

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Mecânica Automobilística

FELIPE CÉSAR GROETAERS OLIVEIRA

USO DE SUSPENSÃO PNEUMÁTICA EM VEÍCULOS COMERCIAIS

SANTO ANDRÉ

2022

FELIPE CÉSAR GROETAERS OLIVEIRA

USO DE SUSPENSÃO PNEUMÁTICA EM VEÍCULOS COMERCIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso entregue à Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecânica Automotiva.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Bortolussi

**SANTO ANDRÉ
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

O482

Oliveira, Felipe Cesar Groetaers

Uso da suspensão pneumática em veículos comerciais /
Felipe Cesar Groetaers Oliveira. - Santo André, 2022. –
34f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, 2022.

Orientador: Prof. Roberto Bortolussi

1. Mecânica. 2. Veículos comerciais. 3. Suspensão
pneumática. 4. Tecnologia. 5. Suspensão. 6. Bolsa de ar.
7. Feixe de mola. I. Uso da suspensão pneumática em
veículos comerciais.

629.2

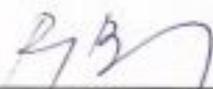
LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 14 de dezembro de 2022.

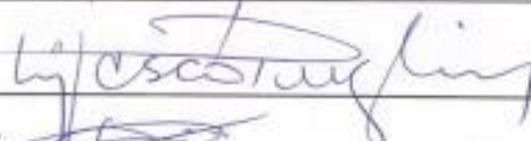
LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA: "USO DE
SUSPENSÃO PNEUMÁTICA EM VEÍCULOS COMERCIAIS" DOS
ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:
PROFº ROBERTO BORTOLUSSI



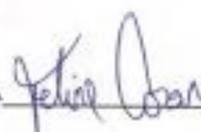
MEMBROS:
PROF. LUIZ VASCO PUGLIA



PROF. CLEBER WILLIAN GOMES

**ALUNO:**

FELIPE CESAR GROETAERS OLIVEIRA



Aos meus familiares, que sempre me apoiaram e me fizeram seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Venho por aqui, agradecer imensamente a todos que me ajudaram nesse trabalho, especialmente meus professores Fernando Garup Dalbo e Roberto Bortolussi, pela ajuda, paciência e incentivo. E minha namorada, Analuza Araújo Magalhães, que me cedeu seu tempo e ajuda sempre que foi necessário.

“Coragem é ir de falha em falha sem perder o entusiasmo”

(WINSTON CHURCHILL)

RESUMO

Quando se ouve sobre bolsas de ar e suspensão pneumática, ou mais conhecida como suspensão a ar, pensa-se em veículos customizados, mas nesse trabalho será apresentado os benefícios da suspensão pneumática em veículos comerciais comparados a suspensão tradicional equipada com feixes de mola. Sistema que é composto por bolsas de ar, no lugar das molas, que inflam e esvaziam, aumentando ou diminuindo a distância do veículo para o solo, fazendo com que problemas com dirigibilidade, devido cargas pesadas ou mal distribuídas, possam ser resolvidos. Algo que ainda é pouco explorado em nosso país, em relação a outros países, mas que quando implementados em veículos comerciais, observar-se um menor desgastes de peças, mais conforto e segurança para cargas e passageiros. Será mostrado os componentes que formam o sistema e qual o papel de cada um, seu funcionamento, seu comportamento no solo e um teste de compressão, para que sua eficácia possa ser comprovada.

Palavras-chave: Suspensão pneumática. Bolsa de ar. Feixes de mola.

ABSTRACT

When hear about air bags and air suspension, or better known as air suspension, people think about customized vehicles, but this work will present the benefits of air suspension in commercial vehicles compared to traditional suspension equipped with spring beams. System that is composed of air pockets, instead of springs, which inflate and deflate, increasing or decreasing the distance from the vehicle to the ground, making problems with handling, due to heavy loads or poorly distributed, to be easily solved. It's still little explored in our country, compared to other countries, but when implemented in commercial vehicles, we can observe less wear of parts, more comfort and safety for cargo and passengers. The components that make up the system will be shown and the role of each one, its operation, its behavior on the ground and a compression test, so that its effectiveness can be proven.

Keywords: Pneumatic suspension. Air bag. Leaf spring.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Truffault-Hartford's Shock Absorber	13
Figura 2 - Suspensão Independente e Dependente	16
Figura 3 - Modelo MacPherson	17
Figura 4 - Modelo Duplo "A"	18
Figura 5 - Modelo Multilink	18
Figura 4 - Suspensão Pneumática Volvo FH	19
Figura 7 - Feixes de mola	21
Figura 8 - Sistema de suspensão pneumática para veículos pesados	22
Figura 9 - Bolsa de ar de base cônica	26
Figura 10 - Composição de uma bolsa de ar gomada	26
Figura 11 – Feixe de mola de ação linear	27
Figura 12 – Feixe de mola de ação progressiva	28
Figura 13 – Bolsa de ar usada para o teste	30
Figura 14 – Bolsa de ar com suporte para o teste	30

Lista de Siglas e Abreviaturas

Truffault-Hartford's Shock Absorber – Sistema de absorção de impacto de Truffault - Hartford

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NVH - Noise, vibration and harshness

mm – Milímetros

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo	13
1.2 Motivação	13
1.3 Conteúdo	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Suspensão	15
2.2 Funcionamento do Sistema de Suspensão	15
2.3 Tipos de suspensões	16
2.3.1 Suspensão Dependente	16
2.3.2 Suspensões Independentes	17
2.3.3 MacPherson	17
2.3.4 Duplo “A”	17
2.3.5 Multilink	18
2.3.6 Suspensão Pneumática	18
2.4 Molas	20
4 SUSPENSÃO PNEUMÁTICA PARA VEÍCULOS COMERCIAIS	21
4.1 Funcionamento da Suspensão Pneumática	22
4.2 Vantagens	23
4.3 Desvantagens	23
4.4 Desgaste e Manutenção	24
5 COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMA PNEUMÁTICO E CONVENCIONAL	25
5.1 Bolsa de Ar	25
5.1.1 Materiais e Componentes	26
5.2 Feixe de Molas	27
5.2.1 Materiais e Componentes	28
5.3 Comparação entre Feixe de Mola e Bolsa de Ar	28
6 ENSAIO DE COMPRESSÃO COM BOLSA DE AR	28
7 CONCLUSÃO	31
7.1 Conclusões Finais	31
7.2 Propostas Futuras	31
8 REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Tudo ao nosso redor está em constante evolução. Conforme o tempo passa, a população aumenta e a demanda para supri-la aumenta ainda mais. São necessários meios de transporte para levar e trazer o que é necessário, sejam, pessoas, objetos, alimentos etc. Para se transmitir conforto e segurança, tanto para cargas e passageiros, o sistema de suspensão é de extrema importância, porque é um dos principais responsáveis por absorver as imperfeições da via e dissipar a energia, minimizando os impactos que chegam na carroceria.

A história da suspensão caminha lado a lado com a história dos veículos, já que, desde o tempo que se usava carroça, havia um sistema de suspensão presente. O processo de fundição de ferro beneficiado, segundo a Encyclopædia Britannica (2022), desenvolvido por Henry Bessemer em 1856, conhecido como processo de Bessemer para a fabricação de aço, permitiu que fossem utilizadas molas feitas de aço temperado em veículos, essas molas tinham o conceito de feixe de mola, utilizado até os dias atuais. Até 1899 os veículos não utilizavam elemento amortecedor de impacto, apenas molas, que permitiam flexão no eixo do veículo. Neste ano, Edward V. Hartford conheceu J. M. M. Truffault, que acabara de vencer uma corrida de bicicletas, sua bicicleta era equipada com suspensão dianteira, que tinha um garfo suspenso por molas e elemento de amortecimento, que evitava a dianteira pular em excesso. Edward viu o potencial dessa ideia, se juntou com Truffault para criar então, segundo o portal de informações automotivas Flatout (2016), o primeiro amortecedor da história, o Truffault-Hartford's Shock Absorber (Figura 1) foi instalado em um Oldsmobile para ser apresentado ao público. Este amortecedor tinha um parafuso que prendia as alavancas e borrachas, onde você poderia apertá-lo para uma suspensão mais rígida ou afrouxá-lo para um sistema menos rígido. Além de ser o primeiro amortecedor da história, foi também o primeiro sistema de suspensão regulável.

Figura 1 – Truffault – Hartford’s Shock Absorber



Fonte: Pre War Car (2015)

De 1899 aos dias atuais, o sistema de suspensão regulável foi evoluindo, foram criados outros tipos e outras formas de regulagem da suspensão, como a suspensão pneumática, que utiliza bolsas de ar e compressores, para regulagem. Onde se insere ar nas bolsas para elevar a altura, e retira o ar para diminuir a mesma, muito utilizado em veículos comerciais e veículos modificados para uma melhor escolha de altura em todos os tipos de terreno e condições enfrentadas, tanto pelo caminho, como pela carga transportada.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é demonstrar as vantagens da suspensão pneumática utilizada em veículos comerciais, buscando levar informações sobre um sistema tão utilizado em outros países da América e da Europa, que ainda é pouco explorado em nosso território, sanando dúvidas e mitos sobre esse sistema de suspensão e seus componentes, levando o conhecimento para quem busca aprender e se informar sobre o assunto.

1.2 Motivação

A escolha da realização do trabalho em cima desse tema, baseia-se no número de veículos comerciais que temos no Brasil, que segundo o IBGE (2021), (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) o número total de caminhões registrados em 2020, é de 2.879.080, e entre ônibus e micro-ônibus, são 1.080.499

veículos, sem contar com reboques, semi-reboques, caminhonetes e camionetas, que juntos somam cerca de 15 milhões de veículos. A grande maioria utiliza sistemas convencionais de suspensão com feixes de mola, que em uma grande parte das vezes pode ser a melhor escolha, porém com rodovias e ruas cada vez mais danificadas pelo excesso de peso, falta de manutenção, até mesmo falta de verba e planejamento, a suspensão que utiliza feixes de mola, acaba passando mais impacto para o veículo, gerando desconforto e prejuízos ao veículo, as cargas, aos pneus e aos passageiros. Em inúmeros casos isso pode ser diminuído com a substituição pela suspensão pneumática, que pode gerar um melhor nivelamento para cada tipo de solo.

1.3 Conteúdo

Nesse trabalho será apresentado a funcionalidade e frequência de funcionamento da suspensão nos veículos, focando no estudo da suspensão pneumática e seus componentes, analisando sua aplicabilidade em veículos comerciais, que será dividido nas seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica do sistema de suspensão: será apresentado o funcionamento da suspensão, sua importância para os veículos, os tipos existentes e alguns componentes;
- Suspensão pneumática para veículos comerciais: será apresentado o sistema pneumático utilizado em veículos comerciais, como seus tipos, componentes, vantagens e desvantagens;
- Comparação entre sistema pneumático e convencional: será apresentado os componentes que formam a bolsa de ar e o feixe de molas e algumas vantagens e desvantagens de ambas;
- Ensaio de compressão com a bolsa de ar: será apresentado o estudo teórico do ensaio de compressão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Suspensão

O sistema de suspensão, de acordo com o site da fabricante de peças automotivas Nakata (2018), é um conjunto de componentes que funcionam juntos ligando o chassi às rodas do veículo, garantindo que elas estejam em contato com o solo, que os impactos sofridos por elas sejam absorvidos, que todos os ocupantes tenham conforto nos mais variados tipos de estradas.

Esse sistema é composto por elementos flexíveis, os principais são os amortecedores, barra estabilizadora e molas. Eles atuam juntos para promover conforto, estabilidade e segurança ao veículo

2.2 Funcionamento do Sistema de Suspensão

A suspensão tem por finalidade dar conforto aos ocupantes e garantir a estabilidade do veículo em manobras e frenagens, segundo o site da fabricante de peças automotivas Nakata (2018), o funcionamento dela é exigido desde o momento da instalação do sistema no carro, durante a instalação, o sistema de suspensão já realiza o trabalho de suportar o peso da carroceria do veículo, além de manter uma distância preestabelecida entre o chassi e as rodas. Já em movimento, a suspensão mantém todas as rodas em contato com o solo, com a ajuda das molas e dos amortecedores.

Esses componentes regulam toda a ação da suspensão. Ao passar por um buraco, por exemplo, a mola se estica e se comprime. O amortecedor controla esse movimento, atuando na oscilação da mola. Em conjunto, essas duas peças dissipam a perturbação gerada pelo buraco, com a ajuda também do pneu

Quando o veículo entra em uma curva ou realiza manobras, a mola exerce uma força contra a carroceria, fazendo com que ela não incline muito. Por consequência, o veículo não derrapa nem sai pela tangente devido ao excesso de peso em um só lado. Para auxiliar nas curvas, também há ação da barra estabilizadora, que liga as duas colunas da suspensão e transmite a força igualmente para os dois lados.

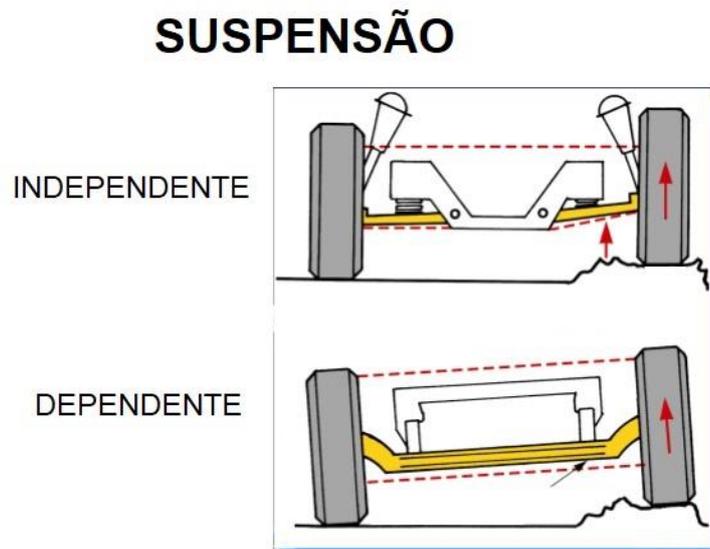
Já nas frenagens, o sistema de suspensão atua equilibrando a força por toda a carroceria. Isso evita um efeito gangorra, o que prejudicaria a ação e faria com que o veículo levasse mais tempo para frear em uma situação de emergência.

2.3 Tipos de suspensões

Todos prezam por automóveis estáveis e confortáveis, a suspensão do veículo é o principal responsável por garantir esses benefícios ao veículo e, o condutor, ter uma agradável experiência ao dirigir.

Existem muitos tipos de suspensão, cada uma adequada ao propósito de cada veículo, seja ele, comercial, de passeio, etc. Segundo o site da fabricante de peças automotivas Nakata (2018), entre elas estão a Suspensão Dependente, as Suspensões Independentes (Figura 2) que pode ser classificada como, Telescópica ou MacPherson, Duplo “A” e Multilink e Suspensão Pneumática ou a Ar.

Figura 2 - Suspensão Independente e Dependente



Fonte: Educação Automotiva (2018)

2.3.1 Suspensão Dependente

Segundo Coelho (2015), em um sistema de suspensão dependente as rodas do lado direito e esquerdo do veículo estão conectadas, geralmente usa um eixo rígido, que se estende por toda largura de seu quadro, como as rodas dos lados estão ligadas a esse eixo, elas trabalham em conjunto, respondem a condições de estrada como um par.

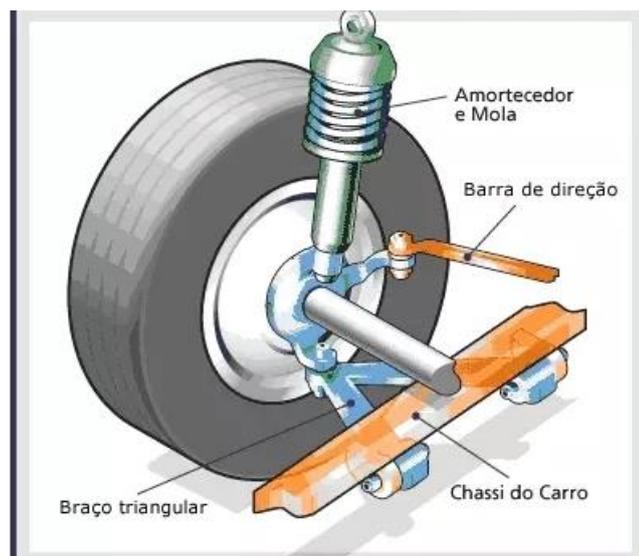
2.3.2 Suspensões Independentes

O sistema de suspensão independente, segundo o site Educação Automotiva (2018), não utiliza um único eixo para ligar as rodas, cada roda, nesse sistema, reage separadamente em caso de imperfeições na via. Fornecem maior conforto e percurso de suspensão.

2.3.3 MacPherson

Conforme Coelho (2015), o sistema MacPherson (Figura 3) é um sistema de suspensão independente, mais utilizada para a suspensão dianteira de veículos de pequeno e médio porte, usada também na suspensão traseira de veículos com motor dianteiro. Por ser um sistema com um número pequeno de peças e ter pouco peso, o espaço utilizável do motor pode ser aumentado.

Figura 3 - Modelo MacPherson



Fonte: Tudo Sobre Automóveis (2010)

2.3.4 Duplo "A"

O sistema Duplo "A" (Figura 4) é mais voltado para veículos de competição, também conhecido como Double Wishbone, segundo o site Educação Automotiva (2018), possui um comportamento excelente na obtenção de estabilidade e comportamento dinâmico devido ser independente e ao seu peso e tamanho, permite a montagem de molas e amortecedores na horizontal e vertical, comprimindo ou distendendo conforme a necessidade.

Figura 4 - Modelo Duplo “A”

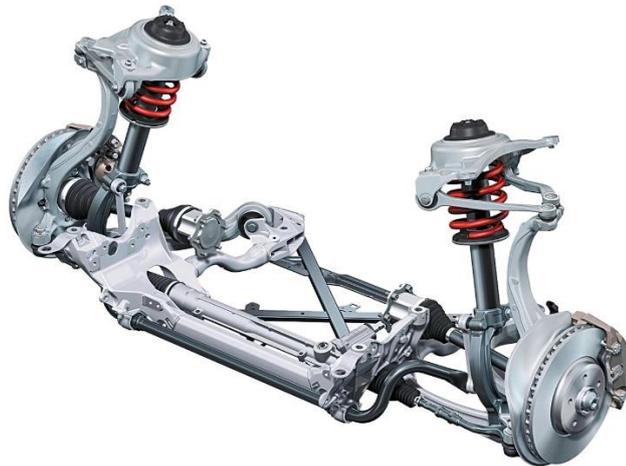


Fonte: Imohr (2022)

2.3.5 Multilink

O sistema Multilink (Figura 5), segundo o site da fabricante de peças Nakata (2018), vem da evolução do sistema Duplo “A”, este sistema é independente nas quatro rodas, entrega conforto e estabilidade com baixo peso e ótima versatilidade. Não possui um formato padronizado, podendo ser projetado de modo diferente dependendo da aplicação.

Figura 5 - Modelo Multilink



Fonte: Quatro Rodas (2021)

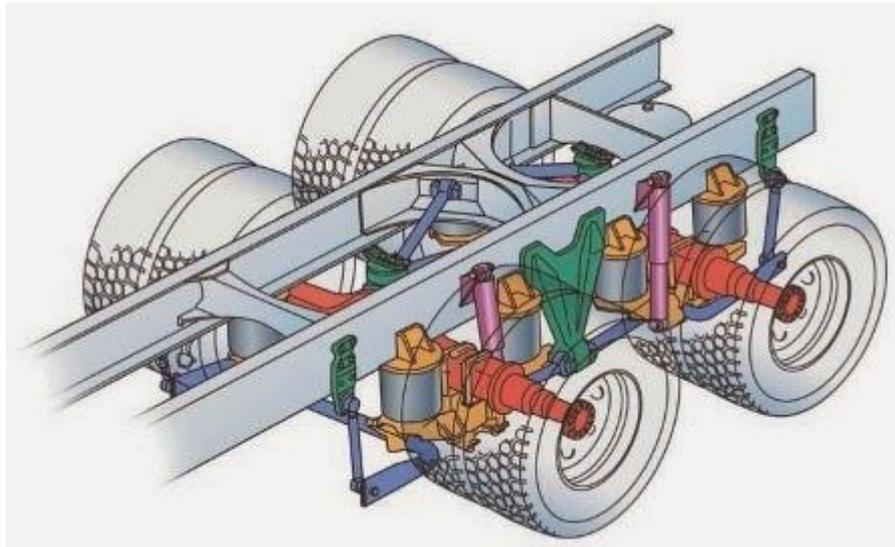
2.3.6 Suspensão Pneumática

O sistema de suspensão Pneumática é um sistema regulável de maior facilidade de ser utilizado por ser controlado através de controles e botões, evitando contato direto com a suspensão. Muito utilizado em veículos comerciais, como

ônibus, caminhões e caminhonetes, e em veículos customizados. Garante conforto e estabilidade.

No lugar das molas do veículo entram as bolsas de ar (Figura 6), estas bolsas podem ser infladas, deslocando a carroceria do veículo, para que se obtenha compensação de carga adicional ou reboque, nivelando o mesmo.

Figura 6 – Suspensão Pneumática Volvo FH



Fonte: Mundo dos Pesados (2013)

Segundo Vilanova (2015), sua função é absorver a energia gerado por irregularidades e suportar o peso da carga carregada. O impacto sentido nos pneus é transmitido para as bolsas de ar, que por meio da compressão de ar, transformam essa energia de impacto em calor. O ar é liberado, determinando a frequência de vibração do veículo, quanto mais baixa ela for, maior será o conforto.

Atualmente existem três principais tipos de suspensão pneumática, são elas:

Circuito único: O sistema é instalado somente em um eixo do veículo, pode ser no eixo traseiro ou no eixo dianteiro. No caso do eixo traseiro, a rigidez pode ser ajustada dependendo da carga do veículo. As bolsas de ar são controladas por uma única válvula solenoide e são bombeadas uniformemente;

Circuito duplo: O sistema é instalado em ambos os eixos do veículo, sendo controlado por diferentes válvulas. O motorista pode escolher o próprio padrão de pressão para cada um dos eixos.

Quatro circuitos: É o sistema mais complexo, porém também é o mais funcional, pois nesse sistema cada roda pode ser ajustada. Nesse sistema há necessidade de utilização de uma unidade de controle eletrônico que, junto com os sensores, ajusta de forma automática a pressão dos elementos pneumáticos.

Diferente das suspensões tradicionais, a suspensão pneumática possui bolsas de ar que substituem as molas convencionais, mas para que essas bolsas possam inflar e desinflar são necessários outros componentes, os principais são:

- Compressor gera o ar comprimido;
- Reservatório armazena o ar;
- Mangueiras enviam o ar para as bolsas;
- Sensores que monitoram a altura do sistema e o ar no circuito;
- Medidor de pressão;
- Válvulas solenoides que controlam o fluxo de ar;
- Válvulas niveladoras que nivelam as bolsas de ar conforme o movimento e necessidade.

Esses são componentes que são encontrados na maioria dos sistemas de suspensão pneumática, porém existem uma infinidade de componentes que podem ser utilizados, dependendo do veículo e sua utilização, como suportes, outras válvulas, fixadores, etc.

2.4 Molas

Há diversos tipos de sistemas de suspensão, segundo o site de peças automotivas Nakata (2018), porém há componentes em comum entre eles, variando a quantidade envolvida no projeto e a forma da peça. Um exemplo de componente é a mola, encontrada em todos os tipos de suspensão veicular.

Na suspensão, a mola tem três tipos principais: feixe de mola (Figura 4), mola helicoidal e molas de torção, mais conhecidas como barra de torção. Ela também pode aparecer de outras formas, como a bolsa de ar, no caso de veículos com sistema de suspensão pneumática.

Sua função é proporcionar conforto absorvendo a irregularidade do solo, trabalhando junto com o amortecedor. Ela também tem a função de sustentar o peso do veículo, mantendo a carroceria distante das rodas.

Figura 7 - Feixes de molas



Fonte: Molas Brasileiras (2016)

4 SUSPENSÃO PNEUMÁTICA PARA VEÍCULOS COMERCIAIS

Caminhoneiros que passam muitas horas dentro de um caminhão sofrem bastante com o NVH (“noise, vibration and harshness” que significa ruído, vibração e aspereza), isso pode causar dores, fadiga e perda de audição entre outros malefícios, pois sabe-se que a fadiga pode causar graves acidentes. A suspensão pneumática gera conforto tanto para o motorista quanto para a carga, pode-se afirmar isso pois gera muito menos vibrações, evitando danos à carga transportada.

Segundo o site da Revista Transporte Mundial (2017), revista que escreve sobre transporte rodoviário de carga e passageiros, por conta das condições precárias das rodovias brasileiras, há uma certa resistência por parte dos motoristas sobre a suspensão pneumática, por temerem um gasto maior com reparos. Sendo um dos principais motivos para utilização da suspensão pneumática, evitar danos ao veículo, carga e saúde do motorista.

Em veículos pesados há válvulas niveladoras, que são responsáveis pelo nivelamento da altura do veículo. Essas válvulas possuem um tipo de alavanca que fica acoplada a bolsa de ar, quando há uma carga mais pesada ou uma imperfeição na via, a bolsa de ar se comprime ou estica, acionando essa alavanca, onde será identificado se a bolsa necessita de mais ou de menos ar para o nivelamento da

carroceria do veículo. Dependendo do veículo e utilização, pode ser que haja apenas uma válvula niveladora em cada lado ou mais de uma.

A suspensão pneumática (Figura 5) proporciona um melhor manuseio do veículo, pois as bolsas compensam o ar ao nível que o caminhão se desloca e enfrenta obstáculos, evitando vibrações, fazendo com que os componentes do caminhão sofram menos desgastes.

Figura 8 - Sistema de suspensão pneumática para veículos pesados



Fonte: Caminhões e Carretas (2016)

4.1 Funcionamento da Suspensão Pneumática

Sabe-se que a suspensão pneumática proporciona a possibilidade de alterar a distância entre o solo e o veículo, mas para isso ela necessita de componentes para seu funcionamento.

O ar passa pelo elemento filtrante e entra na câmara de compressão, onde um pistão dimensionado o comprime. Agora comprimido, o ar passa por uma mangueira e entra no filtro de ar, para eliminar impurezas como poeira e água. Após filtrado ele é armazenado em um cilindro. Ao passar por essa fase ele segue para o conjunto de válvulas solenoides que, quando acionadas, mandam ou retiram a quantidade exata de ar que cada bolsa necessita. Para chegar até as bolsas, o ar é transportado por mangueiras, geralmente de poliuretano ou de malha prensada, em conjunto com as válvulas, as mangueiras determinam a vazão da suspensão, quanto maior o diâmetro, mais rápida é a vazão. Para controlar esse sistema é usado um gerenciador eletrônico, muitas vezes usados juntos com manômetros, para monitoramento da pressão.

4.2 Vantagens

Como citado anteriormente, a suspensão pneumática para veículo pesados resulta em maior conforto, porém essa não é a única vantagem do sistema, ele apresenta diversas vantagens para o veículo, para o motorista e para a carga.

Deve-se levar em consideração que essas vantagens só serão alcançadas se o motorista tomar os cuidados necessários com o caminhão e com a suspensão, evitando ultrapassar o limite de peso permitido pelo fabricante, realizando manutenções preventivas na suspensão, tomar os cuidados necessários para que o caminhão e seus componentes estejam sempre em boas condições, caso contrário a suspensão não atingirá todo seu potencial, podendo gerar mais desvantagens do que vantagens.

A principal vantagem da suspensão pneumática é a redução da vibração, com a redução da vibração a carga e o motorista sentem menos impactos, fazendo com que a carga sofra muito menos danos, bom para cargas frágeis, o motorista tem uma experiência mais confortável na condução.

Outras vantagens são:

- Maximização do conforto;
- Diminuição do desgaste dos pneus;
- Adequação e nivelção da carga;
- Nivelção do assoalho da carreta com a plataforma de embarque;
- Redução de danos à rodovia;
- Não afeta a regulagem dos faróis;
- Custo mais baixo de manutenção;
- Compensa a inclinação do veículo;
- Permite que a distância entre o chão e o veículo seja constante;
- Ausência de pontos de lubrificação;
- Baixa produção de ruído;

4.3 Desvantagens

Infelizmente nenhum sistema é perfeito e apresentam desvantagens, no caso do sistema pneumático não é diferente, algumas das suas desvantagens são:

- Maior custo de instalação;

- Fugas de ar;
- Requer mais manutenção que a suspensão tradicional;

4.4 Desgaste e Manutenção

O sistema de suspensão pneumática necessita de manutenção, como todo sistema de suspensão, pois com o tempo ele sofrerá com o desgaste de peças. O motorista precisa ficar atento aos sinais que o veículo apresenta e as manutenções de rotina.

Esse sistema, segundo Vilanova (2015), sofre com diversos problemas, um deles, que é bastante comum, é o vazamento de ar das bolsas, pois com o passar do tempo, os componentes de borracha vão se deteriorando, causando fissuras por onde o ar acaba escapando, acarretando menos absorção de choques e solavancos na estrada. A altura do veículo pode cair e abaixar onde há a fissura, o motorista poderá reparar que o compressor estará constantemente em funcionamento para tentar suprir essa falta de ar. Por isso é importante a manutenção preventiva e a troca das bolsas quando for percebido desgaste e ressecamento da borracha.

Outro problema comum é a umidade excessiva no sistema. O ar comprimido contém umidade que pode acumular-se e causar danos, como ferrugem e corrosão, esse problema pode afetar a capacidade de nivelamento, o compressor e o desempenho geral da suspensão. Em sistemas mais atuais é implementado um separador de umidade, para evitar esse tipo de problema.

O compressor de ar também é uma peça que pode apresentar problemas, por ser o responsável por manter as bolsas de ar infladas, pode apresentar mau funcionamento quando está sobrecarregado, funcionando com mais frequência do que o normal, isso conduz ao desgaste prematuro do componente. Uma forma de verificar se o compressor está com problemas é verificar a altura do veículo, se ele estiver mais baixo que o normal, o compressor pode não estar funcionando como deveria. Os ruídos também podem indicar mal funcionamento, o rangido ou chiado indicam problema no motor ou no ventilador.

Devido todos esses problemas, se torna importante os cuidados preventivos com a suspensão, assim há a diminuição de problemas, pois pode ser feito o reparo ou a troca da peça antes de provocar danos e a até a falha completa do sistema.

5 COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMA PNEUMÁTICO E CONVENCIONAL

Até o ano de 2020 o número de veículos comerciais e de carga no Brasil somavam cerca de 15 milhões de veículos, contando com reboques, semi-reboques, caminhonetes e camionetas, segundo dados do IBGE (2021), a maioria deles com sistema convencional, que utiliza feixe de molas, sistema muito utilizado há anos, por ser bastante eficiente, porém em muitos dos casos a suspensão pneumática seria mais eficaz.

Em veículos que precisam carregar cargas de peso elevado e ônibus seria de grande vantagem o uso da suspensão pneumática. Porém em nosso país a utilização desse sistema ainda é pouco explorado, comparado com países da Europa e América do Norte, e por ser um país que depende muito dos caminhões. Devido à necessidade crescente de redução de custos, ao aumento do preço dos combustíveis e outras necessidades de mercado, é uma questão de sobrevivência para as transportadoras que sua frota seja eficiente.

Para entender a vantagem da troca desses componentes temos que entender o tipo de molas de ambos os modelos. O sistema pneumático utiliza eixo rígido com bolsas de ar, já o sistema convencional, utiliza feixes de molas no lugar das bolsas.

5.1 Bolsa de Ar

Uma bolsa de ar ou mola pneumática, como também é conhecida, é um conjunto formado por um fole feito de camadas de borrachas reforçadas por tecidos cordanel de alta resistência fechado por fixações metálicas formando um reservatório impermeável. Esse conjunto é projetado para operar com pressão interna de ar comprimido, podendo também utilizar água ou soluções de água-glicol como fluido interno. Existem tipos de bolsas de ar diferentes, as três mais comuns são: Bolsa de ar de base cônica (Figura 6), bolsa de ar reta e bolsa de ar gomada.

Figura 9 - Bolsa de ar de base cônica



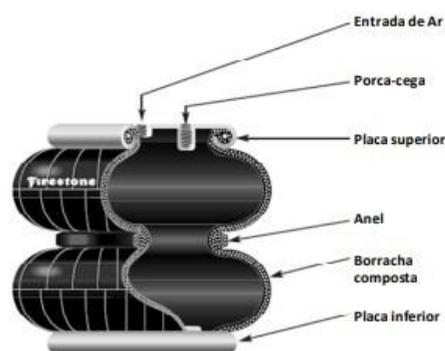
Fonte: Monografia do Leandro Alexis de Donato Paez (2009)

De acordo com Paez (2009, p.9) a borracha se deforma conforme a pressão interna da bolsa, tanto axialmente como no plano perpendicular, as fixações metálicas dependem da pressão interna para exercer o movimento.

5.1.1 Materiais e Componentes

A bolsa de ar gomada (Figura 7) é composta por uma borracha constituída de quatro camadas:

Figura 10 - Composição de uma bolsa de ar gomada



Fonte: Monografia do Leandro Alexis de Donato Paez (2009)

- Invólucro externo: Capa externa de borracha calandrada;
- Camada secundária: Camada de borracha reforçada, com as fibras em direções com ângulos específicos em relação à camada primária;
- Camada primária: Camada de borracha reforçada.

- Delineador interno: Camada interna de borracha calandrada.

De acordo com Paez (2009, p.9), para pressões muito elevadas, é utilizada a bolsa de ar gomada, que é composta por quatro camadas de borracha reforçada que devem ser completamente impermeáveis e resistir a determinadas pressões, composição padrão dessas bolsas Firestone. A entrada de ar é geralmente de 6,4 mm (milímetros), e situa-se no centro da placa superior. Uma porca-cega é utilizada como elemento de segurança, em caso de pressões muito acima de projeto venham a surgir dentro da mola. A placa superior é constituída de aço-carbono, e é fabricada e testada de maneira a garantir total vedação. O anel intermediário é feito de alumínio e serve para restringir a deformação no plano perpendicular ao eixo axial. A borracha composta é formada por 4 camadas, e a placa inferior é idêntica à superior, porém sem a porca-cega e a entrada de ar.

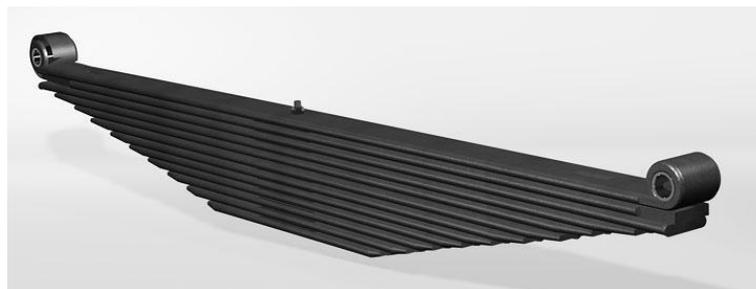
5.2 Feixe de Molas

Utilizado na maioria dos veículos de carga, segundo o site da fabricante de peças para caminhões Sergomel (2022), os feixes de mola têm como sua principal vantagem suportar grandes massas sem comprometer o comportamento dinâmico, eles atuam nos sistemas de suspensão de eixo rígido como um elástico estrutural. Se trata de um aprimoramento do sistema de barras de torção, são formados por lâminas sobrepostas e que escorregam em cima da outra, com a retirada de carga ou absorção do impacto retornam à posição original, provocando conforto e estabilidade.

Existem dois tipos de feixes de mola:

Feixe de mola de ação linear (Figura 11): Comumente usado onde existe grande variação de carga, possui um Rate constante e elástico, tem esse nome, pois trabalha dobre forma de uma linha reta.

Figura 11 – Feixe de mola de ação linear



Fonte: Gusi (2022)

Feixe de mola de ação progressiva (Figura 12): Muito utilizado na traseira de veículos onde há grande variação de peso, seu Rate é variável, no início constante e elástico e no final macio e mais resistente. Conforme a carga vai aumentando a passagem do Rate acontece de forma progressiva. Proporciona um maior conforto para o veículo vazio e mais resistência quando carregado.

Figura 12 – Feixe de mola de ação progressiva



Fonte: Gusi (2022)

5.2.1 Materiais e Componentes

Os feixes são formados por barras quem podem ser chamadas de lâminas ou folhas, segundo o site da fabricante de peças para caminhões Sergomel (2022), elas são unidas na parte central por um parafuso apelidado de espigão, exceto as barras únicas, chamadas de monoleaf.

Na confecção dos feixes de mola, os materiais aplicados são aços-liga, pois apresentam propriedades mecânicas com alto limite de elasticidade, fadiga e dureza.

5.3 Comparação entre Feixe de Mola e Bolsa de Ar

Devido sua regulagem, Segundo Vilanova (2015), as bolsas de ar são mais indicadas para veículos comerciais, pois possui mais vantagens que o sistema que utiliza feixes de mola, pois como transmite menos vibrações ao veículo, problemas que apareceriam no sistema convencional, como maior desgaste de pneus e peças, dificuldade de acoplamento de cargas e maior custo de manutenção, serão descartados caso o motorista mantenha os cuidados necessários com o sistema.

Mas não pode deixar de lado as vantagens do uso do feixe de molas, por serem feitos de aços-liga são mais resistentes e necessitam de um cuidado menor que as bolsas de ar, tornando suas manutenções mais baratas.

6 ENSAIO DE COMPRESSÃO COM BOLSA DE AR

O objetivo do ensaio de compressão é avaliar a reação de um corpo de prova, material que será submetido ao teste, quando comprimido. Os resultados encontrados

provem da relação entre a deformação linear, obtida pela distância entre as placas que comprimem o corpo, conforme a carga de compressão aplicada.

Nos ensaios de compressão os corpos de prova são submetidos a uma força axial para dentro, distribuída de forma uniforme em toda seção transversal, tende a provocar o encurtamento do corpo. Se o material for frágil, ocorre a ruptura, caso o material seja dúctil não haverá ruptura, mas o ensaio é finalizado quando começa a deformação lateral do corpo.

Para melhor análise do porquê do uso da suspensão pneumática será testada a eficiência de um bolsa de ar, e para isso, o certo a se fazer é colocá-las em um ensaio de compressão, para que se possa medir a carga em função da pressão.

O corpo de prova, bolsa de ar reta, deve ser centralizado entre as placas da máquina, por isso o motivo das placas construídas para a bolsa, para o corpo de prova ficar plano, para evitar que qualquer ponto seja um concentrador de tensão. O mesmo tem que estar completamente alinhado, para garantir que as forças estejam sempre na mesma direção, evitando que a bolsa dobre.

Durante o processo será observado a reação do corpo de prova, a placa superior da máquina de compressão irá comprimir a bolsa de ar contra a placa inferior, imóvel. As dimensões do corpo influenciam no tipo de deformação, que podem ser classificadas como flambagem, embarrilamento e fratura. Ao fim do teste os resultados são divulgados por meio do gráfico de tensão x deformação e a partir dessas informações será possível saber sobre a deformação elástica, limite de escoamento, deformação plástica, limite de resistência e a dilatação transversal.

Será utilizado uma Bolsa de ar reta (15 cm de altura por 7 cm de diâmetro), com suporte em MDF (13,5 cm de comprimento, 7 cm de largura e 2,3 cm de altura), para uso em veículos de passeio. (Figura 8 e Figura 9).

Figura 13 – Bolsa de ar usada para o teste



Fonte: A autoria própria, (2022)

Figura 14 – Bolsa de ar com suporte para o teste



Fonte: A autoria própria (2022)

7 CONCLUSÃO

7.1 Conclusões Finais

Por meio de estudos, foi comprovado que a suspensão está relacionada diretamente ao conforto e estabilidade do veículo, por isso a importância de saber qual o sistema será mais eficiente para o veículo.

Por conta de problemas técnicos com a máquina que realizaria o teste, o ensaio de compressão da bolsa de ar não foi realizado, não sendo possível trazer o resultado da carga em função da pressão, tornando apenas teórica a conclusão desse trabalho. Foram analisados fatos, componentes e aplicabilidades, para fazer a escolha do melhor sistema, onde haveria menos perdas e malefícios a peças e componentes, presando por uma dirigibilidade melhor e mais confiável.

Por apresentar um número de vantagens superior as desvantagens, compreende-se que o sistema de suspensão pneumática é uma boa escolha a se fazer quando se trata de veículos comerciais, que realizam o transporte de cargas e passageiros. Torna o veículo mais seguro e confortável para seus ocupantes e mais confiável para o transporte de cargas frágeis, porque absorve a energia gerada no solo, por meio de buracos e desgastes da via, transmitindo menos vibrações para a carroceria do veículo.

7.2 Propostas Futuras

Como proposta futura, tem-se como objetivo a realização do ensaio de compressão da bolsa de ar, desenvolvimento ideal para ter uma melhor e mais completa conclusão sobre o uso de suspensão pneumática em veículos comerciais.

8 REFERÊNCIAS

5 tipos de suspensão mais comuns. **Educação Automotiva**, 2018. Disponível em: <https://educacaoautomotiva.com/2018/02/28/5-tipos-suspensao/>. Acesso 13 dez. 2021.

COELHO, A. M. Suspensão independente! Como Funciona?. **Carro de Garagem**, 2015. Disponível em: <https://www.carrodegargem.com/suspensao-independente-como-funciona/>. Acesso 13 dez. 2021.

Como funciona a suspensão a ar de veículos pesados?. **Canal da Peça**. Disponível em: <https://www.canaldapeca.com.br/blog/como-funciona-suspensao-a-ar-pesados/>. Acesso 13 dez. 2021.

CONCEIÇÃO, N. Arnott explica o funcionamento dos sistemas de suspensão pneumática. **Pós Venda**, 2020. Disponível em: <https://posvenda.pt/arnott-explica-o-funcionamento-dos-sistemas-de-suspensao-pneumatica/>. Acesso 13 dez. 2021.

Conheça as vantagens da suspensão pneumática. **Transporte Mundial**, 2017. Disponível em: <https://transportemundial.com.br/conheca-vantagens-da-suspensao-pneumatica/>. Acesso 13 dez. 2021.

CONTESINE, L. Qual foi o primeiro carro equipado com suspensão ajustável?. **Flatout**, 2016. Disponível em: <https://flatout.com.br/qual-foi-o-primeiro-carro-equipado-com-suspensao-ajustavel/>. Acesso 27 ago. 2021.

DUARTE, L. As vantagens da suspensão a ar. **Caminhões e Carretas**, 2016. Disponível em <https://www.caminhoes-e-carretas.com/2016/03/as-vantagens-da-suspensao-ar.html>. Acesso 30 out. 2022.

Feixes de molas. **Gusi**, 2022. Disponível em: <https://gusi.com.br/site/produtos/feixes-de-molas>. Acesso 12 dez. 2022.

Feixe de Molas: Cuidados de manutenção. **Molas Brasileiras**, 2017. Disponível em: <http://www.molasbrasileiras.com/dica/Feixe-de-Molas:-Cuidados-deManutencao.-/57/>. Acesso 15 set. 2022.

Feixe de mola: o que é, tipos e para que serve. **Sergomel**, 2022. Disponível em: <https://www.sergomel.com.br/feixe-de-mola-o-que-e-tipos-e-para-que-serve>. Acesso 30 out. 2022.

Frota de veículos. **IBGE**, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120?ano=2020>. Acesso 27 ago. 2021.

GREGERSEN, E. Bessemer process. **Encyclopedia Britannica**. 2022. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/Bessemer-process7>. Acesso 04 fev. 2022.

MENEZES, E. A. **Análise do Sistema de Suspensão a Ar de um Ônibus**. Porto Alegre. 2012.

Original pair of matching Hartford Shock absorbers. **Pre War Car**, 2015. Disponível: <https://www.prewarcar.com/298855-original-pair-of-matching-hartford-shock-absorbers>. Acesso 30 out. 2022.

PAEZ, L. A. **Aplicabilidade de Molas Pneumáticas na Indústria e Projeto Básico de um Acoplador Pneumático**. São Paulo. 2009.

Principais tipos de suspensão. **Tudo sobre automóveis**, 2010. Disponível em: <https://tudosobreautomoveis.blogs.sapo.pt/6251.html>. Acesso 30 out. 2022.

Quais são os tipos de feixes de molas. **Anti-impacto**, 2021. Disponível em: <https://antimpacto.com.br/quais-sao-os-tipos-de-feixes-de-molas/>. Acesso 13 dez. 2021.

Qual a diferença entre suspensão multilink e por eixo de torção? **Quatro Rodas**, 2016. Disponível em: <https://quatrorodas.abril.com.br/auto-servico/qual-a-diferenca-entre-suspensao-multilink-e-por-eixo-de-torcao/>. Acesso 15 dez. 2022.

RESENDE, R. V. **Transportador Veicular com Suspensão Pneumática**. Uberlândia. 2017

RODIP. Como funciona a válvula niveladora do caminhão. **RODIP**, 2020. Disponível em: <https://rodip.com.br/blog/caminhao/como-funciona-a-valvula-niveladora-do-caminhao/>. Acesso 13 dez. 2021.

RUFF, M. Air suspension components explained. **Garage Wire**, 2020. Disponível em: <https://garagewire.co.uk/news/arnott/air-suspension-components-explained/>. Acesso 13 dez. 2021.

SILVÉRIO, R. Componentes da suspensão pneumática. **Prezi**, 2016. Disponível em: <https://prezi.com/07i1ry5bug46/componentes-da-suspensao-pneumatica/>. Acesso 13 dez. 2021

Sistema de suspensão: Tudo o que o motorista precisa saber. **Nakata**, 2018. Disponível em: <https://blog.nakata.com.br/sistema-de-suspensao-tudo-o-que-o-motorista-precisa-saber/>. Acesso 13 dez. 2021.

Suspensão Duplo A dianteira VW Fusca. **Imohr**, 2022. Disponível em: https://imohr.com.br/pt_BR/produtos/7/suspensao-duplo-a-dianteira-vw-fusca--modelo-top. Acesso 15 dez 2022.

Suspensão pneumática Volvo FH. Mundo dos Pesados, 2013. Disponível em: <https://mundodospesados.blogspot.com/2013/11/suspensao-pneumatica-volvo-fh.html> . Acesso 15 dez 2022.

VILANOVA, C. Manutenção da suspensão a ar. **O Mecânico**, 2015. Disponível em: <https://omecanico.com.br/manutencao-da-suspensao-a-ar/>. Acesso 13 dez. 2021.