-radial/>>. Acesso em: 27 Setembro 2023.

INMETRO. **Portaria nº 433, de 15 de outubro de 2021**. Brasília: INMETRO, 2021.

MULTI SEAL. Are all sealants created equal. **Multi Seal**, 2020. Disponível em: <<https://multiseal.us/are-all-sealants-created-equal/>>. Acesso em: 5 Maio 2023.

NACCARI, F. Etiqueta do pneu: descubra o que significam essas informações nos carros. **InstaCarro**, 2021. Disponível em: <<https://www.instacarro.com/blog/dicas/etiqueta-do-pneu-do-carro/>>. Acesso em: 4 Maio 2023.

NOMOREPUNCTURES SA. How Tyre Sealant Works. **YouTube**, 11 Julho 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=L4OPqnAcFmU&t=1s&ab&ab_channel=NoMorePunctureSASStayinMotion>. Acesso em: 9 Maio 2023.

SINGH, K. Should You Use Tyre Sealants ? Pros And Cons Explained. **Tyre Plex**, 2020. Disponível em: <<https://www.tyreplex.com/news/should-you-use-tyre-sealants-pros-and-cons-explained>>. Acesso em: 10 Outubro 2023.

SOARES, S. Selante de pneu funciona? Conheça esse serviço e como fazer. **Acquazero**, 2022. Disponível em: <<https://www.acquazero.com/selante-de-pneu/>>. Acesso em: 27 Abril 2023.

TIRE WIKI. Parts Of Tire: Associated Parts And Dimension. **Tire Wiki**, 2023. Disponível em: <https://thetirewiki.com/parts-of-a-tire/?expand_article=1>. Acesso em: 27 Setembro 2023.

U.S. TIRE MANUFACTURERS ASSOCIATION. What's in a tire. **U.S. Tire**, 2020. Disponível em: <<https://www.ustires.org/whats-tire-0>>. Acesso em: 4 Maio 2023.

ZERO FURO. O que é blindagem de pneu? **Zero Furo**, 2022. Disponível em: <<https://www.zerofuro.com.br/o-que-e-blindagem-de-pneu/>>. Acesso em: 09 Outubro 2023.