



**PROJETO DE GRADUAÇÃO**

**INSPEÇÃO DE DESGASTE EXCESSIVO DE  
LONAS DE FREIOS**

Por,

**Giovanni Bruno Martins Capuzzo**

**João Gabriel Malta Neves Oliveira**

Brasília, Novembro de 2015

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Mecânica

PROJETO DE GRADUAÇÃO  
**INSPEÇÃO DE DESGASTE EXCESSIVO DE  
LONAS DE FREIOS**

POR,

**Giovanni Bruno Martins Capuzzo**

**João Gabriel Malta Neves Oliveira**

Relatório submetido como requisito parcial para  
obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

**Banca Examinadora**

Prof. Jorge Luiz de A. Ferreira,

UnB/ ENM (Orientador)

Prof. Thiago Doca,

UnB/ ENM

Prof. José Alexander Araújo,

UNB/ ENM

Brasília, Novembro de 2015.

---

## **RESUMO**

Este projeto tem como objetivo apresentar uma teoria geral de frenagem, componentes de sistemas de freios de maneira simplificada, bem como visa desenvolver uma metodologia para estudar o desgaste excessivo das lonas de freio dos veículos Volkswagen 17-230 (Ônibus). Serão analisadas possíveis propostas de melhorias desse sistema para a redução de custos na manutenção, do elemento lona de freio.

---

## **ABSTRACT**

This project aims to present a general theory of braking, studying briefly components of brakes systems, and aims to develop a methodology to study the excessive wear of the brake linings of the bus Volkswagen model 17-230 vehicles; will be analyzed possible proposals for improvements in the system to reduce costs substitutions (excessive and premature) of the brake lining element.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1	ASPECTOS GERAIS .....	10
1.2	OBJETIVO GLOBAL.....	12
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
2.1	SISTEMA DE FRENAGEM .....	14
2.1.1	FREIO A DISCO .....	16
2.1.2	FREIO A TAMBOR .....	17
2.2	FREIOS EM VEÍCULOS DE GRANDE PORTE.....	18
2.2.1	SAPATAS DE FREIO .....	19
2.2.2	ESPELHOS .....	19
2.2.3	TAMBORES .....	20
2.2.3.1	MATERIAIS TAMBORES DE FREIO .....	20
2.2.4	EIXO CAMES TIPO “S” .....	20
2.2.5	LONAS DE FREIO.....	20
2.2.5.1	MATERIAIS LONAS DE FREIO .....	21
<b>3</b>	<b>DESGASTE. SISTEMA DE FREIOS .....</b>	<b>22</b>
3.1	ASPECTOS GERAIS DO DESGASTE .....	22
3.2	DEFINIÇÕES DOS DIFERENTES TIPOS DE DESGASTE.....	23
3.2.1	MECANISMO DE DESGASTE POR ADESÃO.....	24
3.2.2	MECANISMO DE DESGASTE POR FADIGA.....	26
3.2.3	MECANISMO DE DESGASTE POR OXIDAÇÃO.....	27
3.2.4	MECANISMO DE DESGASTE POR ABRASÃO.....	28
3.2.4.1	TIPOS DE ABRASÃO .....	32
3.2.4.2	FATORES QUE ACELERAM O DESGASTE POR ABRASÃO.....	33
3.3	DESGASTE DAS LONAS .....	35
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA PARA ANÁLISE DAS LONAS DE FREIO. ....</b>	<b>38</b>
4.1	DEFINIÇÃO .....	38
4.2	DOCUMENTOS RAFF E RMF .....	38
4.3	PARÂMETROS .....	39
4.4	ANÁLISES.....	39
4.5	INSTRUMENTOS .....	39
4.6	METODOLOGIA DA AQUISIÇÃO DE RESULTADOS .....	40
<b>5</b>	<b>CARGAS DE FRENAGEM .....</b>	<b>41</b>
5.1	FREIO A TAMBOR SIMPLEX TIPO S CAME COM ATUAÇÃO PNEUMÁTICA.....	41
5.2	POTÊNCIA DE FRENAGEM.....	46
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>48</b>
6.1	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	48
6.1.1	DOCUMENTOS .....	48
6.1.2	QUANTO AO DESGASTE NOS PARÂMETROS DE LOCALIZAÇÃO .....	49
6.1.3	INSPEÇÃO VEICULAR NORMATIZADA .....	50
6.2	RESULTADOS .....	50

6.3	ANÁLISES E DISCUSSÕES .....	60
6.3.1	CARGAS DE FRENAGEM .....	60
6.3.2	RESULTADOS QUANTITATIVOS .....	62
6.3.3	RESULTADOS QUALITATIVOS .....	66
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>69</b>
7.1	DISCUSSÕES .....	69
7.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS. ....	70
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ônibus Expresso São José 17-230. [ESJ, 2013].	11
Figura 2 - Distribuição de calor no disco de freio [MUGEN-POWER.COM, 2015].	14
Figura 3 - Freio a Disco. [FRUM, 2010].	15
Figura 4 - Freio a tambor. [MASTER FREIOS, 2009].	15
Figura 5 - Sistema de freios hidráulicos em veículos leves. [O MECÂNICO, 2008].	16
Figura 6 - Esquemático simples do freio a disco. [HOWSTUFFWORKS.COM, 2015].	17
Figura 7 - Freio a tambor hidráulico. [THERMOID, 2009].	18
Figura 8 - Freio a tambor pneumático. [THERMOID, 2009].	18
Figura 9 - Sistema de freios em veículos de grande porte. [VOLKSWAGEN, 2010].	19
Figura 10 - Sapatas de freio. [MASTER FREIOS, 2009].	19
Figura 11 - Tambor de freio. [MASTER FREIOS, 2009].	20
Figura 12 - Lonas de freio. [FRASLE, 2010].	21
Figura 13 - Descrição esquemática de quatro principais mecanismos de desgaste. [KALPAKJIAN, 1995].	23
Figura 14 - Ruptura de uniões (a) Interface, (b) Adesão maior em A, (c) Adesão predominante em A, porém também em B, (d) Adesão distribuída igualmente. [KALPAKJIAN, 1995].	24
Figura 15 - Representação esquemática dos mecanismos de adesão. [KINLOCH, 1980].	25
Figura 16 - Variação do coeficiente de adesão em função da dureza e estrutura cristalina de metais. [SIKORSKI, 1964].	25
Figura 17 - Desgaste por oxidação: a) formação ilhas de oxido, b) e c) crescimento dessas ilhas d) destruição das camadas oxidadas e formação novas ilhas de óxido. Fragmentos de desgaste entre as duas superfícies. [ZUM GAHR, 1987].	28
Figura 18 - Micrografias de interações entre abrasivos minerais e superfícies de aços (a) Microsulcamento, (b) Microcorte e (c) Microlascamento. [BRANKOVIC, 1998].	29
Figura 19 - Interações físicas entre partículas abrasivas e superfícies de materiais. [MURRAY, 1979].	29
Figura 20 - Relação entre microsulcamento e microcorte em função da razão entre o ângulo de ataque e de ataque crítico. [ZUM GAHR, 1987].	30
Figura 21 - Desgaste a Dois e a Três corpos. [HUTCHINGS, 1992].	31
Figura 22 - Ensaio de Fade. [FRASLE, 2011].	36

Figura 23 - Freio S Came [MASTER FREIOS, 2015].....	41
Figura 24 – Dimensional de um Freio Simplex S Came. Adaptado [JORNAL OFICIAL DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, 1998]. .....	42
Figura 25 - Aranha de freio. [MASTER FREIOS, 2015].....	42
Figura 26 - Equilíbrio de forças no ponto de ancoragem. [DIULGHEROGLO, 2007]. .....	43
Figura 27 - Análise de esforços, involuta "S". Adaptado [DIULGHEROGLO, 2007]. .....	44
Figura 28 - Análise da ação da força de acionamento da câmara de freio sobre o eixo S. Adaptado [DIULGHEROGLO, 2007]. .....	45
Figura 29 – Perda de material nas lonas. ....	49
Figura 30 – Locais de Análise. ....	49
Figura 31 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Fora, na porção Anterior da primeira lona (La1). . . . .	52
Figura 32 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Fora, na porção Posterior da primeira lona (La2). . . . .	53
Figura 33 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Fora, na porção Anterior da segunda lona (Lb2). . . . .	53
Figura 34 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Fora, na porção Posterior da segunda lona (Lb1). . . . .	54
Figura 35 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Dentro, na porção Anterior da primeira lona (La3). . . . .	54
Figura 36 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Dentro, na porção Posterior da primeira lona (La4). . . . .	55
Figura 37 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Dentro, na porção Anterior da segunda lona (Lb4). . . . .	55
Figura 38 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Dentro, na porção Posterior da segunda lona (Lb3). . . . .	56
Figura 39 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Fora, na porção Anterior da primeira lona (Lc1). . . . .	56
Figura 40 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Fora, na porção Posterior da primeira lona (Lc2). . . . .	57
Figura 41 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Fora, na porção Anterior da segunda lona (Ld2). . . . .	57
Figura 42 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Fora, na porção Posterior da segunda lona (Ld1). . . . .	58
Figura 43 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Dentro, na porção Anterior da primeira lona (Lc3). . . . .	58

Figura 44 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Dentro, na porção Posterior da primeira lona (Lc <sub>4</sub> ). . . . .	59
Figura 45 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Dentro, na porção Anterior da segunda lona (Ld <sub>4</sub> ). . . . .	59
Figura 46 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Dentro, na porção Posterior da segunda lona (Ld <sub>3</sub> ). . . . .	60
Figura 47 – Dinâmica da transferência de cargas na frenagem. [WWW.MONROE.COM, 2015]. . . . .	61
Figura 48 – Roda Direita, Lonas Superiores: espessuras restantes Dentro (LS – LD) e Fora (LS – LF). . . . .	62
Figura 49 - Roda Direita, Lonas Inferiores: espessuras restantes Dentro (LI – LD) e Fora (LI – LF). . . . .	63
Figura 50 -Roda Esquerda, Lonas Superiores: espessuras restantes Dentro (LS – LD) e Fora (LS – LF). . . . .	63
Figura 51 - Roda Esquerda, Lonas Inferiores: espessuras restantes Dentro (LI – LD) e Fora (LI – LF). . . . .	64
Figura 52 – Roda Direita, Lado de Fora: espessuras restantes Inferior (LI – LF) e Superior (LS – LF). . . . .	64
Figura 53 –Roda Direita, Lado de Dentro: espessuras restantes Inferior (LI –LD) e Superior (LS –LD). . . . .	65
Figura 54 – Roda Esquerda, Lado de Fora: espessuras restantes Inferior (LI –LF) e Superior (LS –LF). . . . .	65
Figura 55 -Roda Esquerda, Lado de Dentro: espessura restante Inferior (LI –LD) e Superior (LS –LD). . . . .	66
Figura 56 - Localização das faixas de estudo respeitando o sentido de rotação. . . . .	67
Figura 57 - Resíduos do descarte prematuro e exagerado das lonas de freio. [Capuzzo, Giovanni, 2015] . . . . .	74
Figura 58 - Pneus: talas rachadas gerando descarte. [Capuzzo, Giovanni, 2015] . . . . .	75
Figura 59 - Tala rachada gerando descarte. [Capuzzo, Giovanni, 2015] . . . . .	75
Figura 60 - Manutenções periódicas realizadas na garagem da empresa. [Malta, João, 2015] . . . . .	76
Figura 61 - Desprendimento dos rebites nas lonas de freio. [Malta, João, 2015] . . . . .	77
Figura 62 - Conjunto de freio 15”x7” Q-Plus. [CATALOGO.FMASTER.COM.BR, 2015]. . . . .	78



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Influência da carga aplicada na taxa de desgaste em relação à variação do tamanho dos grãos. [MONDAL, 1998].	34
Tabela 2 - Classificação dos fenômenos de desgaste [DIN 20.320].	35
Tabela 3 - Parâmetros para Análises.	40
Tabela 4 – Dimensional do Conjunto de freio 15” x 7” Q-Plus – dimensões em [mm] exceto; $\alpha_0$ e $\alpha_1$ .	41
Tabela 5 - Dimensional do Conjunto de freio 15” x 8,5/8” Q-Plus – dimensões em [mm] exceto; $\alpha_0$ e $\alpha_1$ .	45
Tabela 6 – Resultados obtidos após aplicação de metodologia citada.	46
Tabela 7 - Ônibus Modelo com espessuras de lonas: Meia vida (1 mês - 3.730 km) e Fim de vida (2 meses - 6.997 km) – Dianteiro.	51
Tabela 8 – Itens do conjunto de freio 15”x7” Q-Plus. [CATALOGO.FMASTER.COM.BR, 2015].	78
Tabela 9 - Ônibus Modelo com espessuras de lonas: Meia vida (1 mês - 3.730 km) e Fim de vida (2 meses - 6.997 km) – Dianteiro.	80
Tabela 10 - Ônibus 1 com espessuras e aspectos de lonas de Fim de vida – Dianteiro.	80
Tabela 11 - Ônibus 2 com espessuras e aspectos de lonas de Fim de vida – Dianteiro.	81
Tabela 12 - Ônibus 3 com espessuras e aspectos de lonas de Fim de vida – Dianteiro.	82
Tabela 13 - Ônibus 4 com espessuras e aspectos de lonas de Fim de vida – Dianteiro.	83
Tabela 14 - Ônibus 5 com espessuras e aspectos de lonas de Fim de vida – Dianteiro.	84

# LISTA DE SÍMBOLOS

## Siglas

BNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DD	Rodas Dianteiras Direitas
DE	Rodas Dianteiras Esquerdas
GDF	Governo do Distrito Federal
LD	Lado de Dentro
LF	Lado de fora
LI	Sapatas de Lonas Inferiores
LS	Sapatas de Lonas Superiores
PACSL	Parametrização para Análise entre Cada uma das Sapatas de Lonas
PALSL	Parametrização para Análise dos dois Lados de uma mesma Sapata de Lonas
PARE	Parametrização para Análise entre as Rodas de um Eixo
RAFF	Registro das Análise de Folgas nos Freios
RMF	Relatório de Manutenção dos Freios

## Símbolos Gregos

$\mu$	Coefficiente de atrito	[kN.m]
$h$	Eficiência de frenagem	
$\alpha$	Desaceleração	[m/s <sup>2</sup> ]
$\alpha_0$	Ângulo de envergadura das lonas de uma sapata.	[°]
$\alpha_l$	Ângulo de envergadura da lona no quadrante que abrange a involuta "S".	[°]
$\beta$	Ângulo de contato da involuta "S" e a sapata.	[°]

## Símbolos Latinos

$a$	Distância entre o centro do freio e o centro de ancoragem das sapatas.	[mm]
$A_c$	Área da câmara de freio	[mm <sup>2</sup> ]
$c$	Metade da distância entre os centros de ancoragem.	[mm]
$d$	Distância entre o centro do eixo "S" e o centro do rolete da sapata.	[mm]
$e$	Raio do eixo "S"	[mm]
$E_c$	Energia cinética	[J]
$F$	Força	[kN]
$F_c$	Força de aplicação da câmara de freio.	[kN]
$g$	Aceleração da gravidade	[m/s <sup>2</sup> ]
$h$	Distância entre o centro do freio e o ponto de aplicação da força da involuta "S".	[mm]
$L$	Comprimento do suporte da câmara da câmara de freio.	[mm]
$M$	Massa	[kg]
$M_T$	Momento.	[kN.m]
$P$	Pressão	[MPa]
$P_1$	Pressão do sistema pneumático de freio.	[MPa]
$Pot$	Potência	[cv]
$r$	Raio do freio.	[mm]

$S_1$	Espessura da parta menos espessa da lona A ou C.	[mm]
$S_2$	Espessura média entre a região mais espessa da lona A ou C e menos espessa da lona B ou D.	[mm]
$S_3$	Espessura da parta menos espessa da lona.	[mm]
T	Torque	[kN.m]
t	Tempo	[s]
$V_f$	Velocidade final	[m/s]
$V_i$	Velocidade inicial	[m/s]
z	Largura da lona de freio.	[mm]

# 1 INTRODUÇÃO

*Este capítulo apresenta considerações gerais preliminares relacionadas ao documento em questão e sua proposta. São abordados os diferentes aspectos sobre o que será estudado neste Projeto de Graduação.*

## 1.1 ASPECTOS GERAIS

Um dos objetivos da Engenharia Mecânica visa melhorias de produtos. No que tange à Indústria Automotiva, [AZEVEDO, 2002] cita que se buscam melhorias tanto nas motorizações (dizendo respeito a potência, consumo de combustível e redução de emissões) quanto, também, melhorias em frenagens e tentativa de diminuição de desgastes prematuros em geral; O que não é diferente em indústrias de veículos de grande porte, como ônibus e caminhões. Um bom sistema de freio se faz necessário, para que veículos possam enfrentar trajetos, longas distancias de rodagem com máxima duração de lonas de freio, o que implicará em satisfação do consumidor, autonomia dos freios e economias financeiras diversas, referentes aos veículos [AZEVEDO, 2002].

No Distrito Federal, a frota de veículos caracterizada como de grande porte é composta, majoritariamente, por ônibus de transporte público urbano. Sendo esta Unidade Federativa do nosso país, não é marcada pela presença de indústrias e, conseqüentemente, caminhões ou quaisquer outros grandes veículos. No que diz respeito a transporte público de passageiros, o GDF dividiu a região de Brasília em cinco bacias rodoviárias, sendo que a de número 5 (Bacia de Transporte Coletivo Região Noroeste) foi entregue à Expresso São José cumprindo licitação realizada no ano de 2012. A frota da viação em questão contém 535 ônibus afim de atender 600.000 usuários por dia.

A partir de um serviço prestado a esta conceituada empresa, surgiu a oportunidade/necessidade do desenvolvimento de um estudo visando compreender uma problemática atual da frota: o desgaste excessivo das lonas de freios dianteiros. Ocorrência que está acarretando, não só em custos relacionados a substituições exageradas desses elementos, conforme ilustrado na imagem do ANEXO I, mas também propagando danos a sistemas adjacentes como, por exemplo, trincando talas de pneus novos (vide ANEXO II), estourando –os.

Estava sendo realizado, paralelamente ao serviço prestado à Expresso São José, um estágio curricular, junto a uma empresa brasileira do ramo de telecomunicações e rastreamento via satélite, em que se desenvolvia um “Jiga de Testes” com o intuito de simular possíveis sistemas de segurança utilizando travamentos/ bloqueios independentes aplicados ao sistema de frenagem de veículos de grande porte. Para tal, exaustivos estudos foram feitos, a contemplar um entendimento dos freios em grandes automóveis.

Notou –se então, interesse por parte dos autores do presente projeto de graduação em desenvolvê-lo, nesta problemática de enfoque real, já que ambos estavam vivenciando estas duas oportunidades descritas anteriormente.

O sistema de frenagem estudado no presente trabalho será do veículo Volkswagen 17-230: o ônibus de transporte público urbano. Logo, deve-se ter em vista a magnitude das grandezas em questão: são 17 toneladas de massa, movida por 230 cavalos de potência. Sabe-se, ainda, que os ônibus têm 2012 como o ano de fabricação.



Figura 1 - Ônibus Expresso São José 17-230. [ESJ, 2013].

Segundo [NICOLAZZI, 2002], o sistema de freio de um veículo deve ser capaz de pará-lo na menor distância possível em qualquer que seja a situação. Deve ser confiável e seu desempenho não pode se deteriorar com o uso. O princípio de funcionamento do sistema de frenagem está relacionado ao fenômeno de atrito, no qual duas superfícies em contato e que possuem movimento relativo entre si geram forças de adesão entre as mesmas.

O desgaste dos elementos de contato de um sistema de frenagem é objeto de estudo de vários autores e muitos são os fatores que influenciam esse fenômeno. Destacam-se o material utilizado, o ambiente no qual o sistema está inserido, a montagem e manutenção correta dos veículos e a possibilidade de um mal dimensionamento do sistema.

A lona de freio usada nos carros que este projeto pretende estudar é desenvolvida para ônibus urbanos/ rodoviários/ carretas/ caminhões. Fabricada com componentes que, no conceito de [SOUZA, 2011], são capazes de frenagem em diversas condições de temperaturas, implicando em menor custo por quilômetro rodado e baixo desgaste de tambor.

## 1.2 OBJETIVO GLOBAL

O presente trabalho tem como objetivo global o estudo do desgaste excessivo do componente lona de freio, presente no sistema de frenagem dos veículos Volkswagen 17-230.

Quando há um alto e precoce consumo de lona de freio ocorrendo constantemente, deve –se buscar a fonte do defeito afim de o sanar; ainda mais quando é o caso de uma frota, consideravelmente grande, de veículos pesados destinados ao transporte de passageiros. Segundo [CASAROTTO FILHO, Nelson, 2007], é interessante realizar o diagnóstico de um ou um grupo de veículos do montante e, então, aplicar as soluções encontradas à toda esta frota; tendo em vista que a inoperância total se faz inviável por diversos motivos.

Após se analisar procedimentos de manutenções e relatórios de revisões, deve –se certificar possíveis recorrências de defeitos que se apresentem de forma precoce. Isto fará parte do que será analisado neste estudo do Projeto de Graduação presente.

O objetivo principal é identificação dos possíveis modos de falhas presentes na estrutura decorrentes do desgaste prematuros das lonas de freios; possibilitando o entendimento de causas e efeitos destas falhas sobre o desempenho do sistema. Bem como, dentro do cabível, propor futuramente algumas soluções que possam minimizar e/ou evitar falhas, que poderiam evoluir rumo a condições gerais catastróficas.

Por tanto, tem –se como meta:

- Estudar o funcionamento dos sistemas de frenagem, principalmente, a tambor;
- Revisar, focada em veículos de grande porte, os principais materiais do sistema de frenagem;
- Estudar o desgaste, entendendo como o fenômeno se aplica aos freios em questão;
- Desenvolver uma metodologia afim de analisar o desgaste, principalmente, das lonas de freios;

Produzir um prognóstico plausível a auxiliar estudos e melhorias futuras, no intuito de diminuir as ocorrências de falhas e suas possíveis consequências no processo de uso e manutenção dos carros.

### **1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O trabalho em questão foi dividido em 5 capítulos.

O primeiro capítulo trata de uma introdução para ambientar o leitor sobre o que será estudado neste projeto, apresentando a problemática envolvida; bem como descreve os objetivos e etapas do trabalho.

O segundo capítulo cita a teoria que envolve os componentes que irão formar o sistema de frenagem, bem como o funcionamento do conjunto como um todo; iniciando uma revisão bibliográfica e trazendo os conceitos que serão utilizados para embasar o decorrer do trabalho.

O terceiro capítulo relata o fenômeno Desgaste em termos de engenharia. Nesta etapa, também são estudadas as formas como tal fenômeno se apresentam, inclusive em componentes do sistema de frenagem.

O quarto capítulo traz um conceito de metodologia destinada à análise do desgaste excessivo das lonas de freio.

O quinto capítulo tem o propósito de trazer o equacionamento acerca dos assuntos relacionados à cargas de frenagem. A luz da bibliografia, calcula e entende as distribuições de grandezas nos freios.

O sexto capítulo apresenta, por meio de tabelas e gráficos, os resultados obtidos a partir da análise aplicada averiguando possíveis interações entre o que foi observado e os modos de falhas.

O sétimo e último, capítulo deste relatório, apresenta as conclusões sobre o projeto, que acompanham possíveis recomendações para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*Na Revisão Bibliográfica busca –se fundamentos teóricos que embasem os temas que serão abordados no trabalho, visando facilitar a leitura e, conseqüente, entendimento do mesmo.*

### 2.1 SISTEMA DE FRENAGEM

Segundo [NICOLAZZI, 2002], o coeficiente de atrito de rolamento é menor do que o de atrito de escorregamento, logo podemos encarar a roda como uma das mais fantásticas descobertas do ser humano. A sua aplicação varia de acordo com a necessidade de cada usuário, podendo deslocar cargas bastante pesadas com relativa facilidade. Torna –se fundamental, então, a existência de um sistema de frenagem.

[NORTON, 2004] afirma que freios são essencialmente elementos de dissipação que geram grandes quantidades de calor em sua operação (Figura 2). Eles devem ser projetados para absorver e transferir bem esse tipo de energia térmica, sem se danificar ou a outros sistemas adjacentes; portanto essa transferência de calor é limitante da capacidade de frenagem do sistema.

Já [NICOLAZZI, 2002] corrobora, citando que são elementos de máquina que absorvem tanto energia cinética como potencial. Esta energia acumulada é dissipada sob a forma de calor. A capacidade de um freio depende da pressão unitária entre as superfícies frenantes, do coeficiente de atrito, e da maior ou menor facilidade de dissipar o calor gerado por esse atrito.

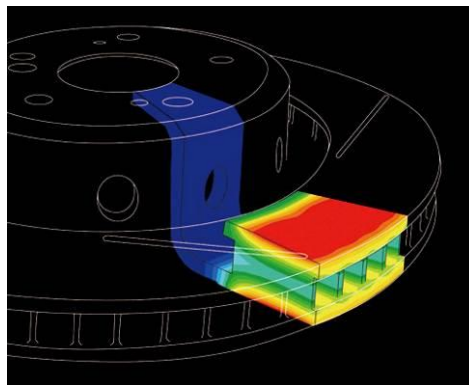


Figura 2 - Distribuição de calor no disco de freio [MUGEN-POWER.COM, 2015].

Um dos primeiros tipos de sistema de freios teria sido feito em madeira. Era composto por uma alavanca e um bloco de madeira e foi utilizado em automóveis com rodas de aro de aço. O condutor puxava a alavanca, pressionando o bloco diretamente contra a rodas, reduzindo assim velocidade deste elemento girante. Segundo [FERRARESI, 2013], apesar de eficaz, o sistema a pouco citado tornou-se inviável quando o pneu de borracha foi introduzido; por tanto um novo sistema deveria ser implementado.



Hoje, os principais tipos de freios se dividem, basicamente mas não exclusivamente, em freio à disco (Figura 3) e freio tambor (Figura 4); ambos com diversas construções derivadas. Cada um desses conceitos será brevemente abordado a seguir:

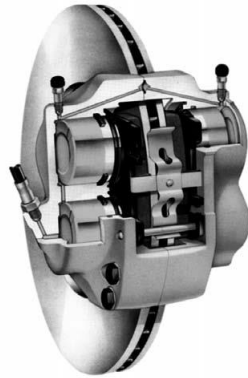


Figura 3 - Freio a Disco. [FRUM, 2010].



Figura 4 - Freio a tambor. [MASTER FREIOS, 2009].

Um Freio à Disco, é basicamente uma embreagem à seco, na qual um dos elementos trabalha em rotação nula. O disco, que normalmente é o elemento ligado ao eixo girante, é acoplado a um eixo com velocidade nula através de uma pinça. Esta está presa à estrutura da máquina ou veículo. A pinça pode ter acionamento pneumático, como em veículos ferroviários e alguns freios de caminhões e ônibus; hidráulico, como na maioria dos veículos comerciais de pequeno porte, ou outro (elétrico, magnético, por esforço centrífugo etc). Devido ao grande torque a ser transmitido, normalmente até duas ou três vezes maior do que o do motor, os discos necessitam de grande área de resfriamento. Esses discos podem ser sólidos, para menores potências de frenagem, ou ventilados, para dissiparem melhor o calor, no caso de maiores exigências;

Já um Freio à Tambor, normalmente é composto de duas sapatas simetricamente dispostas em torno, ou interiormente ao tambor em questão, que é ligado a carga a ser freada (por exemplo as rodas do ônibus). O acionamento do sistema pode ser eletromagnético, pneumático, hidráulico e, mais raramente, manual. Quando o freio é acionado, o conjunto de alavancas atua no sentido de aplicar pressão entre as sapatas, que contém o material de atrito substituível (lonas), e o tambor. O tambor de freios serve também para dissipar o calor gerado na interface com as sapatas.

### 2.1.1 FREIO A DISCO

Um sistema de freios a disco (geralmente fabricados em cerâmica ou ferro fundido) está composto por vários componentes que trabalham em conjunto para realizar a frenagem de um veículo, sendo os principais: o pedal do freio, o cilindro-mestre (que fornece o fluido ao circuito hidráulico), as mangueiras flexíveis e os pequenos tubos de metal pelos quais circula o fluido de freio, os cilindros de roda, os pistões, as pastilhas de freio e ainda a alavanca do freio de mão, bem como o próprio disco em questão, tais componentes podem ser observados na Figura 5 abaixo.

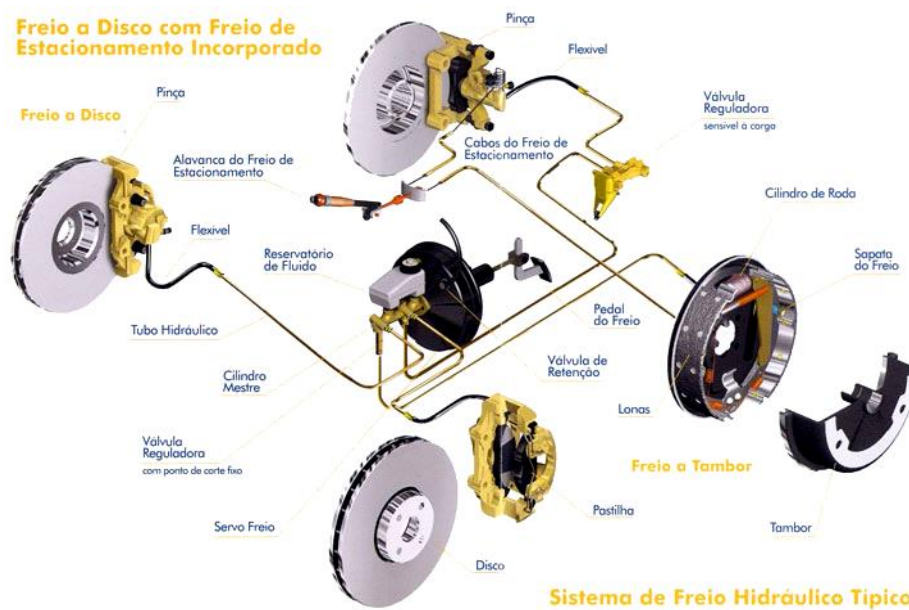


Figura 5 - Sistema de freios hidráulicos em veículos leves. [O MECÂNICO, 2008].

Freios a disco, assim como freios a tambor, são comumente utilizados em veículos de uma forma geral. De acordo com [CAWAGUCHI, 2005] o princípio básico de funcionamento de tal tipo de freio consiste na geração de uma força de frenagem através do contato das pastilhas nas superfícies laterais do disco, por meio de sua movimentação axial, provida pelo embolo dos cilindros de roda que empurram aquelas contra este, na Figura 6 mostra um diagrama simplificado deste mecanismo.

Uma das grandes vantagens do sistema de freios a disco é o fato de serem capazes de suportar regimes em elevadas temperaturas: na ordem de 900° C, sem auto degradações ou quaisquer prejuízos à frenagem como um todo, conforme também afirma [LIMPERT, 1999].

No sistema de freios a disco, o tipo de necessidade mais comum na manutenção é a troca das pastilhas, pois sofrem maior desgaste com o tempo e uso. É por isso que as pastilhas devem ser supervisionadas regularmente e trocadas, normalmente quando sua espessura estiver bastante reduzida.

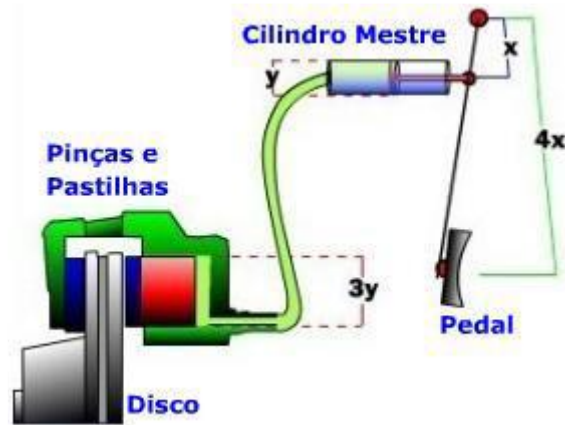


Figura 6 - Esquemático simples do freio a disco. [HOWSTUFFWORKS.COM, 2015].

A durabilidade da vida útil das pastilhas gira em torno de 25 a 35 mil quilômetros rodados, em média. Contudo, em qualquer situação, se as pastilhas apresentarem algum defeito, corre-se o risco de danificar o disco de freio e, principalmente, corre-se o risco de perder o controle do veículo em uma frenagem de emergência.

As pastilhas do freio a disco normalmente têm uma peça de metal chamada indicador de desgaste, que produz um som agudo quando elas estão gastas e necessitam ser substituídas por novas.

O freio a disco, realmente, foi uma evolução para os sistemas de frenagens, no entanto, possui algumas desvantagens, [NICOLAZZI, 2002] afirma que o aquecimento do fluido de freio devido o atrito do material das pastilhas com o do disco provoca a vaporização deste fluido, outra desvantagem ocasionada também pelo aquecimento é a deterioração dos selos de borracha dos cilindros hidráulicos das rodas que pode levar ao travamento dos pistões dos cilindros hidráulicos das pinças pelo acúmulo de poeira e pó das pastilhas.

Além disso, [MACKIN, 2002] adverte que o disco de freio está sujeito a carregamentos dinâmicos aplicados pelas pastilhas no momento da frenagem e a variações de temperatura durante seu uso, ou seja, em condições reais de uso o disco está sujeito a uma solicitação termomecânica e não puramente térmica.

### 2.1.2 FREIO A TAMBOR

Os freios a tambor utilizam sapatas com lonas de freio que são empurradas contra o tambor de freio em uma direção radial. Este foram os primeiros sistemas utilizados nos veículos, permanecendo atualmente nos veículos comerciais pesados e, em alguns casos, nos freios traseiros da linha de automóveis leves (Figura 5). Existem hoje dois tipos de freio a tambor hidráulico (Figura 7) onde a força é transmitida por meio de pressão em um líquido, agindo na sapata por meio de pistões e o freio a tambor pneumático (Figura 8) que será o de objeto de estudo deste.

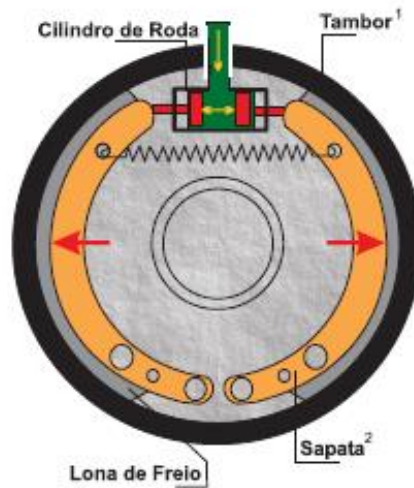


Figura 7 - Freio a tambor hidráulico. [THERMOID, 2009].

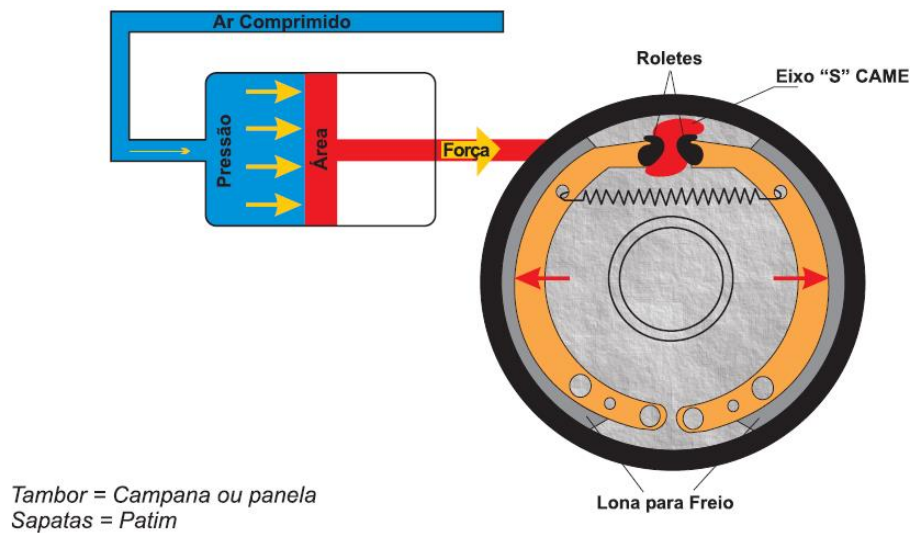


Figura 8 - Freio a tambor pneumático. [THERMOID, 2009].

## 2.2 FREIOS EM VEÍCULOS DE GRANDE PORTE

O princípio básico do funcionamento de um freio pneumático, usado na grande maioria dos veículos de grande porte, é descrito nas seguintes ações: o condutor aplica força acionando o pedal de freio, por meio de um sistema de válvula de pedal (pneumática), que manda um comando para a válvula relé que libera a passagem de ar dos reservatórios (“balões de ar”) do veículo para a câmara de freio (“cuíca de freio”), assim um diafragma (membrana) presente na mesma se expande transmitindo força para o ajustador de freio (catracas de freio) que por sua vez transmite um torque no eixo cames (eixo “S”), acionando por fim as sapatas de freio com as lonas, nela rebitadas, contra o tambor. Este funcionamento é simplificado e bem exemplificado na Figura 8. Pressionadas, então, contra o tambor de freio, é criada uma força de atrito responsável por logo diminuir a velocidade do veículo.

No Anexo I, apresenta uma vista explodida dos componentes tipicamente contidos neste tipo de freio, já na Figura 9 temos uma demonstração de como se esquematiza o sistema de freios em veículos de grande porte. Percebe-se uma divisão entre as parte dianteira e traseira do mesmo, onde na parte traseira se encontra o freio de estacionamento o qual exige um sistema distinto de linhas pneumáticas para que possa garantir a segurança, já que esta é sua função.

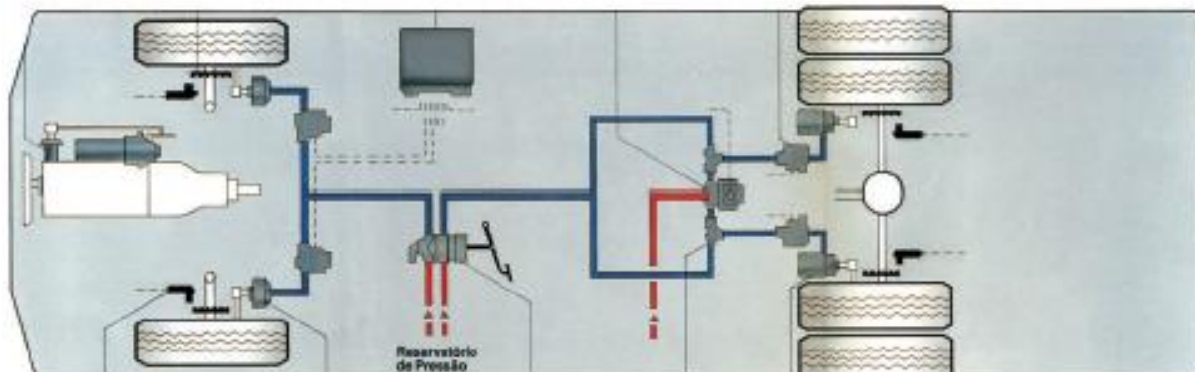


Figura 9 - Sistema de freios em veículos de grande porte. [VOLKSWAGEN, 2010].

### 2.2.1 SAPATAS DE FREIO

Conforme estudou [ZANGARINI, 2006], as sapatas, calços ou os patinhos de freio impulsionados pelos êmbolos do cilindro de roda exercem pressão sobre uma superfície giratória, que no caso é o tambor propriamente dito. Quando o motorista aciona o pedal do freio, as sapatas de freio são empurradas contra este tambor. Isto realiza a desaceleração do veículo.



Figura 10 – Sapatas de freio. [MASTER FREIOS, 2009].

### 2.2.2 ESPELHOS

O espelho tem a função de alinhar o conjunto: as sapatas e o cilindro mestre estão fixos ao espelho e este precisa estar alinhado para prover o ponto ideal de contato entre, exatamente, as sapatas (com as lonas) e o tambor de freio. Caso o espelho esteja desalinhado o ponto específico fica comprometido, ocorrendo desgaste prematuro de algumas das sapatas, conforme cita [SOUZA, 2011].

### **2.2.3 TAMBORES**

A função principal do tambor é formar a superfície de atrito contra a qual a lona de freio irá ser comprimida. O tambor também serve como tampa para o sistema evitando entrada de poeira ou qualquer outro detrito, porém ele não é vedado e com certeza será atingido em passagens inundadas, salienta [ZANGARINI, 2006].



Figura 11 - Tambor de freio. [MASTER FREIOS, 2009].

#### **2.2.3.1 MATERIAIS TAMBORES DE FREIO**

Feito, normalmente, de ferro fundido, possui uma pequena percentagem de carbono na sua composição. Carbono esse que, somado ao fato de o tambor ter uma lenta dissipação do calor, facilita o aparecimento de pontos tendenciosos a subir em direção à maior temperatura, ou seja, a superfície de atrito, formando “bolinhas” azuladas. Quando a temperatura cai, essas bolinhas tornam –se extremamente duras, pois o pico de temperatura foi tão alto que praticamente realizou –se uma “têmpera” indesejada. Devido a esse fenômeno ocorrem trepidações na frenagem, em consequência a tais imperfeições superficiais.

#### **2.2.4 EIXO CAMES TIPO “S”**

Este eixo será regulado pela catraca de freio que irá movimenta-lo provocando, também, movimento da sapata de freio, já com a lona rebitada. Ocorrerá, então, o atrito da mesma com o tambor: implicando em frenagem [ZANGARINI, 2006].

#### **2.2.5 LONAS DE FREIO**

A lona de freio é essencialmente uma peça de material projetada para atritar contra o tambor de freio, convertendo a energia cinética do veículo em energia térmica [POMPON J. D., 1997]. São projetadas com coeficientes de atrito diferentes para uso específico em cada tipo de veículo. Portanto, nunca se deve substituir um determinado componente desse tipo levando em consideração apenas a aparência ou ofertas. Dependendo do tipo de material aplicado na



fabricação, as lonas podem ter uma faixa de temperatura de operação que varie de 260°C até 482°C. As pastilhas, de acordo com sua composição, devem variar entre 180°C e 480°C.

As lonas utilizadas nos ônibus Volkswagen 17-230 e que serão objetos de estudo deste trabalho são exemplificadas na Figura 12.



Figura 12 - Lonas de freio. [FRASLE, 2010].

### 2.2.5.1 MATERIAIS LONAS DE FREIO

Os materiais usados em lonas de freio devem ser escolhidos com o intuito de atender a diversas características para uma boa frenagem.

Segundo [ERICKSON, 1999] as lonas utilizadas atualmente são fabricadas de materiais que são classificados segundo ele em materiais estruturais, aditivos de atrito, enchimento e aglutinantes. As definições desses materiais segundo [CUEVA, 2002] são:

Os materiais estruturais fornecem resistência mecânica as lonas, normalmente são utilizadas fibras de metal, carbono, vidro e/ou Kevlar. Para controlar as taxas de desgaste das mesmas e dos tambores de freios, aditivos de atrito são utilizados. Lubrificantes sólidos como a grafita e sulfetos metálicos tem o objetivo de estabilizar o coeficiente de atrito entre as superfícies em temperaturas elevadas. Alumina e sílica são materiais abrasivos que são utilizadas afim de aumentar o coeficiente de atrito retirando as camadas (ilhas) de óxidos que surgem entre as superfícies.

Materiais caracterizados como enchimento têm o papel de facilitar a fabricação do componente e melhorar a relação custo/benefício. Os mais utilizados para essa função são a mica e o sulfeto de bário. Os aglutinantes desempenham a função de manter os materiais anteriores aglomerados formando uma matriz termicamente estável, são usadas resinas fenólicas com adições de borrachas, que desempenham papel fundamental na vida útil do produto.

## 3 DESGASTE. SISTEMA DE FREIOS

*O capítulo visa tratar do fenômeno desgaste, bem como entender sua aplicação aos sistemas de frenagem: seja de forma geral ou, ainda, especificamente em veículos de grande porte.*

### 3.1 ASPECTOS GERAIS DO DESGASTE

O termo “tribologia”, definido como “ciência e tecnologia das superfícies que interagem entre si mediante um movimento relativo”, surgiu em meados da década de 1960, inicialmente no Reino Unido e em seguida propagado por todo o mundo [DOWSON, 1997]. A maioria dos tópicos cobertos por essa palavra é antiga e bem conhecida, como o estudo de lubrificantes, lubrificação, atrito, desgaste e mancais.

Segundo [MYSHKIN, 2000], nos primeiros estudos de desgaste e atrito, o contato entre sólidos era considerado como sendo mecânico, do ponto de vista do comportamento da tensão-deformação no meio contínuo, ou do ponto de vista físico, com adesão molecular ou atômica causando cisalhamento na interface. Posteriormente, as propriedades do lubrificante foram consideradas do ponto de vista de sua interação molecular com a superfície sólida, conforme cita [MYSJKIN, 2000]. Em termos de modelamento para sistemas sob deslizamento lubrificado, [BLAU, 1997] apontou a necessidade de modelos contendo parâmetros, não somente das propriedades dos sólidos, como também dos efeitos triboquímicos.

Para fins de engenharia, o desgaste é descrito por [BAYER, 1994] como um dano superficial, provocado por uma interação mecânica com outra superfície, corpo ou fluido. Segundo [ZUM GHAR, 1987], “existem somente dois modos de remover material de uma superfície: o material pode ser dissolvido da superfície como em uma reação química ou material pode ser fraturado da superfície”.

O fenômeno desgaste é um processo de degradação de um material quando em serviço. Está presente em diferentes situações, onde ocorre a perda progressiva de material a partir da superfície, por contato e movimento relativo de um sólido, líquido ou gás. Assim, equipamentos com partes móveis, como mancais de deslizamento, rotores de bombas, freios a tambor, freios a disco e válvulas tipo esféricas sofrem desgaste. Como resultado, as empresas gastam um enorme montante de dinheiro com a recuperação de peças, recuperação de equipamentos e perdas de produção.



### 3.2 DEFINIÇÕES DOS DIFERENTES TIPOS DE DESGASTE

Existe na literatura uma série de classificações diferentes para desgaste. Segundo [LEDUMA, 1981], o desgaste pode ocorrer como perda de material ou dano superficial, mas grande número de termos para descrever os processos de desgaste frequentemente complica a discussão sobre o tema.

Para [BAYER, 1994], existem pelo menos três modos em que o desgaste pode ser classificado:

- a) Pela aparência dos vestígios de dano: sulcamentos, cavacos, lascamentos, riscamentos, polimentos, fissuras e trincas entre outros.
- b) Pelos mecanismos físico-químicos que causaram a perda de material: adesão, abrasão, delaminação e oxidação;
- c) Pelas condições onde o desgaste ocorreu, desgaste lubrificado ou não lubrificado, desgaste por deslizamento metal-metal, desgaste por rolamento, desgaste em alta tensão, desgaste metálico em altas temperaturas, etc.

Segundo a norma alemã [DIN 50320, 1979-12], existem basicamente quatro mecanismos envolvidos no processo ou uma combinação deles. Tais mecanismos são:

- Adesão: formação e posterior rompimento de ligações adesivas interfaciais.
- Abrasão: remoção de material por sulcamentos, corte, fadiga e trincamento;
- Fadiga: fadiga mecânica e a posterior formação de trincas em regiões da superfície devido a tensões cíclicas tribológicas que resultam na separação de material.
- Reação triboquímica: formação de produtos de reações químicas resultantes da interação química entre os elementos de um tribosistema, iniciada por ação tribológica. Muitas vezes é designado apenas por oxidação, já que é a condição normalmente mais influente para esse mecanismo.

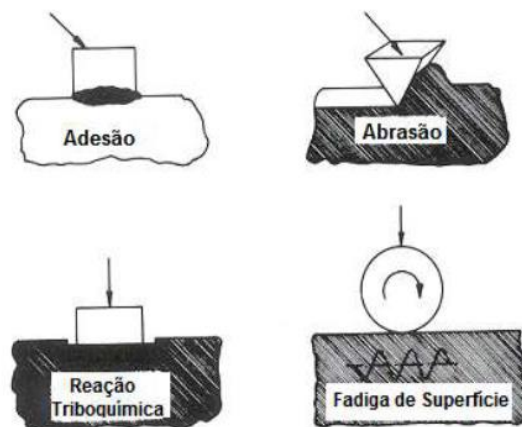


Figura 13 - Descrição esquemática de quatro principais mecanismos de desgaste.

[KALPAKJIAN, 1995].

Em contatos por deslizamento, o desgaste pode ocorrer por mecanismos de desgaste por adesão, oxidação, fadiga e/ou abrasão. Apesar de poder ser composto pelos quatro mecanismos ou uma interação entre eles, frequentemente, os danos superficiais pelo contato por abrasão (como no riscamento de sólidos) são chamados apenas de desgaste abrasivo, já que a abrasão é o mecanismo mais importante do desgaste [ZUM GAHR, 1987].

### 3.2.1 MECANISMO DE DESGASTE POR ADESÃO.

As superfícies dos materiais não são perfeitamente lisas e, portanto, contém reentrâncias de modo que o contato entre elas ocorre somente em alguns pontos. Assim, a área real de contato, é uma fração da área total aparente, tornando as tensões desenvolvidas nestas regiões muito elevadas, podendo ultrapassar o limite de escoamento do material e formar uma união. A tendência de união por adesão depende das propriedades físicas e químicas dos materiais em contato, do modo e valor da força aplicada, além da rugosidade [KELLER 1963; KALPAKJIAN, 1995].

A Figura 14 apresenta diferentes separações de superfícies unidas por adesão. Se a resistência da união é menor do que a dos materiais A e B, a ruptura da adesão ocorre na interface. Isto frequentemente ocorre se as superfícies estão cobertas por óxidos que reduzem a aderência superficial (Figura 14 (a)). A separação das uniões ocorre apenas no material A se este possuir a resistência mais baixa que a união ou que o material B (Figura 14 (b)).

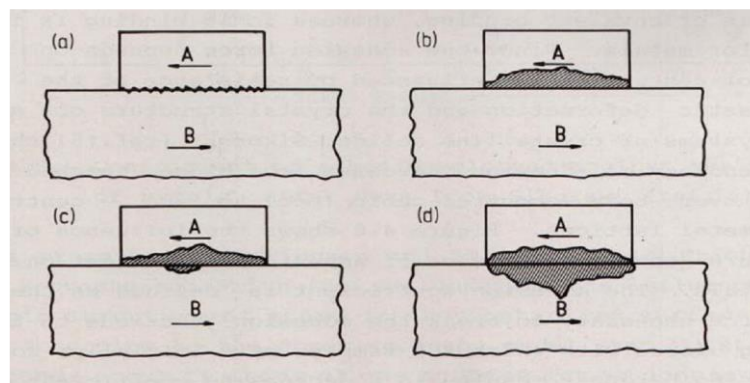


Figura 14 - Ruptura de uniões (a) Interface, (b) Adesão maior em A, (c) Adesão predominante em A, porém também em B, (d) Adesão distribuída igualmente. [KALPAKJIAN, 1995].

Para uniões de alta resistência, o rompimento ocorre predominantemente no material A, se este tiver menor resistência que a união e que o material B (Figura 14 (c)). Nestas mesmas condições de uniões, se os materiais tiverem resistências iguais ou muito similares, a separação pode ocorrer em partes iguais de ambos os lados da interface (Figura 14 (d)).

[KINLOCH, 1980] propôs quatro grupos principais de mecanismos de adesão: (A) Adesão mecânica, (B) Adesão por difusão, (C) Adesão eletrônica e (D) Adesão por adsorção, representados

esquemáticamente na Figura 15. Além destes, pode-se considerar também a adesão química, que apresenta as mesmas características da adesão por adsorção, porém com ligações mais fortes.

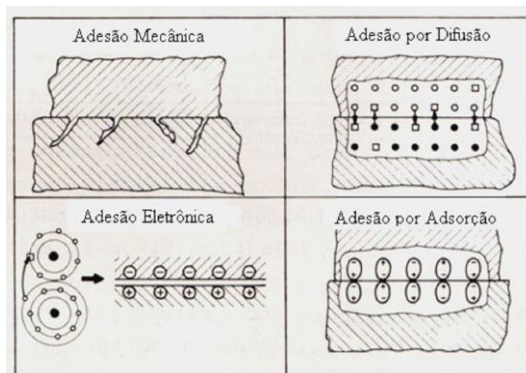


Figura 15 - Representação esquemática dos mecanismos de adesão. [KINLOCH, 1980].

Algumas considerações sobre estes mecanismos e suas possíveis ocorrências em aplicações industriais são apresentados a seguir. O mecanismo de adesão mecânica atribui a adesão ao contato entre as irregularidades das superfícies. Contribuições deste tipo de mecanismo podem ser observadas na adesão de polímeros em tecidos ou no caso da penetração de polímeros, no estado líquido, em microfissuras de superfícies metálicas. As forças de adesão são funções da área de contato e da resistência à deformação plástica dos materiais, portanto, dependem da estrutura cristalina ou mais especificamente do número e da densidade dos sistemas de escorregamento do cristal.

[SIKORSKI, 1964] mostrou que a tendência a ocorrer adesão em função da estrutura cristalina cresce na seguinte ordem: hexagonal compacta (HC), cúbico de corpo centrado (CCC) e cúbico de face centrada (CFC). A Figura 16 apresenta a variação do coeficiente de adesão em função da dureza e estrutura cristalina dos metais. O coeficiente de adesão é definido como a razão entre as forças necessárias para evitar a adesão e a força normal com o qual o material estava inicialmente comprimido. Em geral, o crescimento da dureza resulta em um decréscimo do coeficiente de adesão.

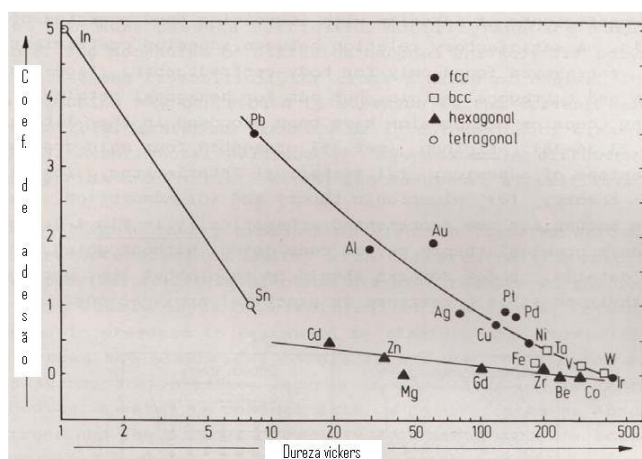


Figura 16 - Variação do coeficiente de adesão em função da dureza e estrutura cristalina de metais.

[SIKORSKI, 1964].

A adesão por difusão ocorre quando átomos ou moléculas de dois corpos em contato se difundem através da interface. Para polímeros de grandes cadeias, por exemplo, a adesão pode ser causada por difusão mútua da cadeia de moléculas ou suas ramificações através da interface [VASENIN, 1969], conforme evidenciado experimentalmente por [FLOM, 1955].

A adesão eletrônica propõe uma transferência de elétrons através da interface de contato entre corpos com diferentes bandas eletrônicas. Esta transferência de elétrons resulta em formação de uma dupla camada de carga elétrica na interface. Presume-se que a adesão seja causada por forças eletrostáticas efetivas através desta dupla camada e a transferência de elétrons através da interface seja função da natureza de contato entre os corpos.

A adesão por adsorção refere-se à adesão entre superfícies em contato intermolecular devido a ligações secundárias, como forças de Van der Waals, que são substancialmente mais fracas que ligações primárias [DERJAGUIN e SMILGA, 1969].

### **3.2.2 MECANISMO DE DESGASTE POR FADIGA.**

O desgaste devido à fadiga é caracterizado pela formação de trincas e lascamento de material causados por carregamentos cíclicos na superfície do sólido. Estes carregamentos podem ser resultantes de rolamento, escorregamento de contato ou impacto de sólidos e/ou líquidos na superfície. Em escala microscópica, este carregamento pode ser ocasionado pela rugosidade superficial de sólidos com movimento relativo.

Na fadiga por rolamento são propostos dois mecanismos para formação de lascamentos superficiais; as trincas por compressão e as subsuperficiais. As trincas são causadas por alta tensão de compressão na área de contato. As trincas na superfície sólida iniciam em inclusões superficiais, indentações de processos produtivos, indentações causadas pelas partículas de desgaste, poeira ou algo que concentre as tensões na superfície do material. As trincas iniciadas na superfície propagam-se inclinadas à superfície do material.

Embora as tensões máximas estejam localizadas logo abaixo da superfície, as trincas podem formar-se na superfície devido a interações químicas e mecânicas, ambiente ou elementos interfaciais, por exemplo, lubrificantes, poeira e fragmentos de desgaste [BEAGLEY, 1976]. Para contatos lubrificadas, [WAY, 1935] propôs que o lubrificante penetra nas trincas, com o contato dos corpos sobre a superfície trincada, e, quando submetidas a cargas cíclicas, surgem pressões hidrostáticas no lubrificante no interior da trinca, resultando em tensões suficientes para a sua propagação. De acordo com esse modelo, o aumento da viscosidade do lubrificante impede sua penetração na trinca, resultando em menor propagação das trincas e maior vida do material.

[KEER e BRYANT, 1982] propuseram um mecanismo onde a propagação da trinca pode ser causada pelo escorregamento entre faces adjacentes das trincas. Como os lubrificantes com alta

viscosidade apresentam dificuldade de penetração na trinca, ocorre maior atrito entre as faces irregulares da mesma e, conseqüentemente, menor crescimento destas. Assim o segundo mecanismo assume a formação de trincas subsuperficiais, onde a máxima tensão de contato é aumentada por descontinuidades internas, ou seja, inclusões ou carbonetos grandes, causando trincas subsuperficiais, conforme lascamentos observados por [FUJITA e YOSHIDA, 1979] que se iniciam na interface nitretosubstrato de rolos temperados.

As trincas subsuperficiais ocorrem principalmente em contatos sobrecarregados onde são formadas trincas nas zonas de deformação plástica, logo abaixo da superfície, resultando em seu lascamento. Durante a formação dos mecanismos de adesão ou abrasão, repetidos escorregamentos entre as rugosidades superficiais podem causar a formação e propagação de trincas devido a fadiga, aflorando-as na superfície e resultando em partículas de desgaste. De acordo com o modelo proposto por [Suh, 1973] trincas subsuperficiais propagam-se paralelamente à superfície.

### **3.2.3 MECANISMO DE DESGASTE POR OXIDAÇÃO.**

O atrito provocado pelo contato entre duas superfícies deslizando uma sobre outra, produz picos de temperatura nas áreas reais de contato. A magnitude dessas temperaturas depende muito da velocidade relativa das superfícies e dos materiais envolvidos, mas pode facilmente alcançar algumas centenas de graus Celsius [ZUM GAHR, 1987].

[HUTCHINGS, 1992] afirma que, para a maioria dos metais, são necessárias apenas velocidades de deslizamento moderadas para que essas regiões de alta de temperatura sejam grandes o suficiente para formar ilhas ou platôs de óxido, as quais crescem até uma espessura crítica formando camadas protetoras das superfícies que reduzem o contato metal-metal. As elevadas pressões de contato entre as asperezas, ou a microfadiga, provocam o trincamento destas ilhas levando a formação de partículas de desgaste não metálicas. Na presença de uma atmosfera de oxigênio, as partículas de desgaste são constituídas fundamentalmente de vários tipos de óxidos, que dependem diretamente da temperatura.

É sabido que em baixas temperaturas, a oxidação ocorre somente no contato entre as asperezas e está associada com os picos de temperatura. Em altas temperaturas, ocorre oxidação generalizada das superfícies, podendo inclusive, ser dominante fora da zona de contato.

No desgaste por oxidação de aços, o tipo de óxido predominante nos fragmentos de desgaste muda conforme a velocidade de deslizamento e a temperatura de contato: em baixas velocidades e temperaturas predomina o  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, em altas velocidades e temperaturas é formado o FeO e em condições intermediárias, o Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Uma das teorias que explica o mecanismo pelo qual as partículas de óxido se tornam fragmentos de desgaste sugere que o óxido formado na ponta da uma aspereza é removido quando

acontece o contato com a outra superfície de desgaste, e essa aspereza sem óxido será oxidada novamente. O novo óxido formado será removido outra vez durante o contato com o corpo. Esse processo de desgaste continua mediante a remoção e o ressurgimento das camadas protetoras das superfícies de contato e é conhecido como oxidação-raspagem-reoxidação.

As finas partículas de óxido removidas desta forma se aglomeram e podem chegar a formar grandes partículas antes de serem finalmente removidas como fragmentos de desgaste, as quais podem provocar abrasão das superfícies em contato, como é representado na Figura 17.

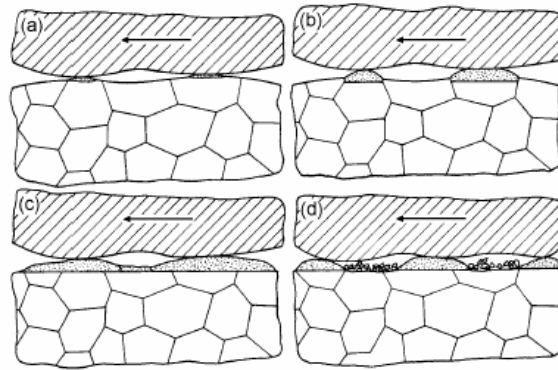


Figura 17 - Desgaste por oxidação: a) formação ilhas de oxido, b) e c) crescimento dessas ilhas d) destruição das camadas oxidadas e formação novas ilhas de óxido. Fragmentos de desgaste entre as duas superfícies. [ZUM GAHR, 1987].

### 3.2.4 MECANISMO DE DESGASTE POR ABRASÃO.

O desgaste por abrasão é causado pela interação mecânica de saliências grosseiras ou partículas não metálicas contra as superfícies de trabalho, provocando perda de massa por corte ou por arrancamento. Protuberâncias, como a rugosidade superficial, podem agir como partículas de alta dureza caso esta superfície apresente maior dureza que a contrapeça. O desgaste abrasivo pode ser também classificado quanto ao aspecto da superfície desgastada (micromecanismo) em microsulcamento, microcorte e microlascamento, conforme mostrado na Figura 18. Microsulcamento e microcorte são mecanismos dominantes em materiais mais dúcteis. A ocorrência de um deles vai depender do ângulo de ataque das partículas abrasivas. O microcorte ocorre a partir de um ângulo de ataque crítico. Este ângulo de ataque crítico é em função do material que está sendo desgastado e das condições de ensaio. Normalmente o mecanismo passa de microsulcamento para microcorte com o aumento da dureza do material que está sendo desgastado [MURRAY, 1979].

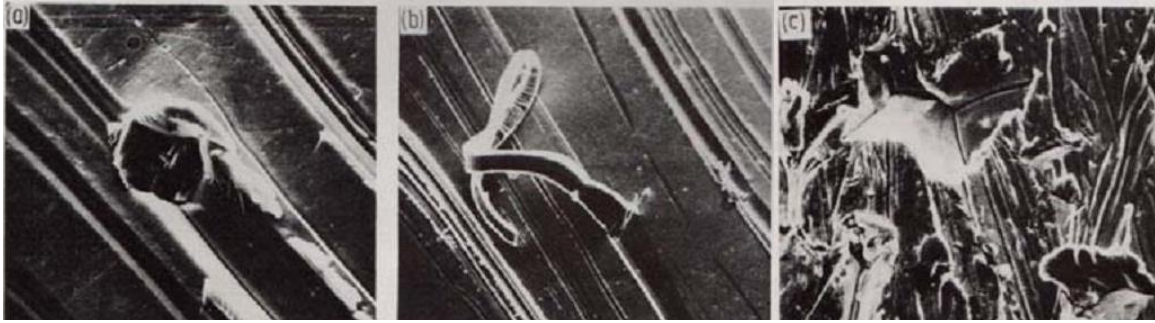


Figura 18 - Micrografias de interações entre abrasivos minerais e superfícies de aços (a) Microsulcamento, (b) Microcorte e (c) Microlascamento. [BRANKOVIC, 1998].

No microcorte puro tem-se uma perda de material igual ao volume do material arrancado proporcional ao tamanho da partícula, conforme pode-se observar na Figura 19.

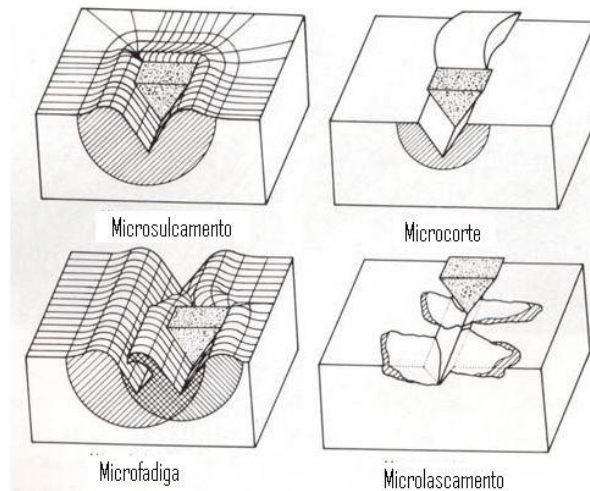


Figura 19 - Interações físicas entre partículas abrasivas e superfícies de materiais. [MURRAY, 1979].

O microlascamento ocorre quando as partículas abrasivas impõem altas concentrações de tensões na superfície dos materiais, particularmente se forem frágeis. Nestes casos, fragmentos de desgaste são destacados da superfície devido à formação e propagação das trincas (Figura 18 (c) e Figura 20). De acordo com [BOWDEN e TABOR, 1964], muitos materiais frágeis podem escoar plasticamente acima de um valor crítico que resulta em formação de trincas.

[ZUM GAHR, 1987] define o desgaste por riscamento (grooving wear) como desgaste devido à penetração de partículas duras ou asperezas da superfície de um corpo duro em superfícies (com menores durezas) de um sólido em contatos de deslizamento. Dependendo do tribossistema, o desgaste pode ser causado por uma combinação dos quatro mecanismos básicos.



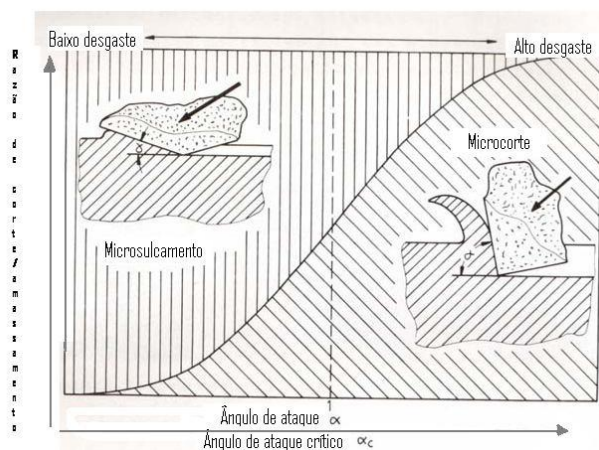


Figura 20 - Relação entre microsulcamento e microcorte em função da razão entre o ângulo de ataque e de ataque crítico. [ZUM GAHR, 1987].

Frequentemente, os danos superficiais pelo contato por riscamentos de sólidos são chamados apenas de desgaste abrasivo, já que a abrasão é o mecanismo mais importante para o desgaste.

O desgaste abrasivo representa aproximadamente 50% das ocorrências entre os vários tipos de desgaste e está presente nos mais variados campos da engenharia: mineração, processamento de materiais, processos de fabricação, desgaste de máquinas; etc [STACHOWIAK e BATCHELOR, 2001].

[GATES, 2001] sugeriu que a abrasão seja classificada em três regimes: moderado, severo e extremo. As variáveis que definem esta classificação referem-se às condições da partícula abrasiva (tamanho, angulosidade e restrição ao movimento) e aos níveis de tensão aplicada. Diferentes combinações de valores destas variáveis definiriam diferentes níveis de severidade do sistema.

Os mecanismos causadores do desgaste abrasivo classificam-se por deformação plástica e por fratura frágil. Na fratura frágil, o trincamento ocorre em contatos repetidos quando as partículas duras concentram tensões maiores que o limite de resistência das superfícies dos materiais, geralmente, frágeis. Nestes casos, grandes fragmentos de desgaste são destacados das superfícies devido à formação de trincas [HUTCHINGS, 1992].

Quando uma aspereza (dura) desliza contra um corpo de menor dureza, o modo de deformação pode ser puramente elástico, dependendo de quanto aguda é a aspereza. Nesse caso, a taxa de desgaste ou remoção de material deverá ser negligenciada (qualquer mecanismo deve depender da fadiga) e somente o atrito adesivo (por exemplo, histerese) contribui para o coeficiente de atrito resultante [XIE, 1994].

Quando materiais metálicos são desgastados pelo contato de deslizamento repetido de partículas abrasivas, ocorrem escoamentos plásticos e aquecimento. Como consequência, o material próximo à superfície é encruado [RICHARDSON, 1968]. O estado de tensões internas decorrentes da



deformação e encruamento alteram as condições de escoamento e, portanto, de comportamento plástico do material da superfície [BRESCIANE, 1991].

A resistência ao desgaste proporcional (não relativa) depende não somente da correlação entre dureza do abrasivo e da superfície de desgaste, mas também de sua natureza, resistência, forma, tamanho e afiação da partícula abrasiva. Além disso, existe uma influência substancial no desgaste pela interação entre partículas abrasivas e a superfície de desgaste como a quebra das partículas, impregnação da superfície por partículas abrasivas ou por produtos de sua fragmentação ou da obstrução dos espaços entre partículas abrasivas com produtos de desgaste do metal.

Além da elevada dureza dos abrasivos em relação à dureza dos materiais metálicos, deve-se considerar que outras características do tribossistema também podem exercer influências marcantes sobre o desgaste abrasivo, como a pressão de contato, a geometria ativa das partículas abrasivas e o seu modo de atuação (engastada, livre, com ou sem repetição de contatos na superfície), meio interfacial, entre outros. As características e dimensões dos corpos ou partículas estranhas e a maior ou menor pressão de escorregamento ou esmagamento sobre as superfícies abrasadas determinam a classificação da abrasão e as formas como deve ser combatida [BRESCIANE, 1991].

Dependendo respectivamente se o abrasivo é fixo ou livre entre duas superfícies, a abrasão pode ser classificada em dois corpos ou em três corpos. A abrasão a dois corpos se produz, quando partículas abrasivas fixas apresentam movimento relativo em relação à superfície em estudo. A abrasão a três corpos, por sua vez, representa a interposição de partículas abrasivas livres entre duas superfícies em movimento relativo.

Ressalta-se que, muito embora os casos de abrasão a três corpos sejam mais comumente encontrados, sendo inclusive uma etapa na evolução do processo a dois corpos, a maioria dos estudos dedicados à abrasão reproduz a configuração a dois corpos.

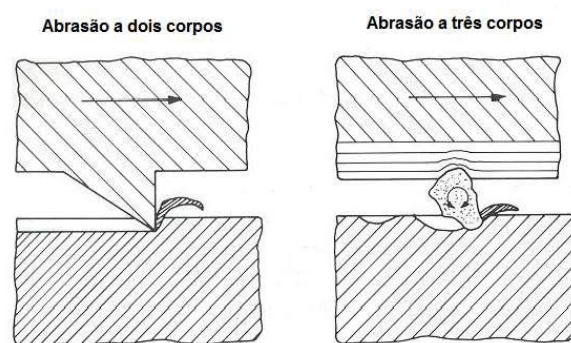


Figura 21 - Desgaste a Dois e a Três corpos. [HUTCHINGS,1992].

### 3.2.4.1 TIPOS DE ABRASÃO

Existem vários tipos de desgaste abrasivos, sendo: abrasão por goivatura (impacto), abrasão por moagem ou alta pressão e abrasão por riscamento ou baixa pressão os mais considerados [NEALE, 1995].

#### ABRASÃO POR GOIVATURA (IMPACTO).

É o desgaste que ocorre com partículas abrasivas grosseiras e de grandes dimensões, principalmente dotadas de regiões pontiagudas cortantes com dureza maior do que a parte metálica que está sendo desgastada. Pode acontecer quando há um contato sobre pressões repetitivas entre as partes. Estes fatores propiciam a penetração mais profunda do abrasivo na superfície desgastada, com a formação de sulcos profundos. Este tipo de abrasão ocorre, por exemplo, em moinhos de mandíbulas, em esteiras transportadoras de minério bruto quando há transferência do material por queda etc. Os aços austeníticos ao manganês são em geral, as ligas preferidas para combater este tipo de abrasão.

#### ABRASÃO POR MOAGEM OU ALTA PRESSÃO.

É o desgaste que ocorre entre partículas abrasivas e o metal, ocasionando o esmagamento do abrasivo ou não. É o tipo de desgaste onde o material abrasivo é fragmentado durante o contato abrasivo com a superfície desgastada. Tipicamente, esta forma de abrasão ocorre em equipamentos de moagem de minérios, que envolvem partículas de pequeno tamanho, em mancais contaminados com areia, etc. Para prevenir este tipo de abrasão, empregam-se normalmente ferros-fundidos ou aços-liga que possuam maior tenacidade do que os materiais empregados para combater a abrasão por goivatura. Neste tipo de abrasão, as partículas abrasivas poderão ser de dimensões médias, isto é, inferiores a 5cm, ou pequenas, inferiores à 1cm.

#### ABRASÃO POR RISCAMENTO OU A BAIXA PRESSÃO.

É o tipo de abrasão na qual a superfície desgastada é riscada pelo material abrasivo, que ao penetrar na superfície, promove a remoção de material. As tensões impostas sobre as partículas abrasivas, são inferiores à tensão necessária para a fragmentação do abrasivo. Tipicamente, a abrasão a baixa pressão ocorre na superfície dos componentes de equipamentos, que, direta ou indiretamente, manuseiam terras, areias ou minérios, tais como: máquinas agrícolas, equipamentos de escavação, transporte, da indústria de açúcar e álcool, de mineração, siderúrgicos etc. Para prevenir a ocorrência deste tipo de abrasão, empregam-se normalmente ferros fundidos com alto teor de cromo (martensíticos ou austeníticos), às vezes contendo outros elementos de liga, além de ligas a base de cobalto – tungstênio – carbono.

### 3.2.4.2 FATORES QUE ACELERAM O DESGASTE POR ABRASÃO.

Para uma perfeita seleção do material a ser utilizado num ambiente sujeito a desgaste conforme [NEALE, 1995], vários fatores devem ser considerados, como:

- Tamanho da partícula (grossa; fina e média);
- Formato da partícula (angulares e redondas);
- Dureza da partícula;
- Dureza do metal base;
- Velocidade e frequência do contato entre a partícula abrasiva e o metal base;
- Tamanho de grão da estrutura do metal base;
- Ângulo de incidência da partícula no metal base;
- Temperatura ambiente ou temperatura da partícula em contato com o material base;
- Tipo de desgaste ao qual o material é submetido (goivatura, impacto, deslizante, etc.);

Conforme [SPECTRU, 2007], partículas de grande tamanho provocam desgastes por abrasão acompanhado de impacto, isto leva a um desgaste acentuado que na verdade é muito mais por impacto do que abrasão.

Partículas médias, dependendo da dureza e formato, são menos agressivas, porém, partículas finas são mais abrasivas ocasionando abrasão muito incidente. Toma-se como exemplo o cimento, talco e outros materiais que são compostos de partículas finas e altamente abrasivas. É claro que a dureza destas partículas também é significativa. A forma dos materiais abrasivos varia desde arredondados até ângulos vivos. Logicamente, os abrasivos com menor dureza terão ação menos violenta.

#### EFEITO DA DIMENSÃO DO GRÃO ABRASIVO.

O tamanho de um grão abrasivo tem uma influência direta nos mecanismos associados de desgaste. Eles caracterizaram o efeito do grão abrasivo pela relação,  $w/r$ , onde  $w$  representa a espessura da ranhura e  $r$  representa o raio esférico do topo da partícula (grão). Dependendo desta relação, a partícula de grão abrasivo irá deformar plasticamente ou cortar a superfície. Como as partículas desgastadas tornam-se cegas ou o tamanho da partícula diminui, o mecanismo de desgaste exibe uma transição do corte para o desgaste de laminação.

Para ambos os tipos de desgaste abrasivo (dois ou três corpos), um tamanho crítico da partícula abrasiva pode ser observado. O desgaste volumétrico aumenta com o aumento do tamanho do grão abrasivo para esta dimensão crítica.

Durante o desgaste abrasivo, a extensão da região tencionada plasticamente abaixo da superfície depende do tamanho do grão abrasivo e da carga aplicada [DEUIS, 1996].

#### EFEITO DA CARGA APLICADA.

A carga a ser aplicada sobre os corpos em atritos durante o processo de desgaste abrasivo também é um dos fatores que influencia fortemente a taxa de desgaste no material.

Equações para quantificar a importância da carga aplicada no corpo de prova em relação ao tamanho do grão abrasivo em um desgaste abrasivo de dois corpos foi proposta por [MONDAL, 1998]. Suas equações permitem obter as taxas de desgaste abrasivo teórico nos processos de abrasão. Foram desenvolvidas equações através de regressões lineares tanto para ligas como para materiais compostos.

O efeito da carga na taxa de desgaste obtida tanto para os materiais compostos como para as ligas é bem mais severo que o efeito do tamanho dos grãos abrasivos. Sendo que em relação aos materiais por estes testados (ligas e compósitos), o efeito da carga e do tamanho do abrasivo na taxa de desgaste é relativamente maior no caso dos materiais compostos do que nas ligas. Porém, existem algumas combinações de tamanhos de grãos com quantidade de cargas aplicadas que podem fazer com que a taxa de desgaste abrasivo seja maior nas ligas do que nos materiais compostos [Mondal, 1998].

Esta maior influência da carga aplicada na taxa de desgaste em relação à variação do tamanho dos grãos pode ser observada na Tabela 1, tanto para os materiais compostos (uma liga de alumínio com partículas de óxido de alumínio), como para ligas (no caso uma liga de alumínio).

Tabela 1 - Influência da carga aplicada na taxa de desgaste em relação à variação do tamanho dos grãos. [MONDAL, 1998].

<b>Condição</b>	<b>Tamanho da partícula (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Carga aplicada (N)</b>	<b>Taxa de desgaste em uma liga de alumínio (<math>10^{-11} \text{ m}^3/\text{m}</math>)</b>	<b>Taxa de desgaste em um material composto (<math>10^{-11} \text{ m}^3/\text{m}</math>)</b>
1	80	7	39,08	38,19
2	80	1	7,98	2,80
3	30	7	31,00	26,19
4	30	1	7,25	2,17

O desgaste abrasivo, a extensão da região deformada plasticamente na subsuperfície depende não só do tamanho do grão abrasivo, mas também da carga aplicada [MONDAL, 1998].

#### INFLUÊNCIA DA DUREZA

[ZUM GAHR, 1987] enfatizou o papel das partículas da segunda fase provendo áreas localizadas com alta concentração de tensões que influenciam na taxa de desgaste. A maior resistência ao desgaste foi obtida em microestruturas refinadas, com partículas semicoerentes dispersas. A influência dos carbonetos na resistência ao desgaste depende de sua dureza em relação à dureza da

matriz. Uma redução no tamanho do grão aumenta a dureza e também conduz ao aumento da resistência ao desgaste.

A dureza do material determina a profundidade da indentação das partículas abrasivas, influenciando a profundidade relativa penetrada, quando esta for maior que a profundidade de indentação crítica para fratura, a taxa de desgaste é alta [DEUIS, 1996].

A Tabela 2 direciona a identificação do tipo de desgaste que possa estar ocorrendo em determinada situação.

Tabela 2 - Classificação dos fenômenos de desgaste [DIN 20.320].

Estrutura do sistema	Ação tribológica	tipos de desgaste	Mecanismo efetivo(individual ou combinado)			
			Adesão	Abrasão	Fadiga superf.	Reações trib.
sólido/fluido interfacial/ sólido	deslizamento impacto laminação	#			X	X
sólido/sólido com lubrificação ou não	deslizamento	desgaste por deslizamento	X	X	X	X
	laminação	desgaste por laminação	X	X	X	X
	impacto	desgaste por impacto	X	X	X	X
	oscilação	desgaste por atrito	X	X	X	X
sólido/partículas sólidas	deslizamento	Abrasão por deslizamento		X		
	deslizamento	Abrasão por deslizamento (com 3 corpos)		X		
	rolamento	Abrasão por rolamento (com 3 corpos)		X		
sólido/fluido c/ partículas	fluxo	erosão por partículas		X	X	X
sólido/gás com partículas	fluxo	erosão por fluido		X	X	
	impacto	desgaste por impacto de partículas		X	X	X
sólido/fluido	fluxo com oscilação	cavitação do material, erosão c/ cavitação			X	X
	impacto	erosão por queda			X	X

### 3.3 DESGASTE DAS LONAS

O desgaste dos componentes de fricção é diretamente proporcional à temperatura. Segundo [Cueva, 2002] quando duas superfícies deslizam uma sobre a outra, o atrito entre elas provoca temperaturas elevadas em certos pontos da superfície e a velocidade relativa das superfícies influencia diretamente essas temperaturas. Em velocidades relativas moderadas no deslizamento, alguns metais formam essas regiões de elevadas temperaturas, formando ilhas ou platôs de óxido que podem formar uma camada entre as superfícies que deslizam entre si, reduzindo assim o contato.

O desgaste no sistema de freios é um claro exemplo em que o fenômeno é necessário para a eficiência do sistema. O desgaste dos materiais de atrito é necessário para que se possa assegurar a renovação da superfície de atrito. Caso contrário, chegaríamos a extremos, que é o espelhamento dessa mesma superfície. Por outro lado, essa renovação não deve ser muito rápida, pois assim teríamos pouca durabilidade. A temperatura é um aspecto altamente relevante quando se fala de desgaste excessivo, pois em níveis acima dos quais o freio fora projetado para operar, potencializa o desgaste dos componentes de fricção. A durabilidade também é afetada pela geometria do freio e o acabamento superficial da pista de frenagem.

O material de atrito das lonas de freio dos veículos de grande porte quando submetido a trabalho em temperaturas elevadas, até 350°C por exemplo, apresenta redução no seu coeficiente de atrito. Denominamos este fato com FADE. Esta redução do atrito, entretanto, deve manter-se dentro de limites toleráveis, de modo que o conjunto ainda apresente uma boa eficiência, resfriando o mesmo até a temperatura ambiente. A fabricante das lonas freio [Frasle, 2011] fornece em seu catálogo técnico dados de Ensaio de Fade (Figura 22), onde mostra qual o comportamento esperado de seu produto evidenciando a recuperação do parâmetro, coeficiente de atrito.

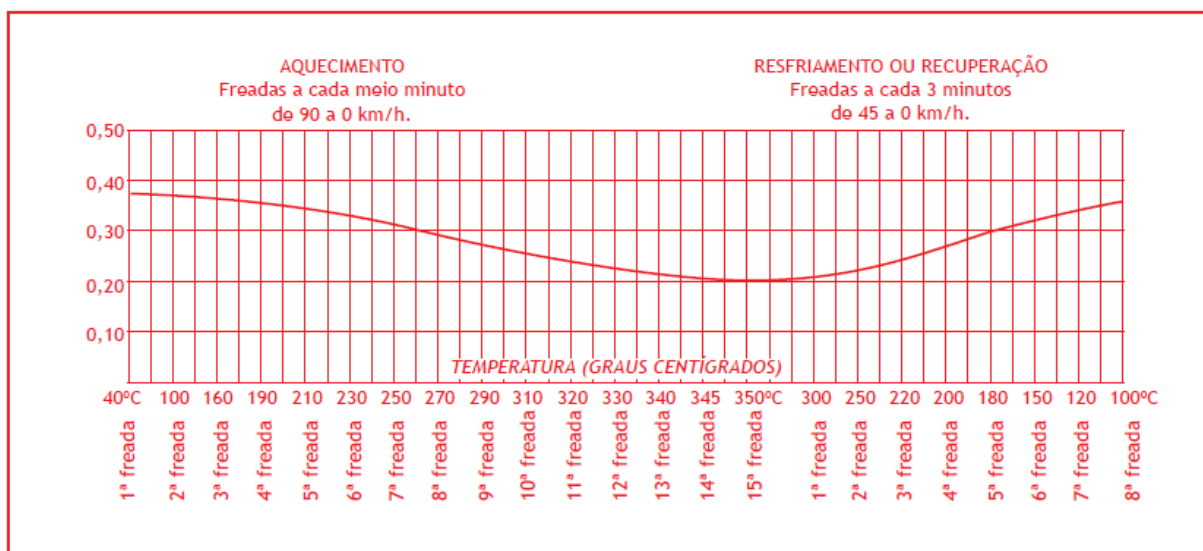


Figura 22 - Ensaio de Fade. [FRASLE, 2011].

As fabricantes de lonas de freio apontam alguns fatores que decorrem de falhas, na instalação, manutenção e/ou operação os quais amplificam o fenômeno tornando um problema para o sistema de freio. São eles:

- a) Retirada dos espelhos de roda, possibilitando a entrada de corpos estranhos entre a lona e o tambor, assim, potencializando o desgaste por abrasão e até o surgimento do desgaste por reação triboquímica, dependendo do material dos corpos estranhos.

- b) Regulagem excessiva da distância entre a lona e o tambor, ficando esta, fora dos padrões especificados pelos fabricantes. Ocorre o desgaste excessivo da lona e do tambor, como também a possível falha no acionamento dos freios.
- c) Molas de retorno fracas, falha catastrófica para as lonas de freio, pois as mesmas permanecem em contato com o tambor por muito tempo, mantendo uma temperatura excessivamente alta, acarretando assim na carbonização da mesma.

## 4 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DAS LONAS DE FREIO.

*Este capítulo apresenta uma metodologia piloto, focada em analisar o desgaste excessivo da componente lona de freios.*

### 4.1 DEFINIÇÃO

Da revisão bibliográfica feita a respeito de sistemas de frenagem e sobre desgaste, pode-se listar uma metodologia a ser utilizada em busca da análise de tal fenômeno que está ocorrendo sobre componente em questão.

Para tal análise, deverão ser estudados dois tipos de documento da empresa de transporte público, proprietária dos 535 Veículos Volkswagen 17-230: serão compreendidos os Registro das Análises de Folga dos Freios (RAFF) e os Relatórios de Manutenção, na parte referente aos componentes do sistema de frenagem (RMF). Ambos os tipos de documento referente às rodas dianteiras dos ônibus em questão. Analisar-se-iam, tais arquivos, de 6 carros.

A presente metodologia prevê que sejam adotados, para a análise, alguns parâmetros de comparação, com o objetivo entender quais os problemas, seus tipos e possíveis origens, no desgaste prematuro citado. O estudo deverá ser realizado na parte dianteira do sistema de frenagem, mas entender como está funcionando nas rodas traseiras, faz parte de selecionar bons parâmetros a serem analisados. Por isso, ambos os documentos (RAFF e RMF) devem ser das rodas dianteiras e traseiras. Torna-se importante, enfatizar que 6 arquivos (dos dois tipos) referentes às rodas traseiras também sejam estudados, a título de serem tomados como modelo, já que não sofrem o mesmo problema de brevidade.

### 4.2 DOCUMENTOS RAFF E RMF

O RAFF é o documento que registra a análise, que os mecânicos da empresa devem fazer para averiguar se está, ou não, no período de trocar as lonas de um freio. Analisam se as folgas (*gap* entre lonas e tambor), já estão em uma dimensão em que a substituição de lonas já é indicada.

Já o RMF é o escrito que relata os procedimentos e observações, quando do período de manutenções nos carros, redigidos pela equipe técnica responsável por esses procedimentos.



### **4.3 PARÂMETROS**

Deverão ser adotados 8 parâmetros de entendimento, que giram em torno de:

Parametrização para Análise entre as Rodas de um Eixo (PARE), que estudará as características diferentes, ou não, entres os lados Esquerdo e Direito do eixo dianteiro. Serão analisadas as Rodas Dianteiras Esquerdas (DE) e Rodas Dianteiras Direitas (DD);

Parametrização para Análise entre Cada uma dos conjuntos de Sapatas de Lonas (PACSL), que estudará as características diferentes, ou não, entres as lonas fixadas nas duas sapatas de freios existentes em cada uma roda. Serão analisadas as Sapatas de Lonas Superiores (LS) e Sapatas de Lonas Inferiores (LI);

Parametrização para Análise dos dois Lados de uma mesma Sapata de Lonas (PALSL). Serão os Lado de Fora (LF) e Lado de Dentro (LD). Sendo este, o lado mais próximo ao centro do veículo e, aquele, o lado mais voltado à rua.

### **4.4 ANÁLISES**

Para análise do sistema de freios, é interessante que se respeite as recomendações da norma Inspeção Segurança Veicular –Veículos Leves e Pesados –Parte 6: Freios [NBR 14.040-6, 1998], que utiliza métodos de inspeções visual e mecanizada.

Deverão ser realizadas 2 tipos de análises, tais como:

Análise de Aspectos Visuais, conforme o procedimento normatizado pela resolução 50.320 do conjunto de Normas DIN, referenciado anteriormente pela Tabela 2;

Análise de Espessura, com o intuito de comparar as dimensões, nos parâmetros de localização preestabelecidos, serão realizadas utilizando –se paquímetro analógico convencional;

### **4.5 INSTRUMENTOS**

As lonas de freio necessitarão ter suas espessuras medidas através de um paquímetro analógico convencional de marca e modelo Mitutoyo - Série 530, que tem fundo de escala de 0,05mm e erro associado  $\pm 0,0025\text{mm}$ .

#### 4.6 METODOLOGIA DA AQUISIÇÃO DE RESULTADOS

A Tabela 3 foi desenvolvida com o intuito de esclarecer como se atrelarão os 8 parâmetros de localização adotados e os procedimentos de análises que estes sofrerão, em busca de um diagnóstico a respeito do desgaste excessivo. Sendo que os resultados, futuramente obtidos, devem ser estudados/comparados com as especificações do fabricante, bem como vistos juntamente com as análises dos freios traseiros. Seguindo condutas previstas em normas.

Tabela 3 - Parâmetros para Análises. .

Análises					
Parâmetros			Espessura (mm)	Aspecto visual	
DD	LS	LF	La <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>
			La <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>
			Lb <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>
			Lb <sub>1</sub>	X <sub>4</sub>	Y <sub>4</sub>
		LD	La <sub>3</sub>	X <sub>5</sub>	Y <sub>5</sub>
			La <sub>4</sub>	X <sub>6</sub>	Y <sub>6</sub>
			Lb <sub>4</sub>	X <sub>7</sub>	Y <sub>7</sub>
			Lb <sub>3</sub>	X <sub>8</sub>	Y <sub>8</sub>
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	X <sub>9</sub>	Y <sub>9</sub>
			Lc <sub>2</sub>	X <sub>10</sub>	Y <sub>10</sub>
			Ld <sub>2</sub>	X <sub>11</sub>	Y <sub>11</sub>
			Ld <sub>1</sub>	X <sub>12</sub>	Y <sub>12</sub>
		LD	Lc <sub>3</sub>	X <sub>13</sub>	Y <sub>13</sub>
			Lc <sub>4</sub>	X <sub>14</sub>	Y <sub>14</sub>
			Ld <sub>4</sub>	X <sub>15</sub>	Y <sub>15</sub>
			Ld <sub>3</sub>	X <sub>16</sub>	Y <sub>16</sub>
DE	LS	LF	La <sub>1</sub>	X <sub>17</sub>	Y <sub>17</sub>
			La <sub>2</sub>	X <sub>18</sub>	Y <sub>18</sub>
			Lb <sub>2</sub>	X <sub>19</sub>	Y <sub>19</sub>
			Lb <sub>1</sub>	X <sub>20</sub>	Y <sub>20</sub>
		LD	La <sub>3</sub>	X <sub>21</sub>	Y <sub>21</sub>
			La <sub>4</sub>	X <sub>22</sub>	Y <sub>22</sub>
			Lb <sub>4</sub>	X <sub>23</sub>	Y <sub>23</sub>
			Lb <sub>3</sub>	X <sub>24</sub>	Y <sub>24</sub>
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	X <sub>25</sub>	Y <sub>25</sub>
			Lc <sub>2</sub>	X <sub>26</sub>	Y <sub>26</sub>
			Ld <sub>2</sub>	X <sub>27</sub>	Y <sub>27</sub>
			Ld <sub>1</sub>	X <sub>28</sub>	Y <sub>28</sub>
		LD	Lc <sub>3</sub>	X <sub>29</sub>	Y <sub>29</sub>
			Lc <sub>4</sub>	X <sub>30</sub>	Y <sub>30</sub>
			Ld <sub>4</sub>	X <sub>31</sub>	Y <sub>31</sub>
			Ld <sub>3</sub>	X <sub>32</sub>	Y <sub>32</sub>

## 5 CARGAS DE FRENAGEM

*O capítulo 5 deste trabalho tem o propósito de trazer o equacionamento acerca dos assuntos relacionados à cargas de frenagem. A luz da bibliografia, calcula e entende as distribuições de grandezas nos freios.*

### 5.1 FREIO A TAMBOR SIMPLEX TIPO S CAME COM ATUAÇÃO PNEUMÁTICA.

É um dos freios mecânicos mais potentes do mercado, utilizados em grande escala no segmento de caminhões, ônibus e implementos rodoviários. Pelas suas características construtivas são capazes de entregar torques de frenagem superiores a 40.000 Nm. Sua manutenção é rápida e de baixo custo.

Os primeiros freios pneumáticos foram inicialmente desenvolvidos para trens por volta de 1868 por George Westinghouse e após algumas alterações e melhorias, em 1872, Westinghouse patenteou o primeiro freio pneumático Tipo S Came, Figura 23, e expandiu sua aplicação inicial para a totalidade dos veículos comerciais existentes.



Figura 23 - Freio S Came [MASTER FREIOS, 2015].

Os freios S Came são encontrados em diversos diâmetros e larguras de sapatas. As sapatas podem ser construídas por alma simples ou dupla, fundidas ou soldadas e ainda receberem lonas tipo segmento (01 lona por sapata) ou então blocos de freio (02 blocos por sapata).

A Figura 24 mostra o dimensional de um freio simplex tipo S Came e na Tabela 4 tem-se as dimensões dos parâmetros para o freio estudado pelo projeto retirado dos catálogos em anexo.

Tabela 4 – Dimensional do Conjunto de freio 15” x 7” Q-Plus – dimensões em [mm] exceto;  $\alpha_0$  e  $\alpha_1$ .

Parâmetros	$\alpha_0$	$\alpha_1$	L	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	a	z	c	d	e	h	t
Dimensões	106,50°	76,52°	152,40	14,30	21,71	18,90	150,80	177,80	32,00	35,00	21,50	296,80	190,50

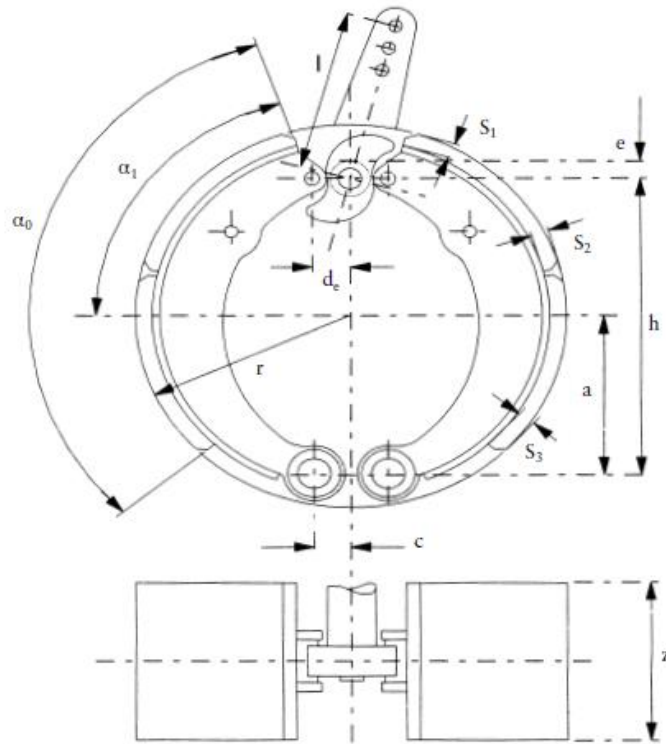


Figura 24 – Dimensional de um Freio Simplex S Came. Adaptado [JORNAL OFICIAL DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, 1998].

Para se fazer a seleção de um freio S Came de um determinado projeto, deve-se considerar todas as variáveis envolvidas, como características físicas do veículo que receberá o freio, o peso bruto total, o carregamento por eixo, balanceamento de frenagem, etc. O suporte do freio S Came, aranha de freio, Figura 25, é o seu elemento estrutural principal, uma vez que todas as ações de forças nas sapatas são ancoradas pelo suporte.



Figura 25 - Aranha de freio. [MASTER FREIOS, 2015].

Para se calcular o torque de frenagem de um freio S Came, seguiu-se o algoritmo proposto por Diulgheroglo, 2007. Afim de se determinar a pressão máxima por sapata. Considerando-se o equilíbrio de momentos no ponto de ancoragem H, Figura 26.

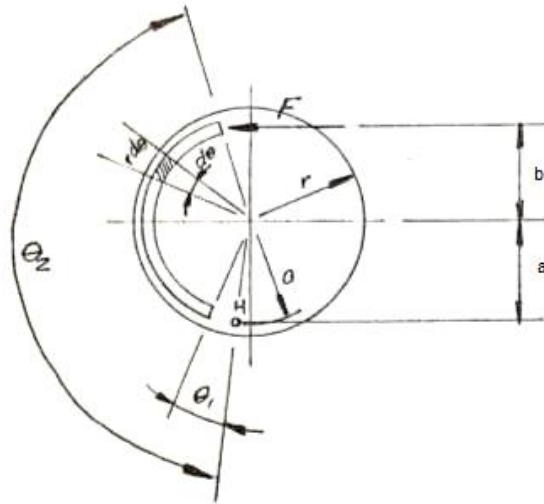


Figura 26 - Equilíbrio de forças no ponto de ancoragem. [DIULGHEROGLO, 2007].

Assim temos que:

- $b = 146 \text{ mm}$
- $r = 190,5 \text{ mm}$
- $\theta_1 = 48^\circ$
- $\theta_2 = 154,5^\circ$

$$P = \frac{(b + c) \cdot F}{r \cdot e^2 \cdot (\Phi_1 \pm \Phi_2)} \quad (1)$$

onde,

$$\Phi_1 = (\theta_2 - \theta_1 + \text{sen}\theta_1 \cdot \text{sen}\theta_1 - \text{sen}\theta_1 \cdot \text{cos}\theta_2) \cdot a \div 2 \cdot r \quad (2)$$

$$\Phi_2 = \text{cos}\theta_2 - \text{cos}\theta_1 + (\text{sen}^2\theta_2 - \text{sen}^2\theta_1) \cdot a \div 2 \cdot r \quad (3)$$

lembrando que;

$$T = F \times r \quad (4)$$

$$P = \frac{F}{A} \quad (5)$$

pode-se reajustar a Equação (1) da seguinte maneira:

$$T = \frac{\mu \cdot (\text{cos}\theta_1 - \text{cos}\theta_2) \cdot (b + c) \cdot F}{\Phi_1 \pm \mu \cdot \Phi_2} \quad (6)$$

O sinal ( $\pm$ ), Eq. (1) e Eq. (6), indica o sentido de acionamento da sapata: se ele é a favor do movimento de rotação do tambor, (+), ou é no sentido oposto (-). Assim, determina-se que:

- (+): Sapata Inferior
- (-): Sapata Superior

Para-se determinar  $F$ , força de acionamento, faz-se a análise, Figura 27, na involuta “S”:

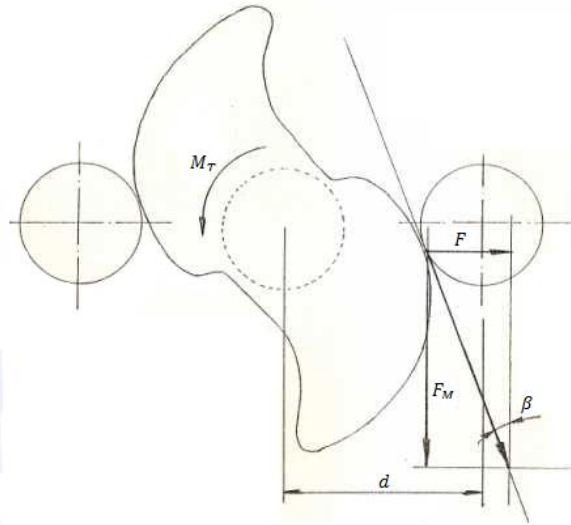


Figura 27 - Análise de esforços, involuta "S". Adaptado [DIULGHEROGLO, 2007].

Da Figura 27, tem-se que:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{F}{F_M} \quad (7)$$

o momento,  $M_T$ , pode ser dado como:

$$M_T = F_M \times d \quad (8)$$

assim, tem-se, unindo as Equações (7) e (8), que:

$$M_T = \frac{F \times d}{\operatorname{tg}\beta} \quad (9)$$

Simplificando para  $\beta = 45^\circ$ , tem-se ainda que:

$$M_T = F \times d \quad (10)$$

Analisando agora o sistema de freios incluindo o sistema pneumático, pressão na linha e transmissão desta, em força de aplicação da câmara de freio no eixo “S”, tem-se a Figura 28.

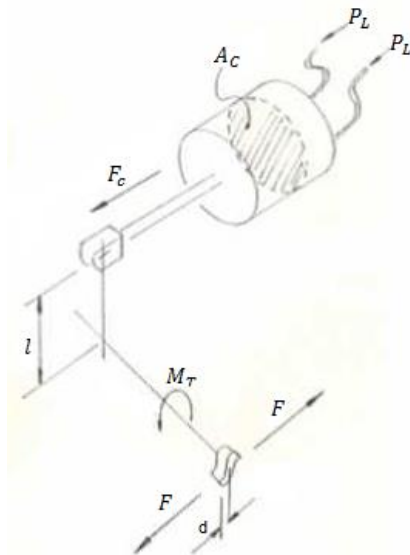


Figura 28 - Análise da ação da força de acionamento da câmara de freio sobre o eixo S. Adaptado [DIULGHEROGLO, 2007].

Da Figura 28, tem-se:

$$P_l = \frac{F_c}{A_c}$$

(11)

Assim, determina-se  $M_T$ , momento gerado no acionamento dos freios:

$$M_T = F_c \times l \tag{12}$$

Das Equações (10), (11) e (12), resulta que:

$$F = \frac{P_L \cdot A_c \cdot l}{d} \tag{13}$$

Por fim tem-se, para os freios do caso em estudo, que: o dianteiro, com 15” x 7” Q-Plus, dimensional especificado na Tabela 4 e, ainda, o freio traseiro 15” x 8,5/8” Q-Plus, dimensional especificado na Tabela 5, aplicando-se às Equações (6) e (13), sendo ainda a pressão de linha em um sistema de freio pneumático igual a 4 bar, e o coeficiente de atrito médio entre a lona de freio e o tambor igual a 0,350.

Como resultado do exposto, se apresenta a Tabela 6.

Tabela 5 - Dimensional do Conjunto de freio 15” x 8,5/8” Q-Plus – dimensões em [mm] exceto;  $\alpha_0$  e  $\alpha_1$ .

Parâmetros	$\alpha_0$	$\alpha_1$	L	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	a	z	c	d	e	h	r
Dimensões	106,50°	76,52°	152,40	14,30	21,71	18,90	150,80	219,10	32,00	35,00	21,50	296,80	190,50

Tabela 6 – Resultados obtidos após aplicação de metodologia citada. .

Grandeza	Eixo Dianteiro			Eixo Traseiro		
	Superior	Inferior	Roda	Superior	Inferior	Roda
F (kN)	26,97	26,97	-	26,97	26,97	-
T (kN.m)	1,45	4,27	5,72	1,45	4,27	5,72

## 5.2 POTÊNCIA DE FRENAGEM.

Quando o motor de um veículo está desengrenado pode-se admitir que a energia de movimento do veículo é dissipada pelos freios durante uma frenagem. Então;

- se  $M$  representa a massa do veículo em kg.
- $V_i$  a velocidade do veículo em movimento antes da frenagem em m/s.
- $V_f$  a velocidade do veículo no final da frenagem em m/s,

Então a energia,  $E_c$ , a ser absorvida pelos freios em uma frenagem é dada por:

$$E_c = \frac{M \cdot (V_i - V_f)^2}{2} \quad (14)$$

A energia de uma freada de  $V_i$  para  $V_f$ , é dissipada em um tempo  $t$ , dado por:

$$t = \frac{V_i - V_f}{\alpha} \quad (15)$$

onde  $\alpha$  é a desaceleração do veículo em  $m/s^2$ .

Porém a eficiência de frenagem,  $\eta$ , é uma razão entre a desaceleração obtida no veículo, e a aceleração da gravidade,  $g$ , especificamente:

$$\eta = \frac{\alpha}{g} \quad (16)$$

Sendo a definição de potência a razão de Energia por tempo, a potência de frenagem,  $Pot$ , desenvolvida pelos freios e igual a:

$$Pot = \frac{E}{t} \quad (17)$$

Assim, a partir das Equações (14) à (17) pode-se definir que a potência de frenagem, em cv (cavalo vapor), é:



$$Pot = \frac{5.M.(V_i - V_f).\eta}{736}$$

(18)

O veículo em estudo apresenta um peso bruto total de 17.300 kg onde se distribui entre eixos dianteiro e traseiro, no estado inercial:

- Eixo dianteiro – 6.300 kg
- Eixo Traseiro – 11.000 kg

Tem-se, apenas em tom de exemplo, que a potência desenvolvida para uma frenagem de 80 km/h a 0 km/h e considerando-se uma eficiência de frenagem de 40% ou 4 m/s<sup>2</sup>, temos:

- Eixo dianteiro – 380,4 cv.
- Eixo Traseiro – 664,3 cv.
- Potência total – 1044,7 cv.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

*O objetivo do presente capítulo é apresentar, por meio de tabelas e gráficos, os resultados obtidos a partir da análise aplicada. Bem como averiguar possíveis interações entre o que foi observado e os modos de falhas.*

### 6.1 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

#### 6.1.1 DOCUMENTOS

Após estudo dos documentos citados no capítulo referente a criação de uma metodologia a ser utilizada, com o intuito de viabilizar a compreensão do desgaste prematuro das lonas de freio (capítulo 4º), pôde-se perceber que ambos os relatórios: Registro das Análises de Folga dos Freios (RAFF) e os Relatórios de Manutenção, na parte referente aos componentes do sistema de frenagem (RMF), narram qualitativa e quantitativamente a forma como o material de desgaste é consumido durante um uso médio, determinado pela periodicidade do cronograma de manutenções (exemplificadas na imagem do ANEXO III).

Este segundo documento citado relata, de forma qualitativa eventuais aspectos tomados visualmente pelos funcionários da oficina quando das manutenções. Descrevem as ocorrências de possíveis quebras das lonas de freios, desprendimento das fixações feitas por rebites (imagem, vide ANEXO IV), eventuais impregnações de óleo, sujeira, barro e quaisquer agentes externos. Nesses relatórios são expressados, sucintamente via breve texto, eventuais anormalidades passíveis de serem reconhecidas a olho nu que possam ter ocorrido.

Já aquele primeiro (nomeado RAFF), nos exporta informações de caráter quantitativo no que diz respeito às medições feitas acerca das dimensões do espaço existente entre a superfície da lona de freio e o tambor (*gap*).

De uma forma geral, a análise dos relatórios de nosso espaço amostral (6 ônibus), nos evidencia que não são raras as vezes em que o consumo das lonas de freios impressionam os mecânicos, surpreendendo-os pela ocorrência de uma taxa de desgaste bem maior do que o por eles esperado. Ressalta-se, ainda, que existem relevantes números de observações narrando desprendimento dos rebites que fixam as lonas às sapatas e, consequentes quebras parciais em locais em torno desses pontos destinados à fixação; conforme apresentado na Figura 29 e na imagem do ANEXO IV. O material proveniente dessas quebras se espalham e permanecem dentro do sistema de frenagem, mais precisamente entre o tambor e a lona.

É válido salientar que os arquivos estudados, referentes a porção traseira do sistema de frenagem, não apresentam queixas desses materiais/ agentes presentes entre o contato.



Figura 29 – Perda de material nas lonas.

### 6.1.2 QUANTO AO DESGASTE NOS PARÂMETROS DE LOCALIZAÇÃO

A análise feita junto aos parâmetros de localização, criados anteriormente, vêm exemplificando como o consumo varia de acordo com a porção da lona a ser medida.

Destacam-se, por conjunto dianteiro de freios, 8 faixas/ regiões axiais ao eixo da roda onde é interessante haver medição do desgaste. Existindo 16 parâmetros de localização por roda: Sendo pelos lados de dentro e de fora dos conjuntos superior e inferior de lonas. A Figura 30 esclarece esses locais a serem medidos/ acompanhados.

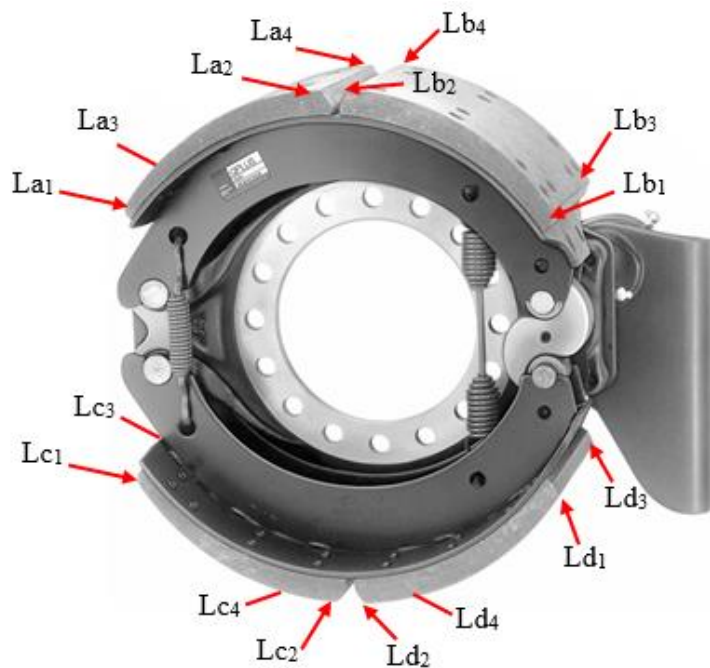


Figura 30 – Locais de Análise. .

Para um certo intervalo de tempo de uso, definido como 1 mês, se faz então, em cada um desses locais, a análise visual e a medição de espessura da lona, anotando –se ambos os resultados. Sendo que aquele é qualitativo e representado por uma palavra/ adjetivo que define seu estado quanto à existência ou não de trincas, quebras, falta de fixação pelos rebites ou perda de matéria; enquanto este outro resultado é quantitativo, expressando a dimensão em milímetros da lona naquele ponto.

Uma planilha pôde ser alimentada com essas informações qualitativas e quantitativas a respeito desses pontos do ônibus (no eixo dianteiro). É o que se mostra na Tabela 7.

Tabela 7.

### **6.1.3 INSPEÇÃO VEICULAR NORMATIZADA**

A norma Inspeção Segurança Veicular –Veículos Leves e Pesados –Parte 6: Freios [NBR 14.040-6, 1998] utiliza métodos de inspeções visual e mecanizada para análise do sistema de freios. Respeitando as recomendações desta, nos quesitos visuais e de medição, munidos ainda de orientações contidas na Norma DIN 50.320 a respeito de uma possível identificação visual dos tipos de desgaste existentes, sozinhos ou combinados, aparentes nas lonas, foram feitas as análises apresentadas.

Quanto à inspeção mecanizada, proposta pela NBR, se faz necessário a presença de um equipamento conhecido por frenômetro, que é capaz de medir a força de frenagem por roda do veículo, trabalhando como se fosse o inverso de um dinamômetro de rolo: aplicando rotação sobre cada roda e medindo o torque, e conseqüentemente a força, exercidos pelo freio do veículo destinados a imobilizar o rolo que gera o movimento em questão. A norma avalia os três seguintes parâmetros: a eficácia de frenagem por roda, que é a relação percentual entre a força de frenagem medida em uma roda e o peso incidente nessa roda; a eficiência total de frenagem, que é a relação percentual entre a força total de frenagem e o peso total do veículo; e o desequilíbrio de frenagem, que mede a maior diferença entre as forças de frenagem medidas simultaneamente nas rodas de um mesmo eixo.

Esta parte mecanizada da inspeção é feita/ exigida quando da homologação dos sistema de freio junto ao INMETRO e tratam, basicamente, da capacidade ou não de se parar o veículo. Os freios em questão, em sua homologação, já foram submetidos a estes testes e encontram –se adequados quanto a isso. Por esse motivo, além do fato de não se possuir o equipamento frenômetro, bem como por não se tratar de um teste relacionado ao desgaste dos freios (e sim à sua capacidade de parar ou não o veículo), esta parte da sugestão de inspeção, dita por mecanizada, não foi realizada.

## **6.2 RESULTADOS**

Os resultados das medições realizadas acerca da porção dianteira do freio, bem como a análise qualitativa do aspecto visual das lonas, serão apresentados em tabelas que se seguem. Sendo que apresentam –se as análises feitas em duas averiguações consecutivas intercaladas por um intervalo de

um mês. Quando da primeira verificação, o veículo modelo completara o primeiro mês desde a instalação das lonas novas com 3.730 km, enquanto na segunda parada para medição, após então 60 dias com o conjunto de lonas, o ônibus marcava 6.997 km de quilometragem rodada desde a instalação de tais componentes.

Pode –se observar os resultados para meia vida e fim de vida das lonas de freio do veículo citado na Tabela 7.

Tabela 7 - Ônibus Modelo com espessuras de lonas: Meia vida (1 mês - 3.730 km) e Fim de vida (2 meses - 6.997 km) – Dianteiro. .

Parâmetros		Análises					
		Espessura (mm)	Aspecto visual	Espessura (mm)	Aspecto visual		
DD	LS	La <sub>1</sub>	6,67	polido	2,50	lascamento leve/polido	
		La <sub>2</sub>	9,62	sem agressão	4,17	sem agressão	
		Lb <sub>2</sub>	9,91	sem agressão	4,47	sem agressão	
		Lb <sub>1</sub>	9,40	lascamento leve	3,36	lascamento moderado	
	LD	La <sub>3</sub>	6,46	polido	1,63	lascamento leve/polido	
		La <sub>4</sub>	8,80	sem agressão	3,29	sem agressão	
		Lb <sub>4</sub>	9,29	sem agressão	2,63	sem agressão	
		Lb <sub>3</sub>	7,71	lascamento moderado/polido	2,00	Perda total de material	
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	4,30	lascamento leve	1,08	lascamento leve/polido
			Lc <sub>2</sub>	7,09	sem agressão	2,99	sem agressão
		LD	Ld <sub>2</sub>	7,47	sem agressão	3,40	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	4,90	sem agressão	3,28	sem agressão
		LD	Lc <sub>3</sub>	3,14	lascamento leve	1,73	lascamento moderado
			Lc <sub>4</sub>	6,15	sem agressão	2,43	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	6,64	sem agressão	2,60	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	3,48	sem agressão	1,69	polido
	DE	LS	La <sub>1</sub>	3,74	sem agressão	1,78	sem agressão
			La <sub>2</sub>	6,59	sem agressão	2,20	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	6,91	sem agressão	2,59	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	5,46	lascamento leve/polido	2,00	Perda total de material/polido
		LD	La <sub>3</sub>	3,80	sem agressão	1,99	polido
			La <sub>4</sub>	6,53	sem agressão	2,30	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	6,76	sem agressão	2,02	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	5,18	lascamento leve/polido	1,03	Perda total de material
LI		LF	Lc <sub>1</sub>	2,83	Polido	1,44	Polido
			Lc <sub>2</sub>	5,65	sem agressão	2,88	sem agressão
		LD	Ld <sub>2</sub>	6,43	sem agressão	2,97	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	5,29	sem agressão	2,34	polido
		LD	Lc <sub>3</sub>	2,90	polido	1,60	lascamento leve/polido
			Lc <sub>4</sub>	5,42	sem agressão	1,72	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	6,24	sem agressão	1,80	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	5,28	sem agressão	1,37	sem agressão
			Meia vida (1 mês - 3.730 km) - Dianteiro	Fim de vida (2 meses - 6.997 km) - Dianteiro			

Tabelas com as mesmas análises (aspectos visuais e espessuras nos parâmetros de localização) feitas na porção traseira do ônibus modelo, bem como outras planilhas alimentadas com os dados aferidos em mais sistemas dianteiros de frenagem de 5 outros ônibus, constam no ANEXO V deste documento.

Foram produzidos gráficos setoriais, a partir dos aspectos visuais (resultados qualitativos) registrados abrangendo os 6 ônibus referenciados acima (o modelo e mais 5 outros), com o intuito de ilustrar as frações de ocorrência de cada anormalidade qualitativa visualmente perceptível. Os 16 gráficos de setor (Figura 31 a Figura 46), mostrando as quantidades de ocorrência de aspectos visuais diferentes em cada local de análise, são apresentados a seguir:

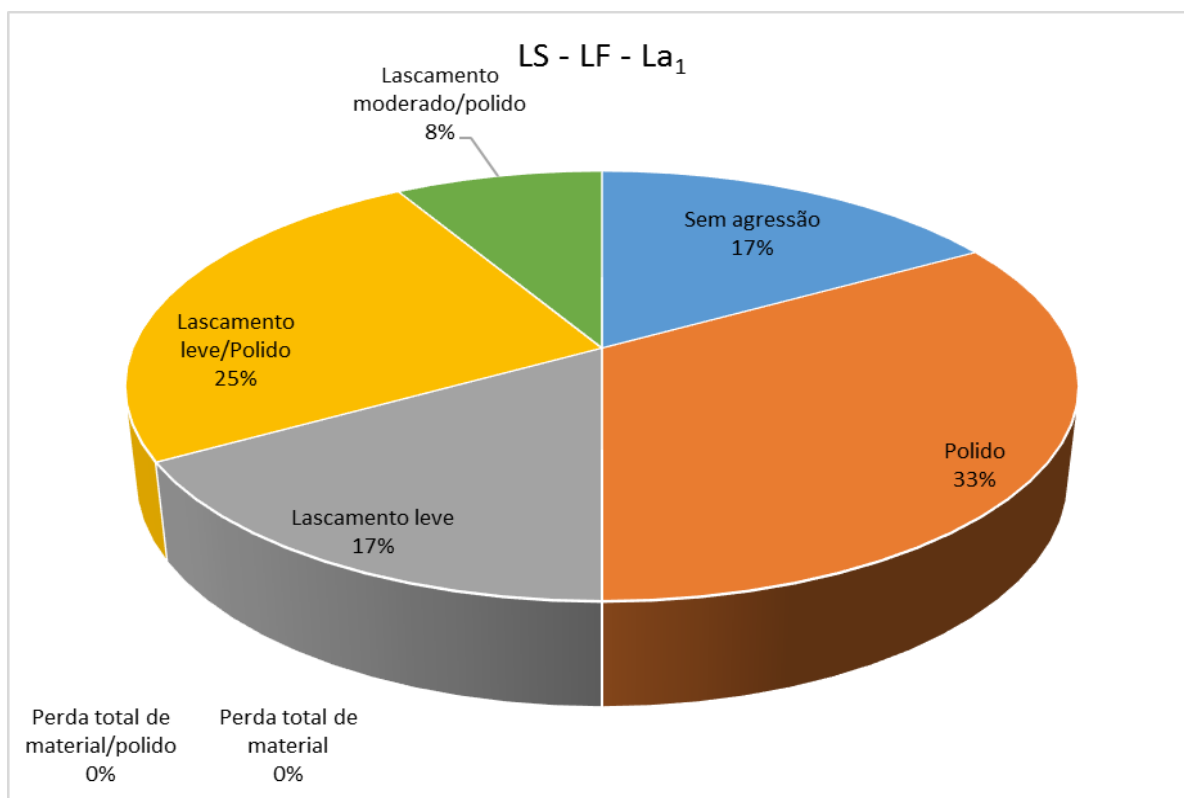


Figura 31 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Fora, na porção Anterior da primeira lona (La1). .

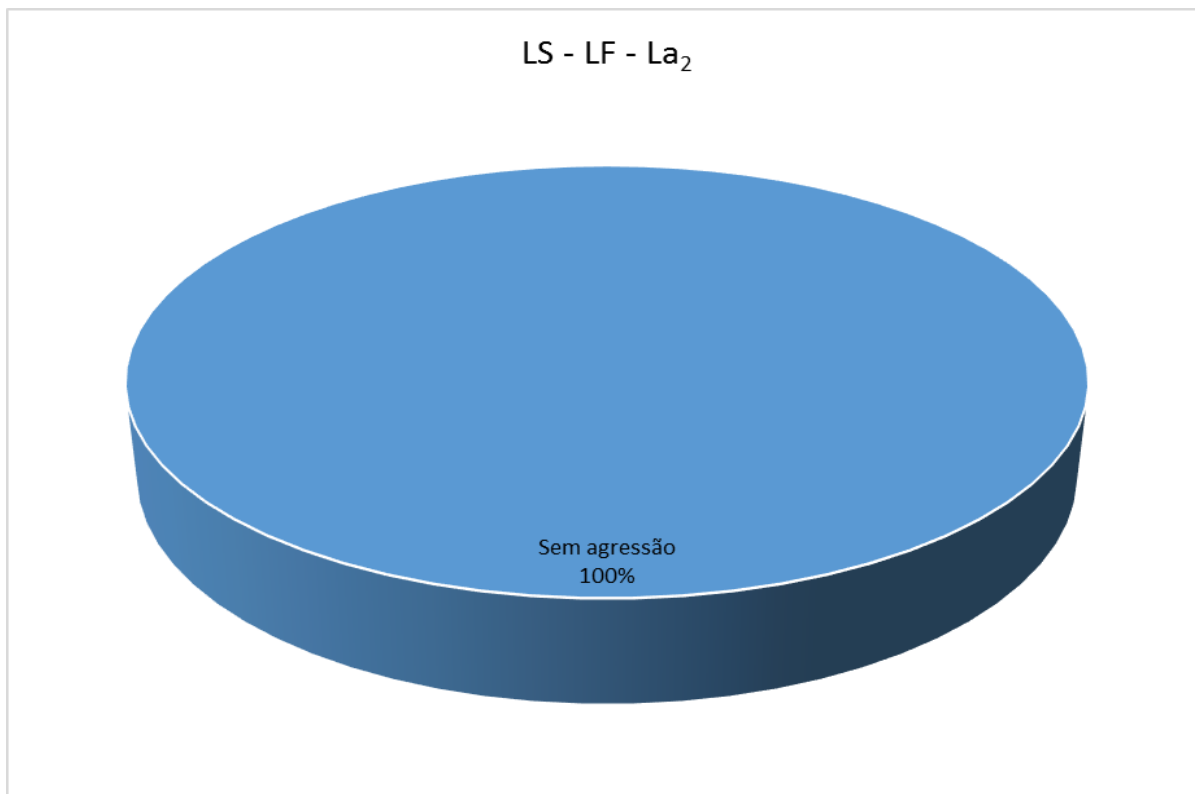


Figura 32 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Fora, na porção Posterior da primeira lona (La<sub>2</sub>). .

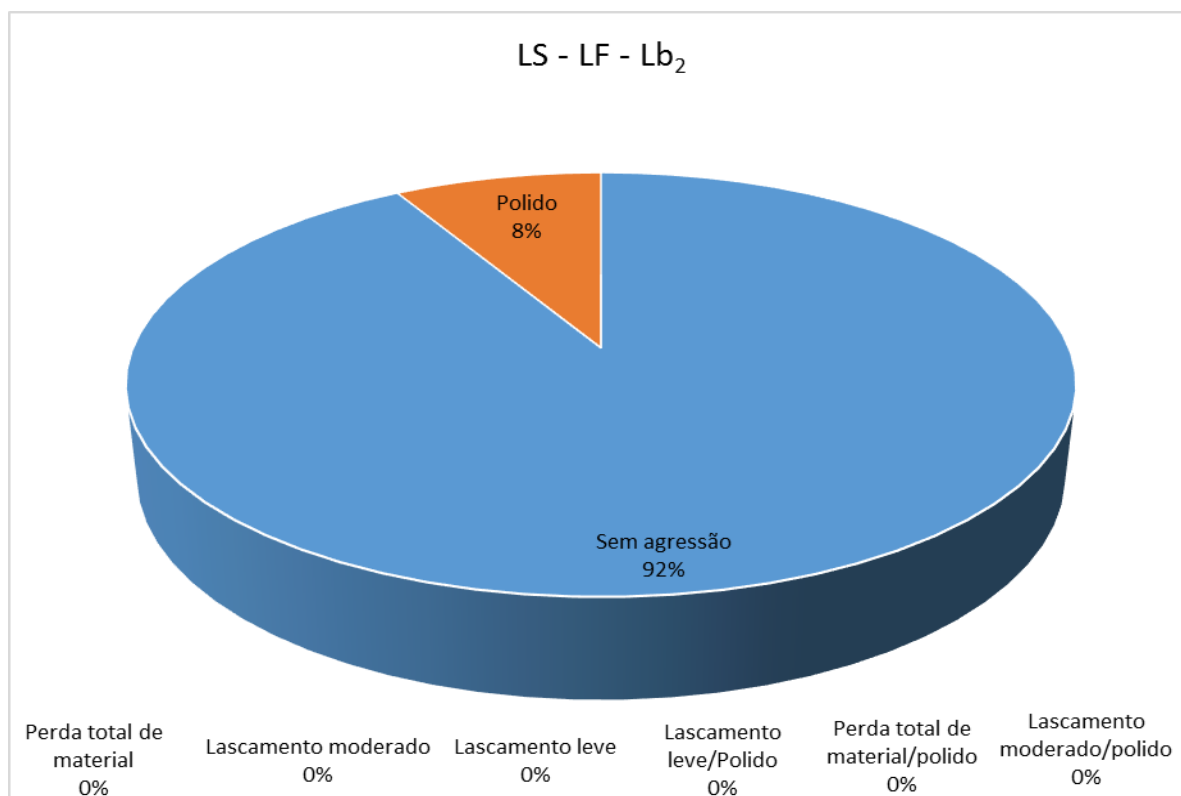


Figura 33 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Fora, na porção Anterior da segunda lona (Lb<sub>2</sub>). .

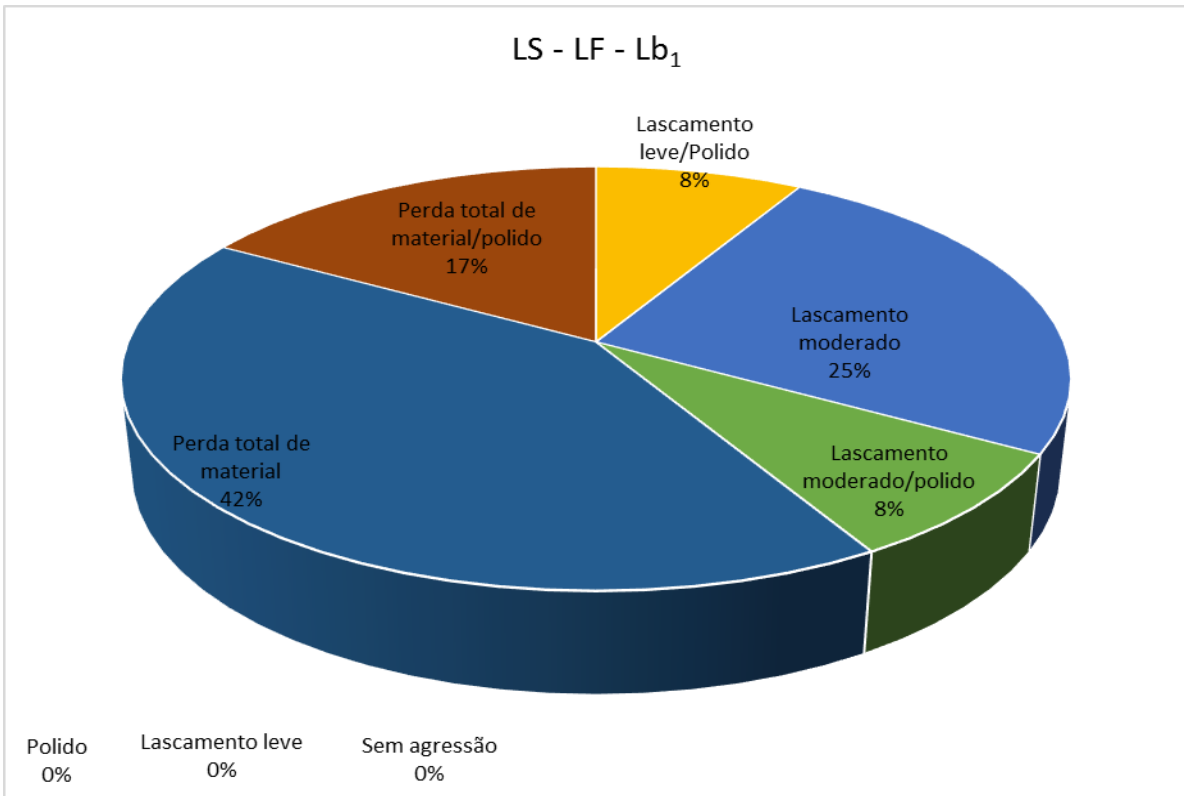


Figura 34 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Fora, na porção Posterior da segunda lona (Lb<sub>1</sub>). .

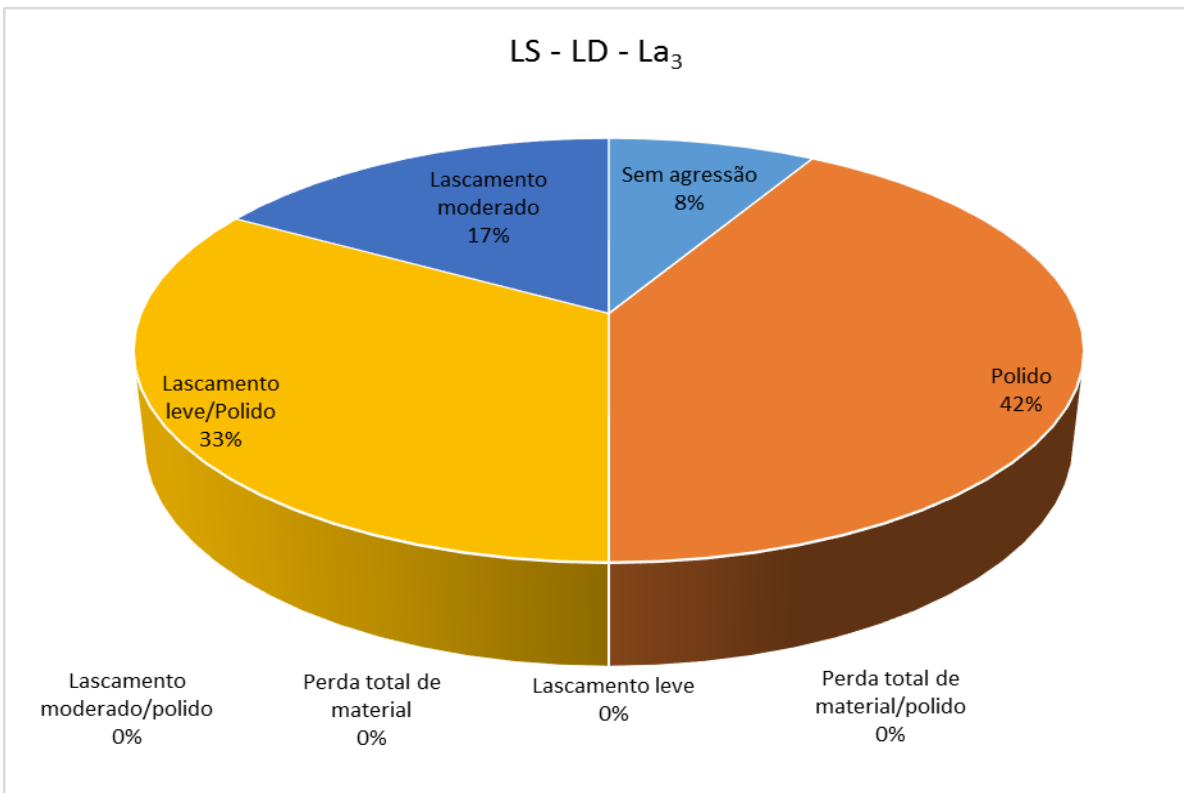


Figura 35 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Dentro, na porção Anterior da primeira lona (La<sub>3</sub>). .



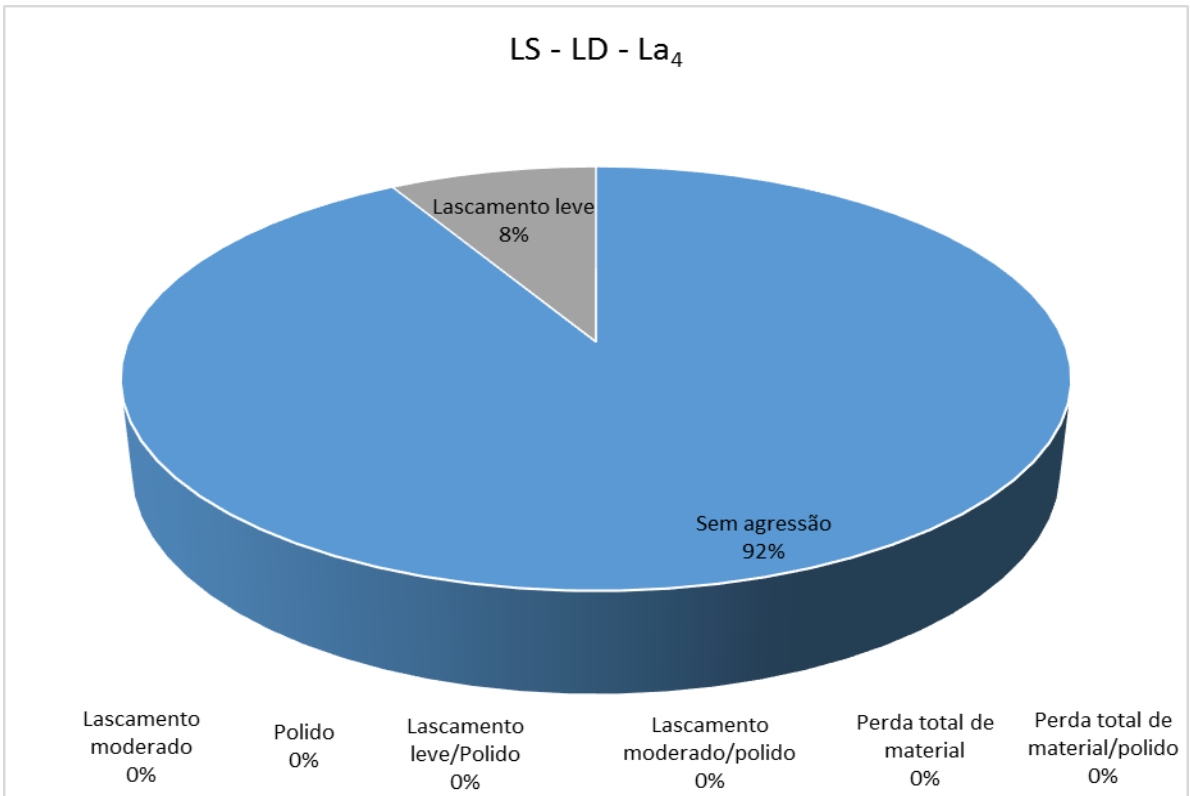


Figura 36 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Dentro, na porção Posterior da primeira lona (La<sub>4</sub>). .

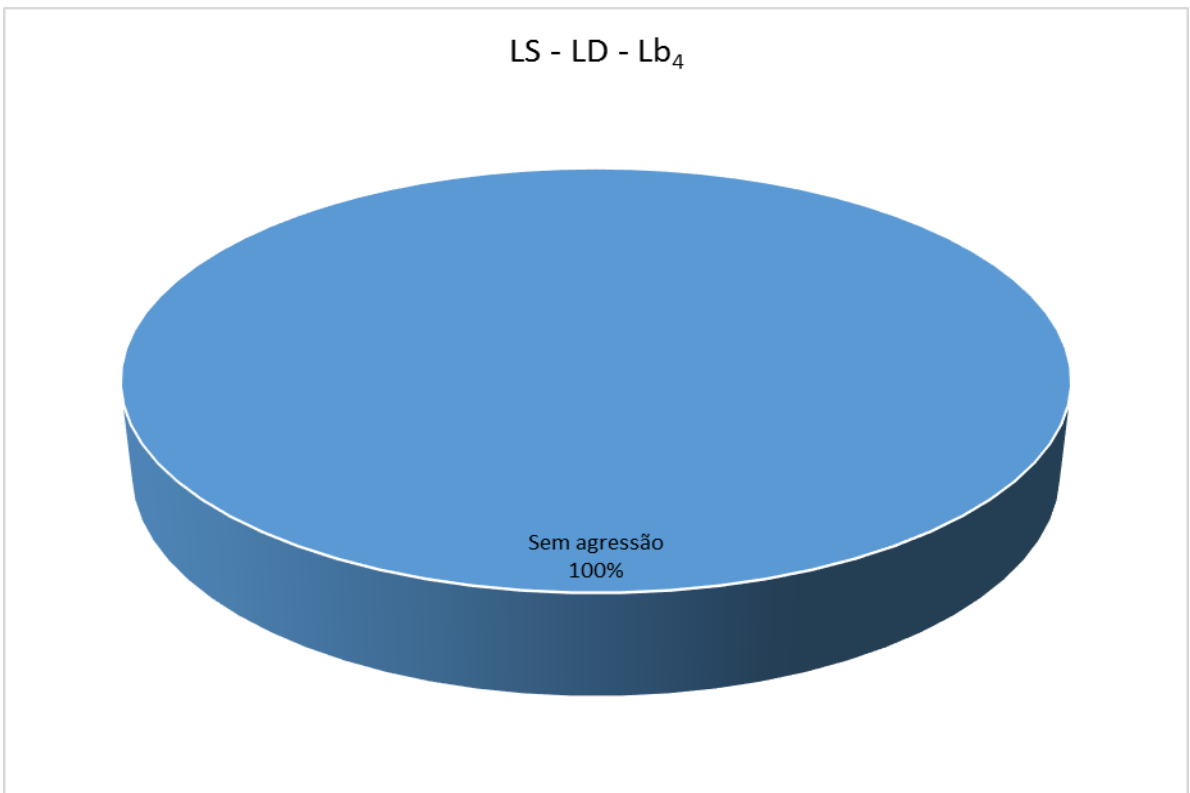


Figura 37 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Dentro, na porção Anterior da segunda lona (Lb<sub>4</sub>). .

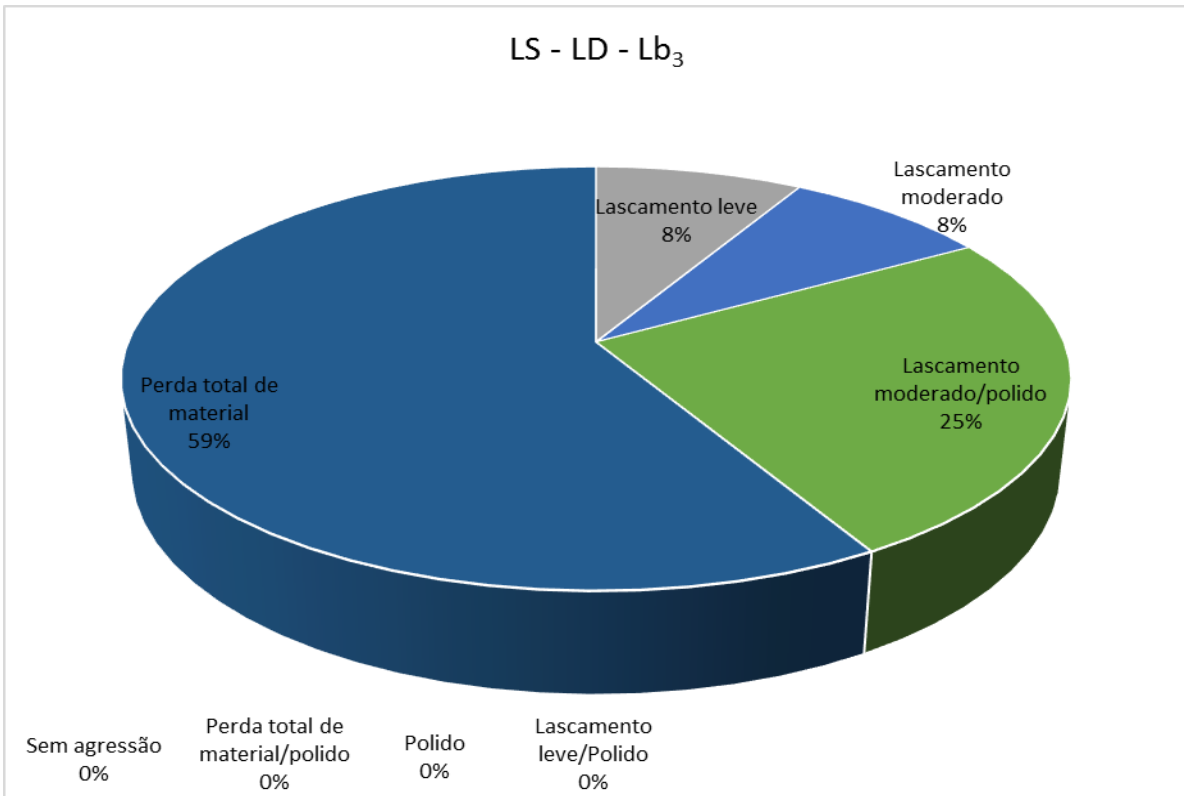


Figura 38 - Características observadas no conjunto de Lonas Superiores, pelo Lado de Dentro, na porção Posterior da segunda lona (Lb<sub>3</sub>). .

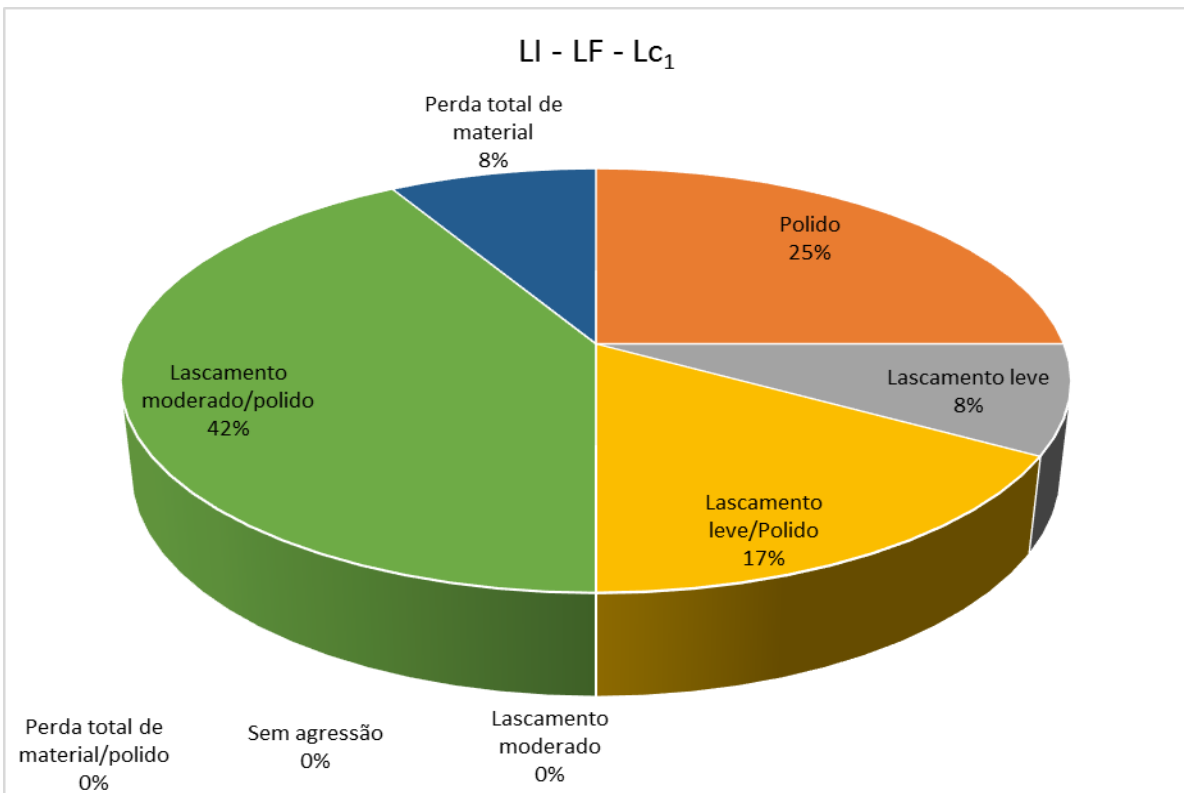


Figura 39 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Fora, na porção Anterior da primeira lona (Lc<sub>1</sub>). .

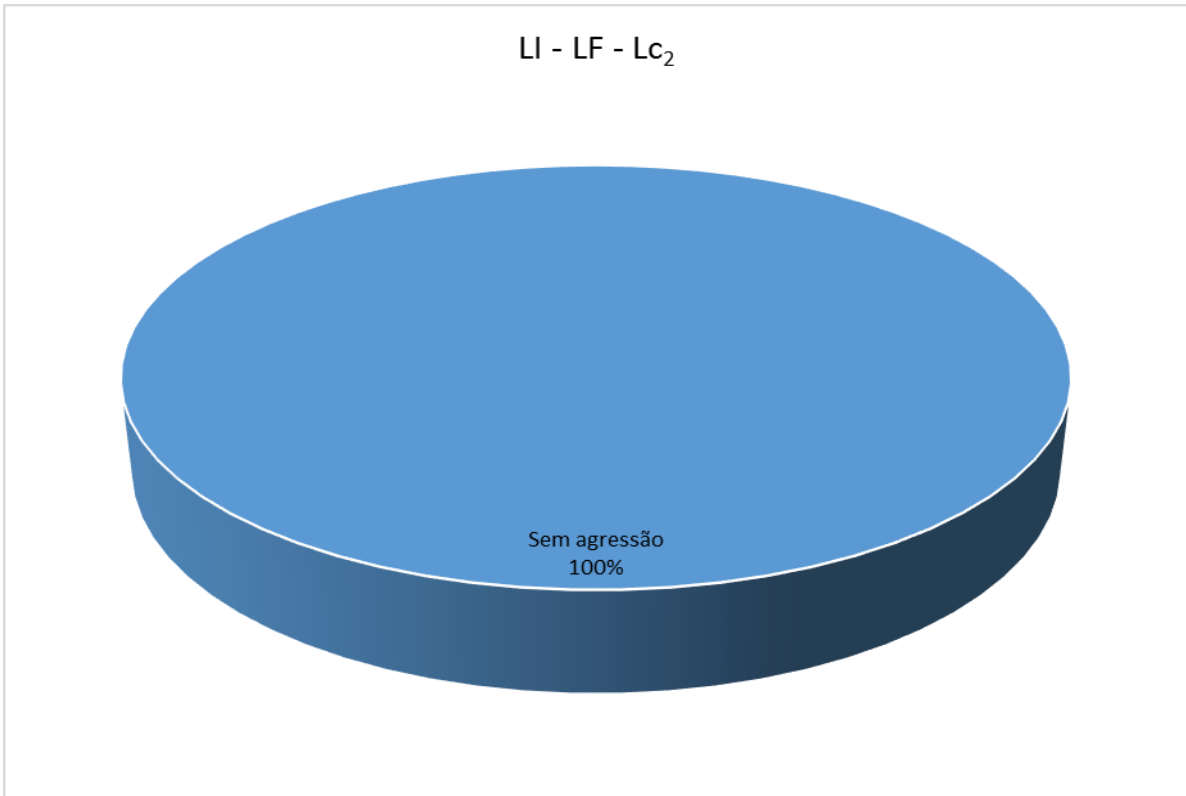


Figura 40 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Fora, na porção Posterior da primeira lona (Lc<sub>2</sub>). .

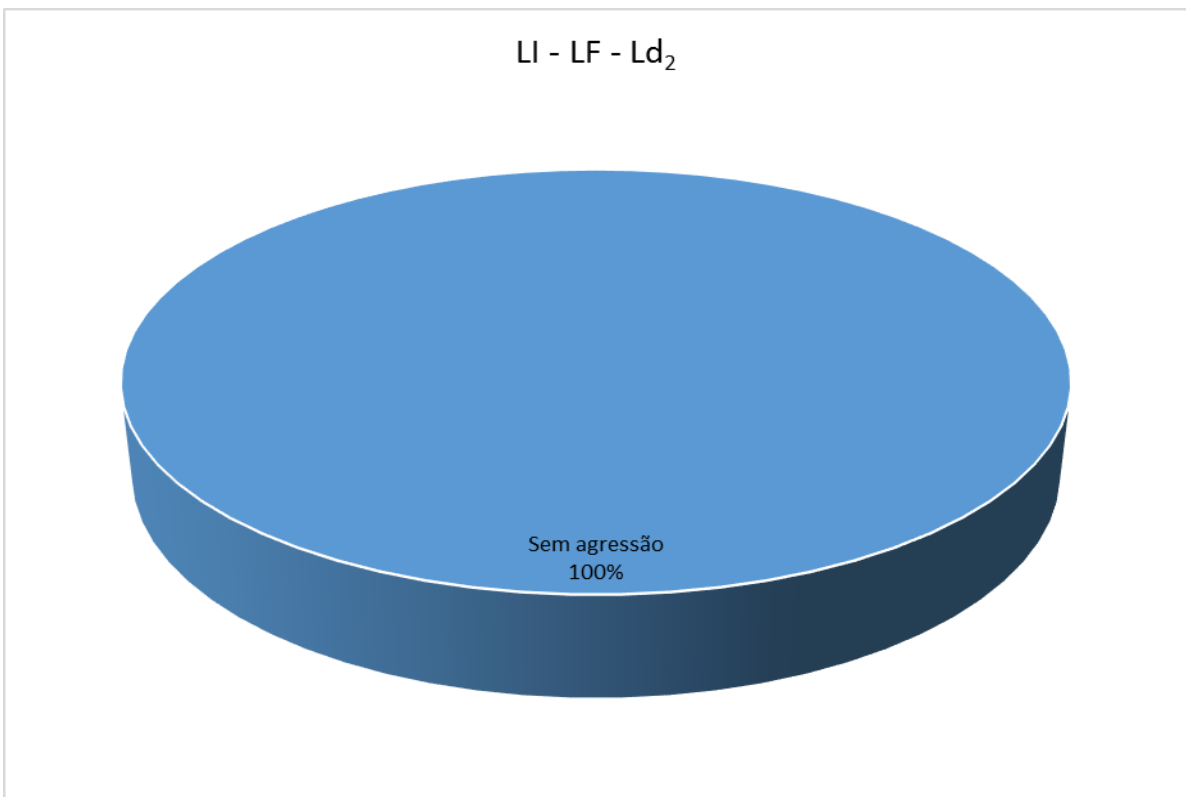


Figura 41 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Fora, na porção Anterior da segunda lona (Ld<sub>2</sub>). .

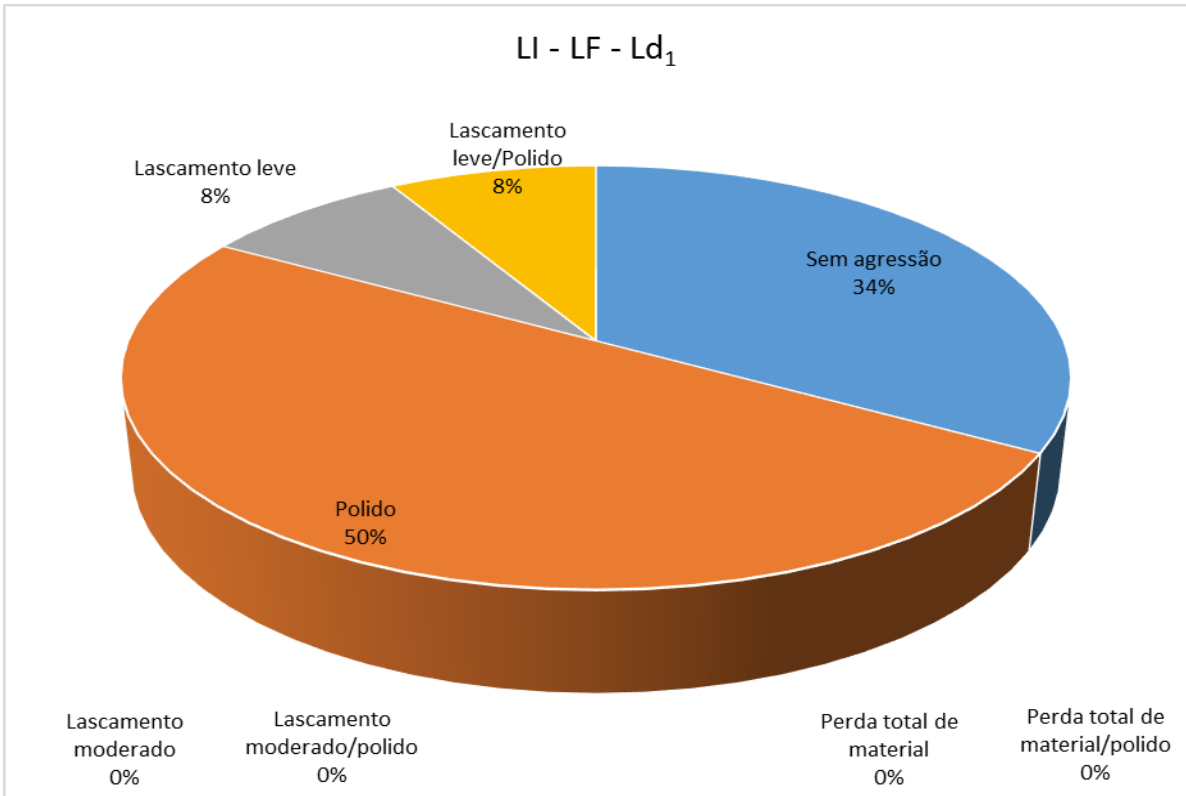


Figura 42 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Fora, na porção Posterior da segunda lona (Ld<sub>1</sub>). .

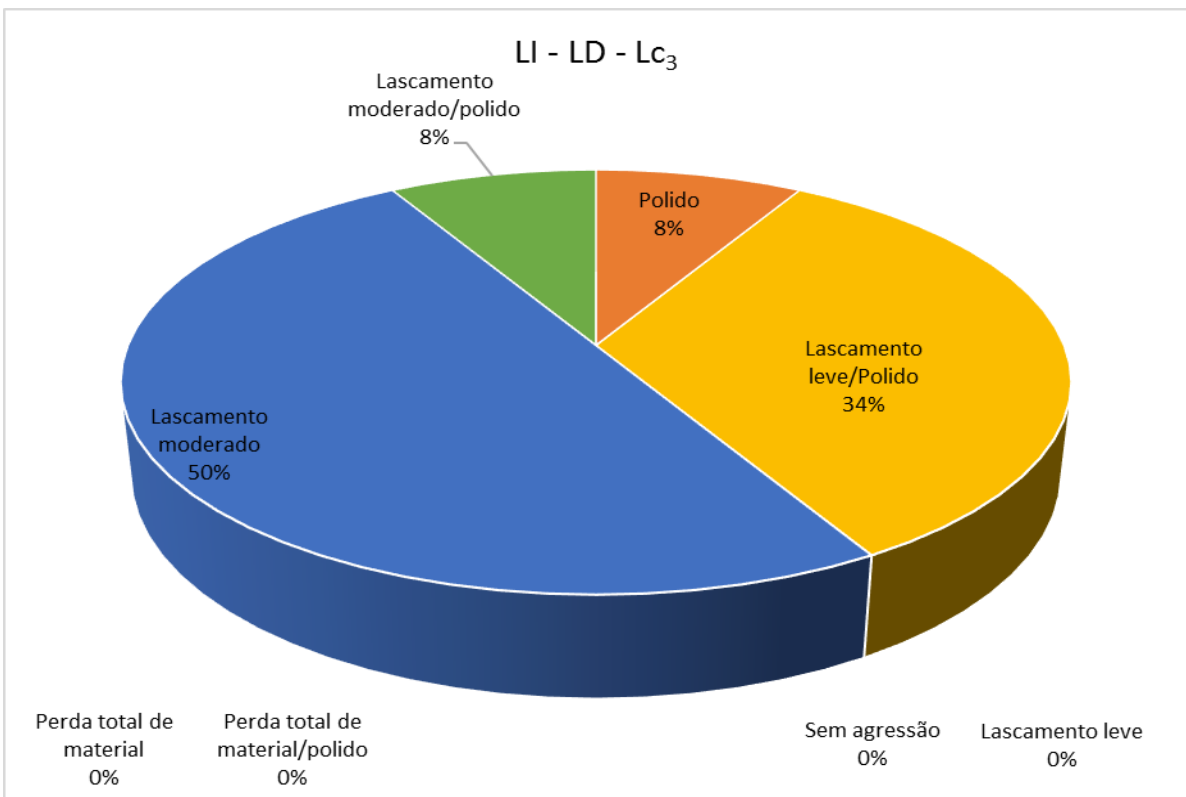


Figura 43 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Dentro, na porção Anterior da primeira lona (Lc<sub>3</sub>). .

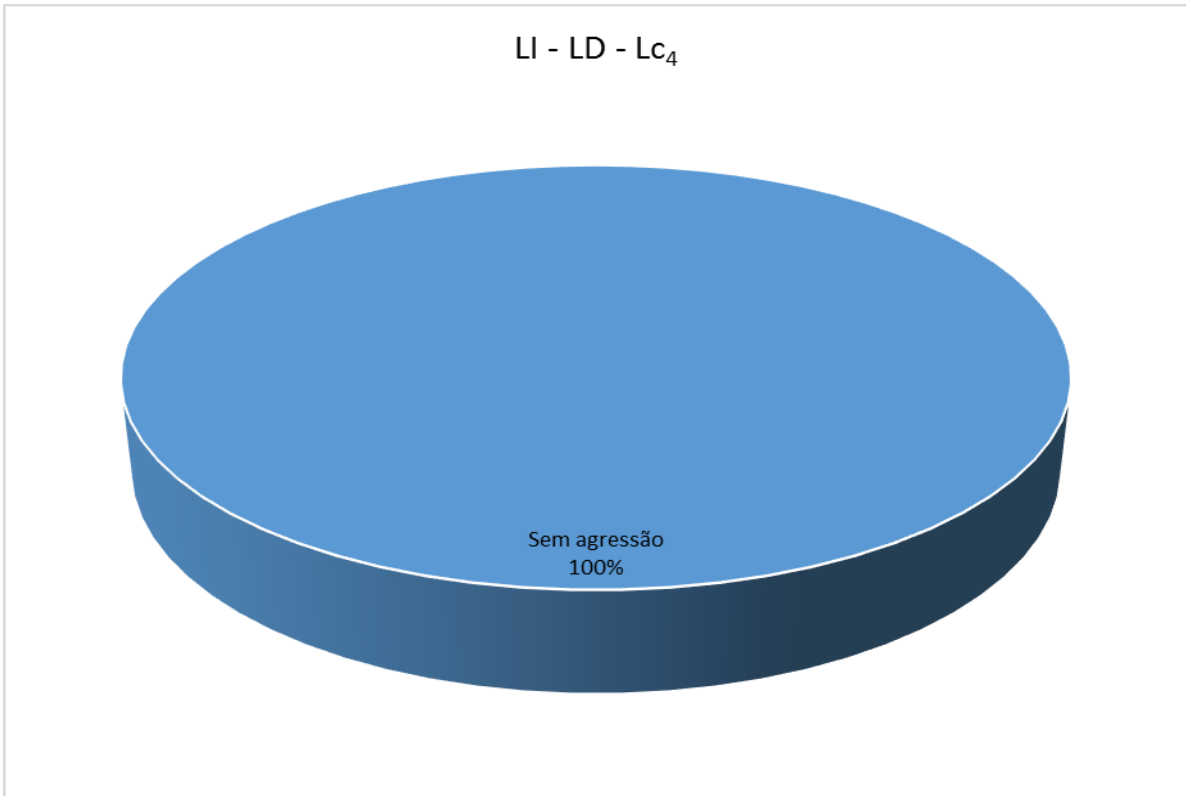


Figura 44 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Dentro, na porção Posterior da primeira lona (Lc<sub>4</sub>). .

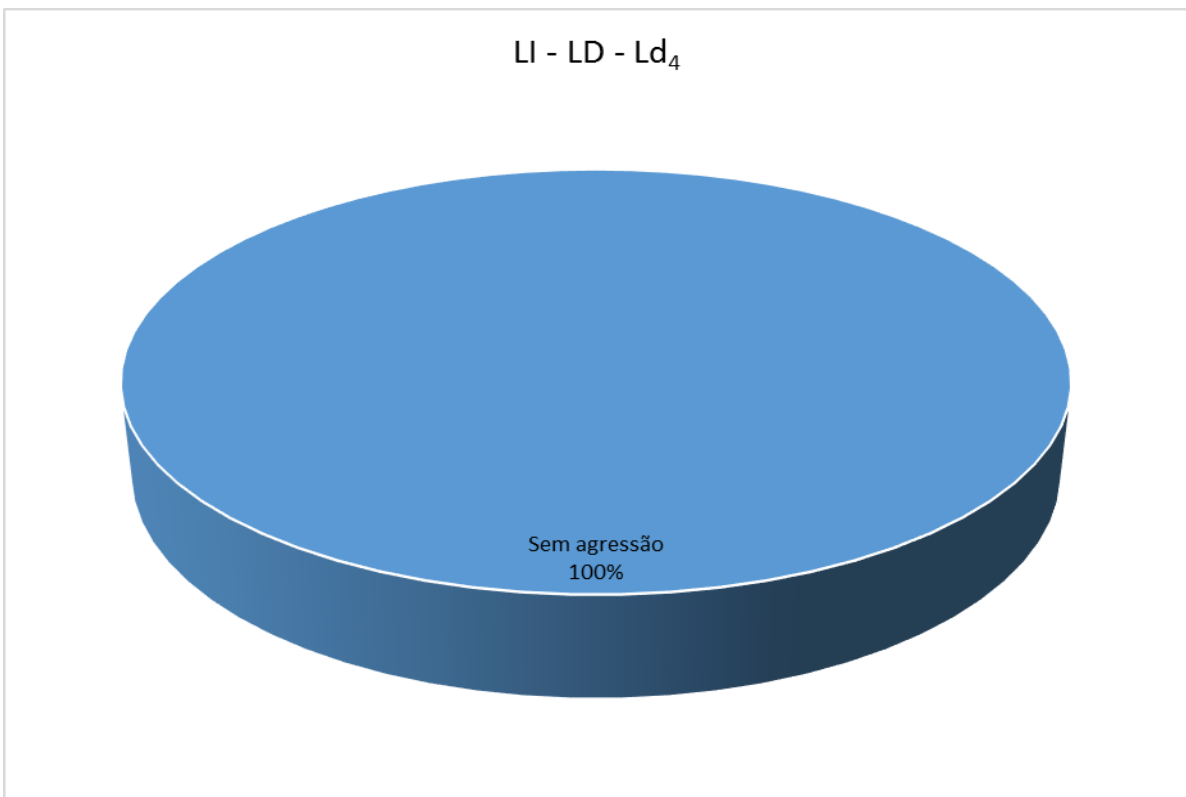


Figura 45 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Dentro, na porção Anterior da segunda lona (Ld<sub>4</sub>). .

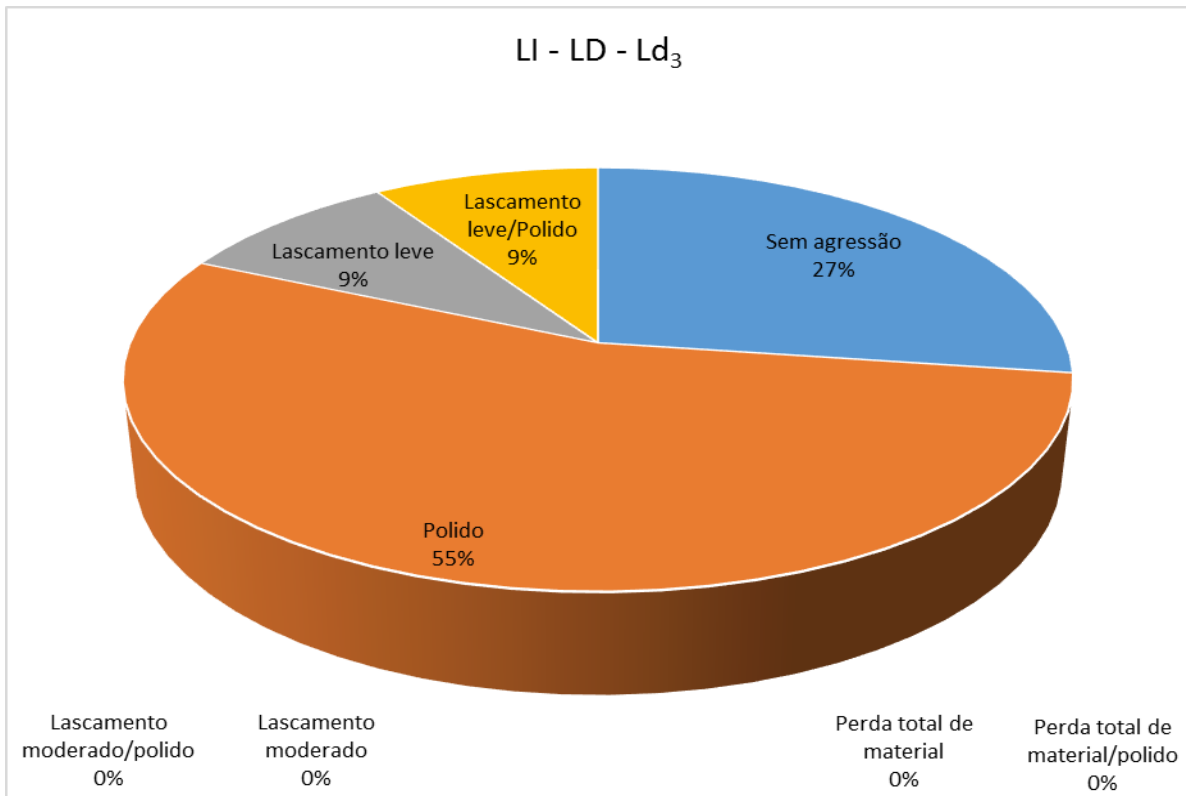


Figura 46 - Características observadas no conjunto de Lonas Inferiores, pelo Lado de Dentro, na porção Posterior da segunda lona (Ld<sub>3</sub>). .

## 6.3 ANÁLISES E DISCUSSÕES

### 6.3.1 CARGAS DE FRENAGEM

Nota se que, com os valores de cargas desenvolvidas apresentados nos equacionamentos do capítulo anterior e comparados com valores usuais vistos em catálogos de fabricantes, o sistema de frenagem é, como seria previsto, completamente capaz de parar o veículo em plena carga e passível de ser homologado, junto às entidades competentes; tanto que o foi feito. Entretanto se percebe, também, que exigências desta forma (frenagens, buscando a imobilização do veículo, com peso bruto total) não ocorrem bem (sem consequências negativas consideráveis) em intervalos de tempo muito pequenos uma vez que a geração de calor, oriunda da transformação de energia cinética, proporciona o desenvolvimento de altas temperaturas que fatalmente causam perda de eficiência de frenagem e desgaste elevado das lonas de freios.

Os materiais de fricção não são bons condutores de calor e este aquecimento afeta o conjunto como um todo, principalmente a superfície de trabalho da lona de freio.

Praticamente, após uma exigência de frenagem, 95% do calor produzido é acumulado no tambor de freio, sendo dissipado através da sua massa. Tambores gastos, ou com pouca espessura de trabalho, ainda desenvolveriam maiores temperaturas.

Acerca dos resultados provenientes da análise a luz da potência de frenagem, tem –se evidenciado que capaz de frear o ônibus é; porém a porção dianteira do sistema de frenagem não é eficiente no que diz respeito a preservar o material de desgaste das lonas de freio. Quando se observa os resultados das equações do capítulo 5 deste documento, entende –se que as forças de frenagem aplicadas nos freios dos eixos dianteiro e traseiro têm a mesma magnitude. Sabendo que a área destinada a aplicação destas forças (a área superficial das lonas) são diferentes: o conjunto dianteiro é menor do que o traseiro; toma –se conhecimento então de que a pressão de frenagem na porção dianteira do sistema fica sendo maior do que na porção traseira.

Salienta –se ainda que, apesar de a distribuição de peso do ônibus em questão ser desigual em relação aos eixos: maior parte do peso sobre o eixo traseiro, quando o veículo encontra na inércia, nos momentos em que o veículo está realmente exigindo do componente estudado (quando o veículo está sendo freado), devido à rolagem de carroceria para frente a distribuição de peso muda completamente e passa a exigir muito mais do eixo dianteiro carro e, conseqüentemente, dos freios dianteiros também.

A Figura 47 representa bem tal situação citada, ao trazer a discussão o conceito de dinâmica da transferência de cargas na frenagem, e ajuda a entender motivos pelos quais o sistema dianteiro de freios do ônibus em questão não deveria ser subdimensionado em relação a porção traseira dos freios deste veículo. Não deveria, pelo menos, no que diz respeito a preservar o desgaste excessivo das lonas de freio dianteiras; como o sistema traseiro o faz: as lonas traseiras não sofrem desgastes acentuados e prematuros, como se percebe na tabela, do ANEXO V, que apresenta sua espessura diminuindo versus a quilometragem rodada para tal.

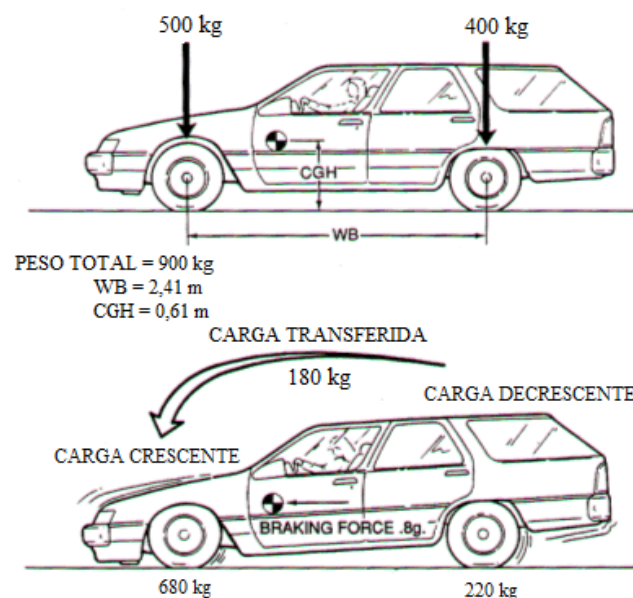


Figura 47 – Dinâmica da transferência de cargas na frenagem. [WWW.MONROE.COM, 2015].

### 6.3.2 RESULTADOS QUANTITATIVOS

Ao se observar os resultados quantitativos, relacionados ao consumo de material desgastável nas lonas de freio, nota –se uma tendência de comportamento instigante. Para uma melhor visualização/ entendimento dos comportamentos do desgaste em loco (pontos dos parâmetros de localização) criou se gráficos que pudessem representar a forma como a espessura da componente de frenagem foi diminuindo, com o passar do tempo de estudo (com o percorrer da quilometragem), em cada um dos locais de análise.

São apresentados os gráficos com tais resultados:

Sendo que os parâmetros de localização, nesses próximos 4 mapas (da Figura 48 à Figura 51), estão alocados de forma a facilitar a diferenciação entre os consumos dos lados de Dentro e de Fora de um mesmo conjunto (entre os conjuntos inferior e superior) de lonas;

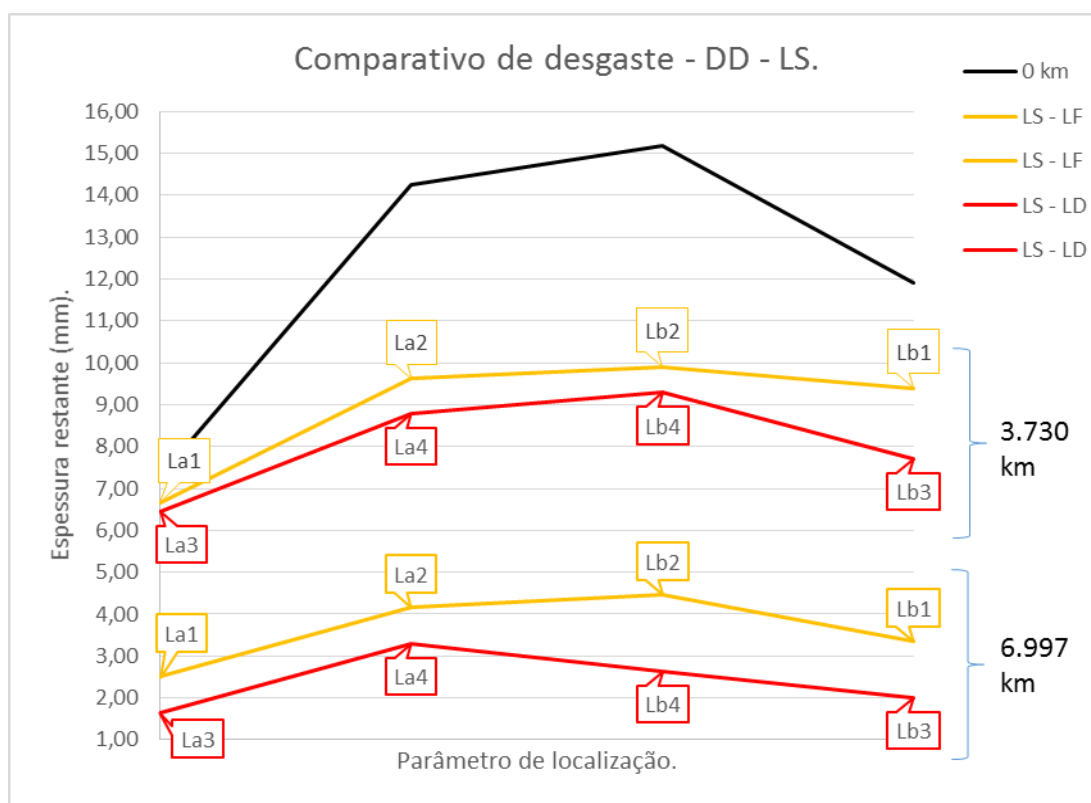


Figura 48 – Roda Direita, Lonas Superiores: espessuras restantes Dentro (LS – LD) e Fora (LS – LF). .



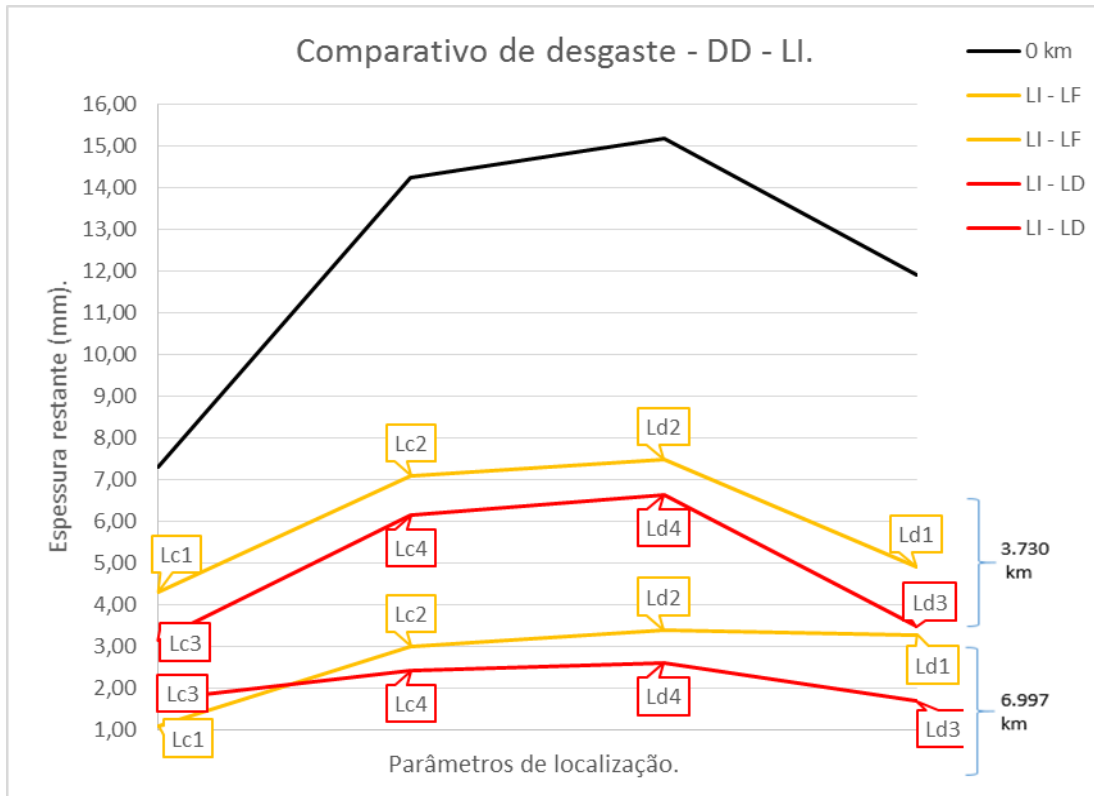


Figura 49 - Roda Direita, Lonas Inferiores: espessuras restantes Dentro (LI – LD) e Fora (LI – LF).

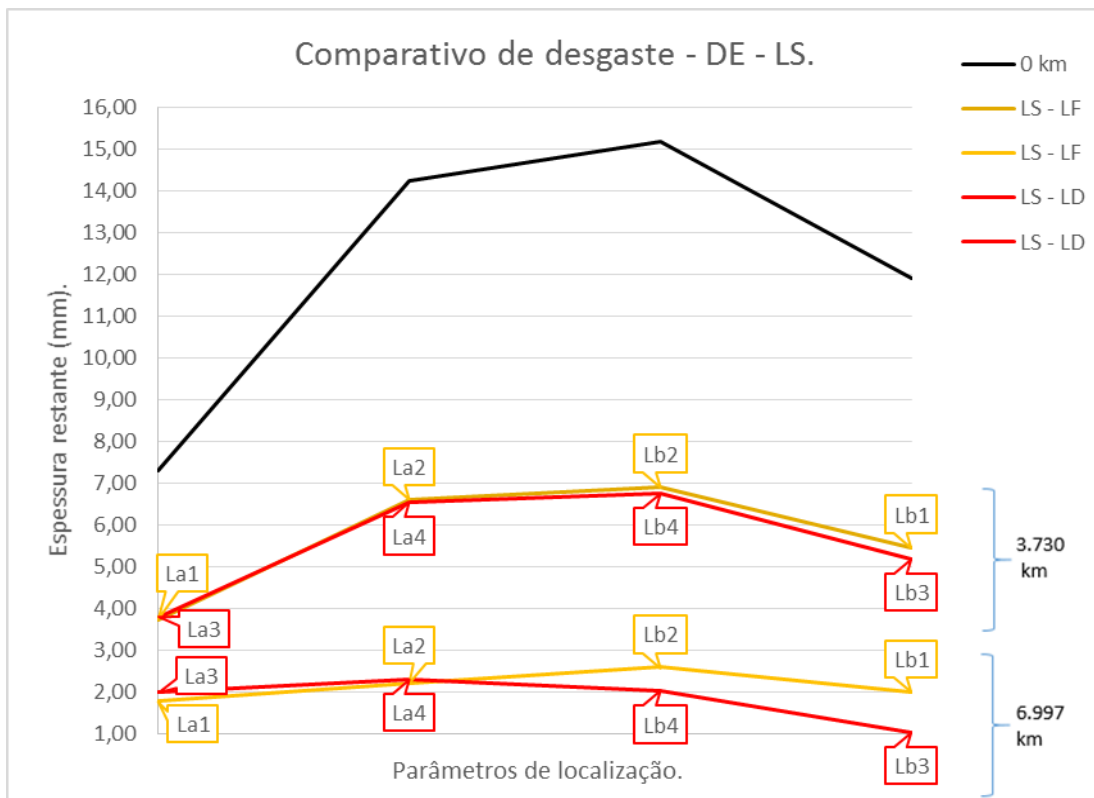


Figura 50 - Roda Esquerda, Lonas Superiores: espessuras restantes Dentro (LS – LD) e Fora (LS – LF).

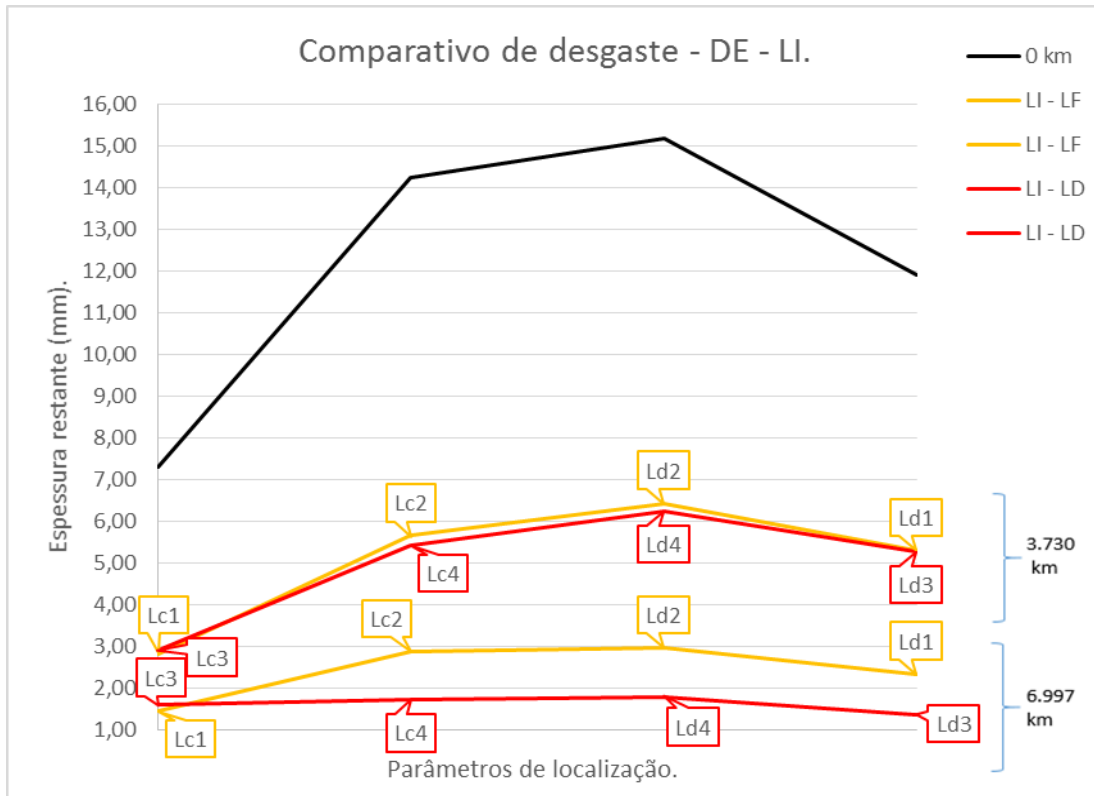


Figura 51 - Roda Esquerda, Lonas Inferiores: espessuras restantes Dentro (LI – LD) e Fora (LI – LF).

Enquanto que os parâmetros de localização, nesses outros 4 mapas (da Figura 52 à Figura 55), estão alocados de forma a facilitar a diferenciação entre os consumos das porções Inferior e Superior de um mesmo lado (dentro os lados de dentro e de fora) das lonas.

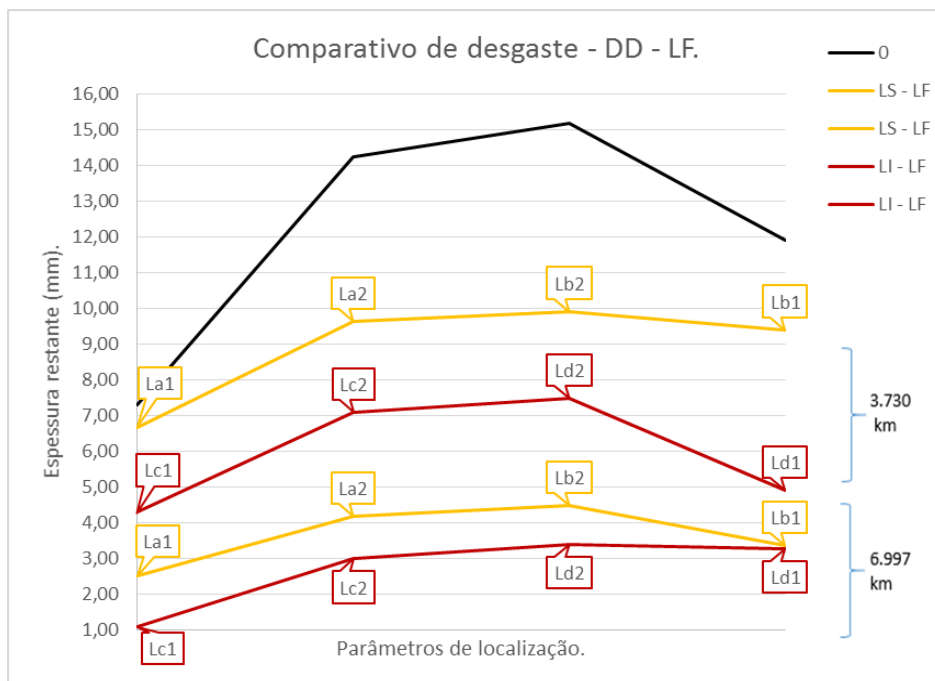


Figura 52 – Roda Direita, Lado de Fora: espessuras restantes Inferior (LI – LF) e Superior (LS – LF).

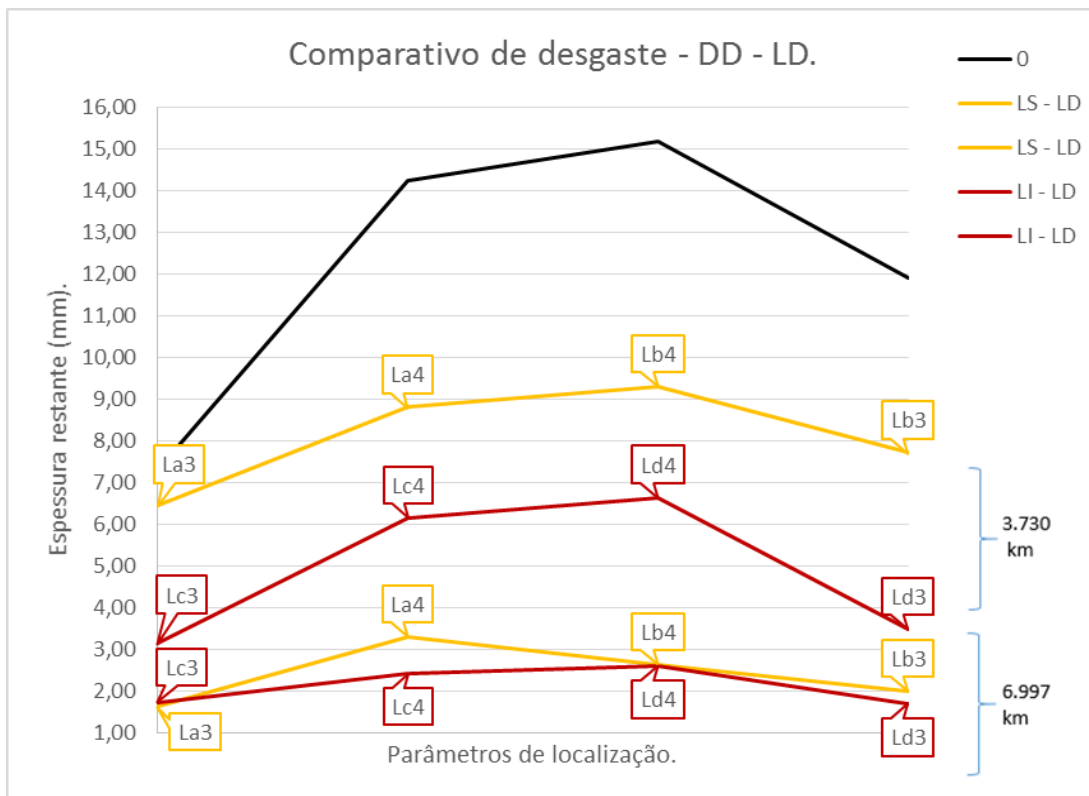


Figura 53 –Roda Direita, Lado de Dentro: espessuras restantes Inferior (LI –LD) e Superior (LS –LD).

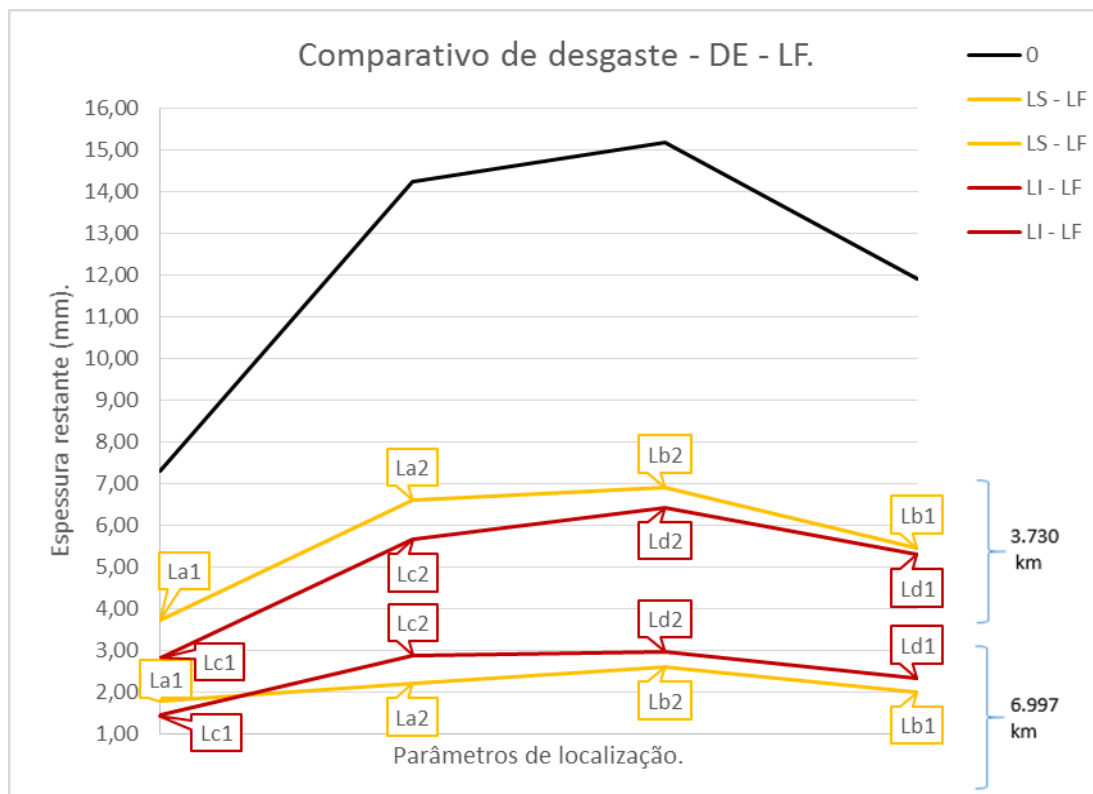


Figura 54 –Roda Esquerda, Lado de Fora: espessuras restantes Inferior (LI –LF) e Superior (LS –LF).

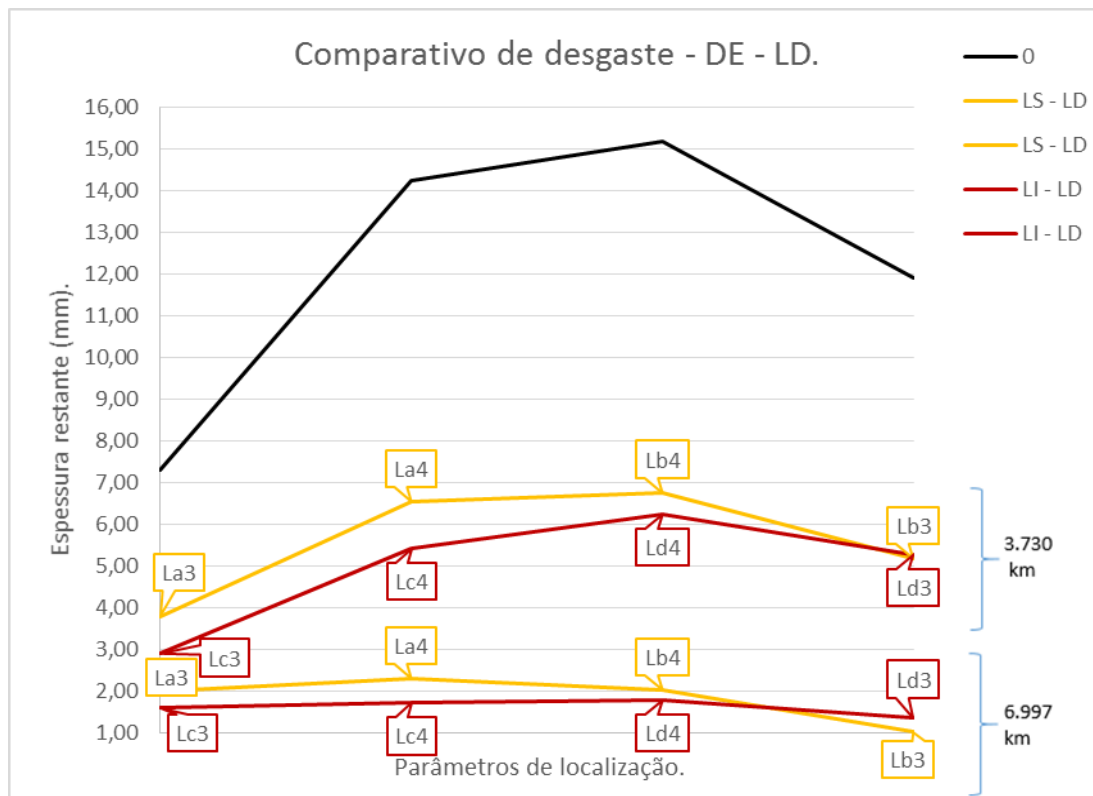


Figura 55 -Roda Esquerda, Lado de Dentro: espessura restante Inferior (LI –LD) e Superior (LS –LD).

Nota –se que, no caso em que se fixa o parâmetro da lona, em inferior ou em superior, e se analisa o consumo de material desgastável nos parâmetros variáveis, lados de dentro ou de fora, ocorre uma discrepância neste consumo de forma que um ponto no lado de dentro da lona apresenta significativo maior consumo do que um ponto, na mesma faixa axial, porém no lado de fora desta mesma lona.

Ainda percebe –se que, no caso em que se fixa o parâmetro lado, em de dentro ou de fora, e se analisa o consumo de material desgastável nos parâmetros variáveis, lonas inferior ou superior, ocorre também uma discrepância neste consumo de forma que um ponto na lona inferior apresenta significativo maior consumo do que um ponto, na mesma porção, porém alocado na lona superior.

### 6.3.3 RESULTADOS QUALITATIVOS

Conforme respaldado pela bibliografia, o desgaste por abrasão é causado pela interação mecânica de saliências grosseiras ou partículas não metálicas contra as superfícies de trabalho, provocando perda de massa por corte ou por arrancamento.

É notável a ocorrência de perda significativas de massa, existindo até perda total de material nas lonas de freio analisadas. Ao se estudar os gráficos setoriais apresentados neste documento, pode-se perceber, quanto aos aspectos visuais que:

- A análise, nas faixas intermediárias das sapatas, que compreendem as faixas posterior da lona A e anterior da lona B, bem como posterior da lona D e anterior da Lona C (Faixa axial  $La_2 - La_4$ , faixa axial  $Lb_2 - Lb_4$ , faixa axial  $Ld_2 - Ld_4$  e faixa axial  $Lc_2 - Lc_4$ ), mostra que a “não presença de agressão” é majoritariamente marcante apresentando-se em 100% de 6 locais dos 8 totais; sendo que os dois locais restantes apresentam 92% dessa mesma não agressão.
- A análise, nas faixas anteriores das lonas A e D (Faixa axial  $La_1 - La_3$  e faixa axial  $Ld_1 - Ld_3$ ), mostra que a presença do aspecto visual “polido” é predominante, abrangendo aproximadamente 67% da faixa anterior da lona A ( $La_1 - La_3$ ) e 61% da faixa anterior da lona D ( $Ld_1 - Ld_3$ ); sendo que o outro 1/3 faltante a completar ambas as faixas anteriores, são compostos basicamente por aspectos como “lascamentos leves” e “sem agressão”.

Salienta-se ainda que ambas as faixas axiais, por se tratarem de porções anteriores (entradas de curso do movimento do tambor na sapata) das lonas, sofrem tensões de cisalhamento no sentido de comprimir o material de desgaste naquela região da lona.

- A análise, nas faixas posteriores das lonas B e C (Faixa axial  $Lb_1 - Lb_3$  e faixa axial  $Lc_1 - Lc_3$ ), mostra que a presença do aspecto visual “perda total de material” é predominante, abrangendo aproximadamente 59% da faixa posterior da lona B ( $Lb_1 - Lb_3$ ), enquanto os aproximadamente 40% faltantes compõe-se basicamente de “lascamento moderado”; e que na faixa posterior da lona C ( $Lc_1 - Lc_3$ ) o aspecto visual “lascamento moderado” preenche 50%, enquanto a metade faltante é composta por “lascamentos leve”, “polimento” e, ainda, “perda total de material”

Evidencia-se então, que as faixas que sofrem esforços no sentido de arrancamento da espessura útil, terminam por cisalhar-se nessas regiões (posteriores/ nas saídas de curso das sapatas).

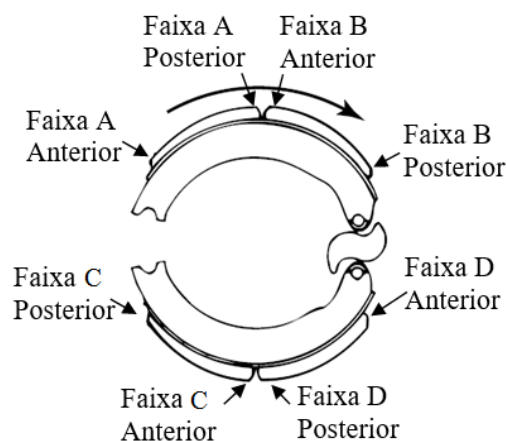


Figura 56 - Localização das faixas de estudo respeitando o sentido de rotação.

De acordo com o estudado e revisto no capítulo 3, existe uma influência substancial no desgaste causada pela interação entre partículas abrasivas, provenientes de quebra e perda de material,

que impregnam as superfícies de contato com seus fragmentos, juntamente com produtos de desgaste do metal do tambor.

O aspecto visual “perda total de material”, bem como “os lascamentos moderado e leve” apontam a existência das ditas partículas abrasivas. Após o desprendimento das lascas na porção posterior das lonas B e C, estas funcionam com agentes catalizadores, acentuando o desgaste por abrasão da lona como um todo.

O polimento altamente recorrente nas porções anteriores das lonas A e D podem estar relacionados as altas pressões provenientes do acionamento do freio, tais como equacionadas no capítulo 5. As forças de frenagem nos freios traseiros e dianteiros do veículo são as mesmas, enquanto a área de distribuição de tais forças se diferem: a área superficial das lonas dianteira é menor do que a área das traseiras, implicando em uma pressão de frenagem superior e provavelmente suficiente à polir o material de desgaste nos pontos analisados. Tal pressão gera ainda um sobre aquecimento, que pode facilmente alcançar algumas centenas de graus Celsius, capaz de criar regiões suscetíveis ao surgimento de vários tipos de óxidos, óxidos estes que acentuam o processo de desgaste das componentes. O processo dito é contínuo, mediante a remoção e o ressurgimento das camadas protetoras das superfícies de contato e é conhecido como oxidação-raspagem-reoxidação, características estas do mecanismo de desgaste por oxidação.

A elevação da temperatura é extremamente prejudicial, também, a demais componentes e sistemas de veículo. Caso muito bem demonstrado pelo surgimento de rachaduras expressivas nas talas dos pneumáticos, tal como exemplificado na foto do ANEXO II.

## 7 CONCLUSÃO

*Este último capítulo visa concluir o presente trabalho que teve como objetivo o estudo do desgaste excessivo das lonas de freio do ônibus Volkswagen 17.230. Almeja-se ainda, recomendações de sequências do projeto para trabalhos futuros.*

### 7.1 DISCUSSÕES

No presente documento foi desenvolvido um projeto de graduação visando analisar o desgaste em lonas de freios utilizadas em alguns ônibus do transporte público do Distrito Federal. Em princípio, fez –se uma introdução com o intuito de ambientar o leitor na problemática estudada. Tem caráter elucidativo, apresentando o objetivo do trabalho e sua estrutura.

Em um segundo momento, foi feita uma breve revisão de conteúdos à luz da bibliografia, com as teorias e conceitos que poderiam ser abordados no projeto. Os componentes do sistema de freios foram estudados preliminarmente, no que tange seus definições e materiais, bem como foi apresentada uma visão geral sobre frenagem e dado um enfoque em tal evento aplicado a veículos de grande porte.

Na etapa seguinte houve a apresentação do fenômeno desgaste; a qual foi baseada na literatura pertinente aos objetivos almejados. Fez –se ainda uma diferenciação entre, basicamente, 4 tipos de desgaste previstos em norma; São eles: Adesão, Abrasão, Fadiga Superficial e Reação Triboquímica. Posteriormente focou –se no estudo de desgaste em lonas de freio.

Sequencialmente, desenvolveu –se uma metodologia afim de viabilizar a análise feita no desgaste das lonas. Adotou –se parâmetros de localização onde foram aplicadas as análises. A interseção entre os tais parâmetros e análises foram melhor esclarecidas com a apresentação de tabelas. A construção do procedimento metodológico em questão teve princípios em Normas como ABNT e DIN.

Os métodos elaborados foram satisfatórios, uma vez que cabíveis, no que diz respeito a materiais (lonas propriamente ditas) e instrumentos necessários.

Com os resultados, enquanto aspectos visuais e dimensões restantes de espessura, conhecidos toma-se nota de que o sistema de frenagem, apesar de capaz de parar o veículo, não são otimizados quanto a preservação contra o desgaste excessivo das lonas de freio dianteiras; uma vez que a metodologia aplicada foi robusta o suficiente a esclarecer a maior taxa de consumo destas componentes quando comparado ao das lonas de freio traseiras.

Julga-se ainda que a sub-dimensão do sistema dianteiro em relação ao traseiro, é participante responsável do excessivo consumo do material de desgaste citado; Respalda-se ainda tal prognóstico no fato de os novos veículos sucessores do modelo estudado, terem saído de fábrica agora

recentemente, com lonas dianteiras maiores do que no modelo protagonista deste trabalho, equiparando suas dimensões às da porção traseira.

## **7.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.**

Após elucidar melhor a problemática analisada, percebe-se que para um estudo mais aprofundado e aplicação deste em melhorias ao sistema de frenagem dos veículos, se faz necessário a utilização de ferramentas, que proporcione uma análise mais pontual de grandezas como tensões e temperaturas nos locais criados pela metodologia do presente documento. Viabilizando assim um possível reprojeto com significativas melhorias ao sistema em questão.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, A. G. L. D. (2002). Avaliação da Técnica da Dupla Camada na Recuperação de Peças. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. FORTALEZA, CEARÁ. 2002.
- CASAROTTO FILHO, NELSON. (2007). Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. São Paulo: Atlas S.A. 2007.
- CUEVA, E. G. (2002). Estudo do Desgaste em Materiais Utilizados Discos de Freio de Ferro Fundido com Grafita Lamelar e Vermicular. 2002.
- ERICKSON, M. J. S. (1999). Tribological surfaces of organic brake pads. 1999.
- FERRARESI, D. (2013). Fundamentos da Usinagem dos Mateis. São paulo: Edgard Blucher Ltda. 2013.
- FRASLE, Manual Técnico Linha Pesada (2011).
- FRUM, Manual técnico tecnologia em freios (2010).
- Inspeção Segurança Veicular. Veículos Lv e Pesados. Parte 6: Freios (NBR 14.040-6, 1998).
- KAWAGUCHI, H. (2005). Comparação da Análise de Conforto em Frenagem. Dissertação de Mestrado. Politécnica, USP. SP. 2005.
- KENNETH G. BUDINSKI (1998). Surface Engineering for Wear Resistance - Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1988
- LIMPERT, RUDOLF. (1999). Brake Design and Safety. Pennsylvania : SAE Internat. 1999.
- MACKIN, T.J. (2002). Thermal cracking in disc brakes. 2002.
- NICOLAZZI, LAURO. (2002). INTRODUÇÃO À TEORIA DE VEÍCULOS. Florianópolis, SC: s.n.. 2002.
- Norma de Sistema de Análises (DIN 50.320) – Referenciada na Apostila: DESGASTE, Spectru Instrumental Científico Ltda. / Divisão Metalurgia/Processos.
- NORTON, ROBERT L. (2004). PROJETO DE MÁQUINAS. s.l. : Bookman. 2004.
- MASTER FREIOS, Catálogo de Peças (2009).
- O MECÂNICO, Revista Edição 178º (2008).
- POMPON J. D. (1997). The Break Manual. Publicação Brembo. SpA, 1997.
- SOUZA, A. J. D. (2011). Processo de Fabricação Por Usinagem. Universidade federal do Rio Grande do Sul. [S.l.]. 2011.
- THERMOID, Apostila Técnica de Instrução, (2009).

ZANGARINI, G. R. (2006). Freios Automotivos. Campinas,SP. 2006.

ZUM GHAR. (1987). Microstructure and wear of materials. 1987.

<http://www.howstuffworks.com> (Acesso em 17/06/2015).

<http://www.mugen-power.com/english/partslist/05.html> (Acesso em 17/06/2015)

## ANEXOS

		Pág.
ANEXO I	Resíduos do descarte prematuro e exagerado das lonas de freio.	74
ANEXO II	Pneus: talas rachadas gerando descarte.	75
ANEXO III	Manutenções periódicas realizadas na garagem da empresa.	76
ANEXO IV	Desprendimento dos rebites nas lonas de freio.	77
ANEXO V	Conjunto de freio 15"x7" Q-Plus.	78
ANEXO VI	Tabelas das Análises nos parâmetros de localização.	80
ANEXO VII	Folha de especificação do VW 17.230 OD.	86
ANEXO VIII	Especificação lona Fras-le FD/88	87
ANEXO IX	Catálogo Master Freios.	88

## ANEXO I: RESÍDUOS DO DESCARTE PREMATURO E EXAGERADO DAS LONAS DE FREIO.

---



Figura 57 - Resíduos do descarte prematuro e exagerado das lonas de freio. [Capuzzo, G. B. M., 2015]



Figura 58 - Pneus: talas rachadas gerando descarte. [Capuzzo, G. B. M., 2015]



Figura 59 - Tala rachada gerando descarte. [Capuzzo, G. B. M., 2015]

**ANEXO III: MANUTENÇÕES PERIÓDICAS REALIZADAS NA GARAGEM DA EMPRESA.**

---



Figura 60 - Manutenções periódicas realizadas na garagem da empresa. [Malta, J. G., 2015]





Figura 61 - Desprendimento dos rebites nas lonas de freio. [Malta, J. G., 2015]

## ANEXO V: CONJUNTO DE FREIO 15"X7" Q-PLUS.

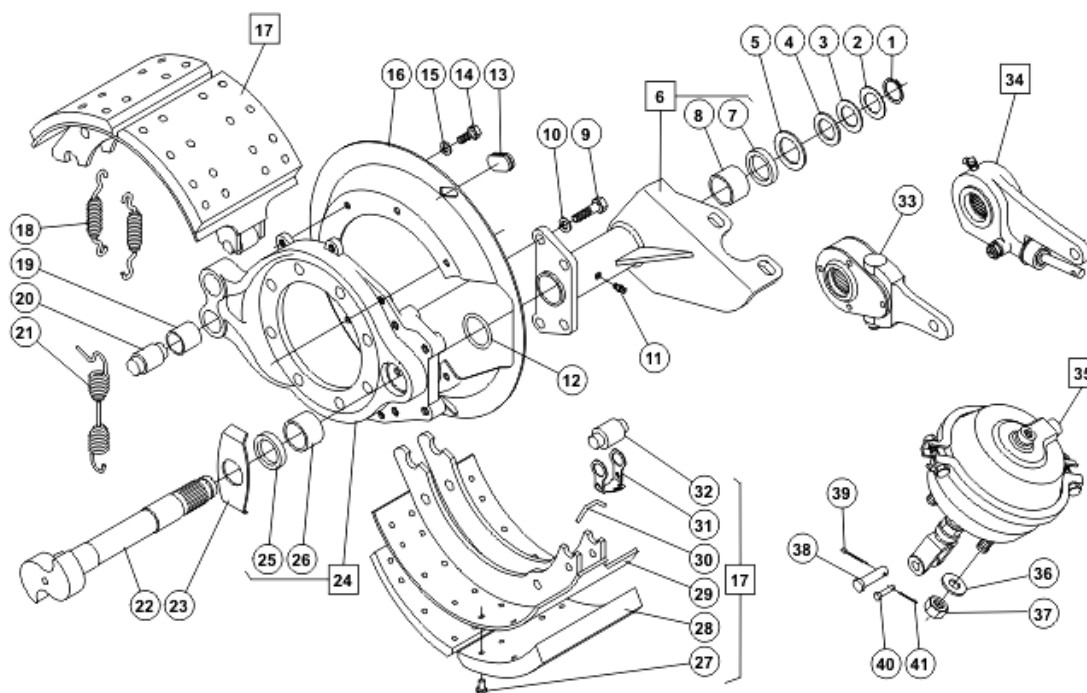


Figura 62 - Conjunto de freio 15"x7" Q-Plus. [CATALOGO.FMASTER.COM.BR, 2015].

Tabela 8 – Itens do conjunto de freio 15"x7" Q-Plus. [CATALOGO.FMASTER.COM.BR, 2015].

Referência	Quantidade	Descrição
0	1	Conjunto de freio 15"x7" QP
1	1	Anel elástico
2	1	Arruela espaçadora grossa
3	1	Arruela espaçadora fina
4	1	Arruela de encosto externa
5	1	Arruela de encosto interna
6	1	Conjunto suporte da câmara
7	1	Retentor de graxa
8	1	Bucha do eixo expensor (nylon)
9	4	Parafuso sextavado ½"
10	4	Arruela trava ½"
11	1	Graxeira reta
12	1	Anel de vedação
13	2	Tampão
14	6	Parafuso sextavado 3/8"
15	6	Arruela trava 3/8"
16	1	Tapa-pó integral 15"
17	2	Conjunto patim 15"x7" QP c/ nervura estendida AF671
18	2	Mola de retenção
19	2	Bucha de ancoragem
20	2	Pino de ancoragem



21	1	Mola de retorno preta
22	1	Eixo expansor "Z" ou "S" - 28 estrias
23	1	Arruela do eixo expansor
24	1	Conjunto da aranha 15"
25	1	Retentor de graxa
26	1	Bucha do eixo expansor (nylon)
27	56	Rebite vazado 15"
28	8	Lona Fras-le 15"x7" QP – FD-88
29	2	Patim 15"x7" QP c/ nervura estendida
30	2	Pino da mola de retorno
31	2	Fixador do rolete
32	2	Rolete 16,5" e 15"
<del>33</del>	<del>1</del>	<del>Ajustador manual 6" - 28 estrias</del>
34	1	Ajustador automático 6" - 28 estrias
35	1	Câmara de serviço 24"
36	2	Arruela lisa
37	2	Porca sextavada autotravante 5/8"
38	1	Pino da forquilha LW
39	1	Contrapino maior
40	1	Pino menor
41	1	Contrapino menor

**ANEXO IV: TABELAS DAS ANÁLISES NOS PARÂMETROS DE LOCALIZAÇÃO.**

Tabela 9 - Ônibus Modelo com espessuras de lonas: Meia vida (1 mês - 3.730 km) e Fim de vida (2 meses - 6.997 km) – Traseiro. .

Análises - Freio Traseiro							
Parâmetros			Espessura (mm)	Aspecto visual	Espessura (mm)	Aspecto visual	
TD	LS	LF	La <sub>1</sub>	6,75	sem agressão	3,82	sem agressão
			La <sub>2</sub>	10,32	sem agressão	7,4	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	10,8	sem agressão	7,89	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	8,75	sem agressão	5,77	sem agressão
		LD	La <sub>3</sub>	6,12	sem agressão	3,19	sem agressão
			La <sub>4</sub>	9,72	sem agressão	6,75	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	10,4	sem agressão	7,45	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	8,09	sem agressão	5,19	sem agressão
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	5,23	lascamento leve/polimento	2,23	lascamento moderado/polimento
			Lc <sub>2</sub>	9,16	sem agressão	6,17	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	9,97	sem agressão	6,9	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	8,88	sem agressão	5,86	sem agressão
		LD	Lc <sub>3</sub>	5,93	lascamento leve	2,93	lascamento leve
			Lc <sub>4</sub>	8,81	sem agressão	5,71	sem agressão
Ld <sub>4</sub>			9,44	sem agressão	6,45	sem agressão	
Ld <sub>3</sub>			7,90	sem agressão	4,84	sem agressão	
TE	LS	LF	La <sub>1</sub>	6,40	sem agressão	3,46	sem agressão
			La <sub>2</sub>	9,00	sem agressão	6,03	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	9,77	sem agressão	6,87	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	8,39	sem agressão	5,49	sem agressão
		LD	La <sub>3</sub>	6,55	sem agressão	3,64	sem agressão
			La <sub>4</sub>	8,97	sem agressão	6,06	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	9,02	sem agressão	6,06	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	7,38	sem agressão	4,44	sem agressão
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	5,88	polimento	2,87	lascamento leve/polimento
			Lc <sub>2</sub>	9,37	sem agressão	6,34	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	9,84	sem agressão	6,54	sem agressão
		LD	Ld <sub>1</sub>	8,52	sem agressão	5,47	sem agressão
			Lc <sub>3</sub>	6,11	sem agressão	3,78	lascamento leve
			Lc <sub>4</sub>	8,40	sem agressão	5,47	sem agressão
		Ld <sub>4</sub>	9,13	sem agressão	6,14	sem agressão	
		Ld <sub>3</sub>	7,68	sem agressão	4,65	sem agressão	
Meia vida (1 mês - 3.730 km) - Traseiro					Fim de vida (1 mês - 6.997 km) - Traseiro		

Tabela 10 - Ônibus 1 com espessuras e aspectos de lonas de Fim de vida – Dianteiro. .

Ônibus 1 - (Vida - 4.227 km)					
Análises					
Parâmetros			Espessura (mm)	Aspecto visual	
DD	LS	LF	La <sub>1</sub>	2,65	lascamento leve/polido
			La <sub>2</sub>	4,34	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	4,38	polido
			Lb <sub>1</sub>	3,12	perda total de material
		LD	La <sub>3</sub>	1,61	lascamento moderado
			La <sub>4</sub>	3,65	lascamento leve
			Lb <sub>4</sub>	2,71	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	1,86	Perda total de material
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	1,07	lascamento moderado/polido
			Lc <sub>2</sub>	2,90	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	3,26	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	3,15	polido
		LD	Lc <sub>3</sub>	1,71	lascamento moderado
			Lc <sub>4</sub>	2,55	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	2,81	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	1,76	lascamento leve/polido
DE	LS	LF	La <sub>1</sub>	1,89	polido
			La <sub>2</sub>	2,22	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	2,62	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	1,84	Perda total de material
		LD	La <sub>3</sub>	1,89	polido
			La <sub>4</sub>	2,19	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	1,92	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	1,01	lascamento leve
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	1,34	Polido
			Lc <sub>2</sub>	2,68	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	3,09	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	2,39	polido
		LD	Lc <sub>3</sub>	1,65	polido
			Lc <sub>4</sub>	1,81	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	1,87	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	1,40	polido

Tabela 11 - Ônibus 2 com espessuras e aspectos de lonas de Fim de vida – Dianteiro. .

Ônibus 2 - (Vida - 5.601 km)					
Análises					
Parâmetros			Espessura (mm)	Aspecto visual	
DD	LS	LF	La <sub>1</sub>	3,10	polido
			La <sub>2</sub>	4,29	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	4,03	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	3,31	lascamento moderado
		LD	La <sub>3</sub>	1,68	lascamento leve/polido
			La <sub>4</sub>	3,58	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	2,52	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	1,95	lascamento moderado
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	1,15	lascamento moderado/polido
			Lc <sub>2</sub>	3,02	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	3,04	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	3,27	sem agressão
		LD	Lc <sub>3</sub>	1,75	lascamento moderado
			Lc <sub>4</sub>	2,63	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	2,78	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	1,85	polido
DE	LS	LF	La <sub>1</sub>	1,96	polido
			La <sub>2</sub>	2,27	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	2,49	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	1,80	Perda total de material
		LD	La <sub>3</sub>	1,76	sem agressão
			La <sub>4</sub>	2,32	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	1,94	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	1,02	lascamento moderado/polido
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	1,33	lascamento moderado/polido
			Lc <sub>2</sub>	2,97	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	3,18	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	2,27	polido
		LD	Lc <sub>3</sub>	1,57	lascamento leve/polido
			Lc <sub>4</sub>	1,75	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	1,80	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	1,34	polido

Tabela 12 - Ônibus 3 com espessuras e aspectos de lonas de Fim de vida – Dianteiro. .

Ônibus 3 - (Vida - 7.498 km)					
Análises					
Parâmetros			Espessura (mm)	Aspecto visual	
DD	LS	LF	La <sub>1</sub>	2,33	lascamento leve/polido
			La <sub>2</sub>	4,13	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	4,11	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	3,56	lascamento moderado
		LD	La <sub>3</sub>	1,70	lascamento leve/polido
			La <sub>4</sub>	3,22	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	2,45	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	2,10	Perda total de material
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	1,17	lascamento leve/polido
			Lc <sub>2</sub>	3,11	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	3,16	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	3,41	sem agressão
		LD	Lc <sub>3</sub>	1,76	lascamento moderado
			Lc <sub>4</sub>	2,50	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	2,57	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	1,77	polido
DE	LS	LF	La <sub>1</sub>	1,85	polido
			La <sub>2</sub>	2,24	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	2,46	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	1,96	lascamento leve/polido
		LD	La <sub>3</sub>	1,85	polido
			La <sub>4</sub>	2,44	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	2,04	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	1,04	lascamento moderado/polido
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	1,43	Perda total de material
			Lc <sub>2</sub>	3,20	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	3,06	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	2,22	sem agressão
		LD	Lc <sub>3</sub>	1,52	lascamento moderado
			Lc <sub>4</sub>	1,67	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	1,73	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	1,32	sem agressão

Tabela 13 - Ônibus 4 com espessuras e aspectos de lonas de Fim de vida – Dianteiro. .

Ônibus 4 - (Vida - 6.080 km)					
Análises					
Parâmetros			Espessura (mm)	Aspecto visual	
DD	LS	LF	La <sub>1</sub>	2,53	lascamento leve
			La <sub>2</sub>	4,13	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	4,56	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	3,29	lascamento moderado/polido
		LD	La <sub>3</sub>	1,58	lascamento leve/polido
			La <sub>4</sub>	3,39	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	2,58	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	1,92	Perda total de material
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	0,99	lascamento moderado/polido
			Lc <sub>2</sub>	3,23	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	3,64	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	3,08	polido
		LD	Lc <sub>3</sub>	1,82	lascamento leve/polido
			Lc <sub>4</sub>	2,31	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	2,68	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	1,66	lascamento leve
DE	LS	LF	La <sub>1</sub>	1,71	lascamento leve
			La <sub>2</sub>	2,11	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	2,38	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	2,16	Perda total de material
		LD	La <sub>3</sub>	1,87	polido
			La <sub>4</sub>	2,42	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	1,92	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	1,06	Perda total de material
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	1,47	lascamento moderado/Polido
			Lc <sub>2</sub>	2,82	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	2,88	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	2,20	lascamento leve/polido
		LD	Lc <sub>3</sub>	1,68	lascamento moderado/polido
			Lc <sub>4</sub>	1,63	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	1,85	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	1,34	lascamento leve

Tabela 14 - Ônibus 5 com espessuras e aspectos de lonas de Fim de vida – Dianteiro. .

Ônibus 5 - (Vida - 5.331 km)					
Análises					
Parâmetros			Espessura (mm)	Aspecto visual	
DD	LS	LF	La <sub>1</sub>	2,68	sem agressão
			La <sub>2</sub>	4,29	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	4,47	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	3,06	Perda total de material/polido
		LD	La <sub>3</sub>	1,57	polido
			La <sub>4</sub>	3,76	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	2,65	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	1,79	Perda total de material
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	0,98	Polido
			Lc <sub>2</sub>	3,13	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	3,49	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	2,96	polido
		LD	Lc <sub>3</sub>	1,80	lascamento leve/polido
			Lc <sub>4</sub>	2,42	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	2,89	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	1,72	sem agressão
DE	LS	LF	La <sub>1</sub>	1,81	lascamento moderado/polido
			La <sub>2</sub>	2,13	sem agressão
			Lb <sub>2</sub>	2,41	sem agressão
			Lb <sub>1</sub>	1,99	Perda total de material
		LD	La <sub>3</sub>	1,78	lascamento moderado
			La <sub>4</sub>	2,29	sem agressão
			Lb <sub>4</sub>	1,82	sem agressão
			Lb <sub>3</sub>	1,04	lascamento moderado/polido
	LI	LF	Lc <sub>1</sub>	1,37	lascamento leve
			Lc <sub>2</sub>	2,62	sem agressão
			Ld <sub>2</sub>	3,00	sem agressão
			Ld <sub>1</sub>	2,24	lascamento leve
		LD	Lc <sub>3</sub>	1,73	lascamento moderado
			Lc <sub>4</sub>	1,72	sem agressão
			Ld <sub>4</sub>	1,93	sem agressão
			Ld <sub>3</sub>	1,37	polido

## ANEXO VI: FOLHA DE ESPECIFICAÇÃO DO VW 17.230 OD.

### MOTOR

Fabricante / Modelo	MAN / D0834 230
Nº de cilindros / Cilindrada (l)	4 / 4,6
Potência Liq. Máx. - cv (kW) @ rpm (*)	225 (166) @ 2400
Torque Liq. Máx. - Nm (kgf.m) @ rpm (*)	850 (87) @ 1100 - 1600
Sistema de Injeção	Common Rail
Compressor de Ar	Wabco 238
Sistema de tratamento de gases	EGR
Norma de emissões	Proconve Fase P-7 (Euro 5)

(\*) Valores conforme ensaio SAE J1349

### TRANSMISSÃO

Fabricante / Modelo	ZF 6S 1010 BO
Tipo / Acionamento	Mecânica / Cabo
Nº de marchas	6 a frente (sincronizadas), 1 a ré
Relação de transmissão:	
1ª **	6,75:1
2ª	3,60:1
3ª	2,13:1
4ª	1,39:1
5ª	1,00:1
6ª	0,78:1
Ré	6,06:1
Sistema de Tração	4 x 2

\*\* Inibidor eletrônico de 2ª Marcha

### EMBREGEM

Fabricante / Tipo	Sachs / Monodisco a seco, revestimento orgânico
Acionamento	Push Type
Diâmetro do disco (mm)	395

### EIXO DIANTEIRO

Fabricante / Modelo	Sifco 13K
Tipo	Viga "I" aço forjado

### EIXO TRASEIRO MOTRIZ

Fabricante / Modelo	Meritor MS 23-158
Tipo	Eixo rígido com carcaça em aço estampado
Relação de redução	5,86:1 (std.) / 5,38:1 (opc.) / 6,57:1 (opc.)

### SUSPENSÃO

Dianteira	Molas semi-elípticas, amortecedores telescópicos de dupla ação, molas de borracha e barra estabilizadora
Traseira	Molas semi-elípticas com molas auxiliares parabólicas; amortecedores telescópicos e, no 3º estágio, molas de borracha; barra estabilizadora

### RODAS E PNEUS

Tipo (Aros das Rodas)	Aço (7,5" x 22,5")
Pneus	275/80R22.5

### FREIOS

Freio de Serviço	Ar, tambor nas rodas dianteiras e traseiras, ABS
Características	S-Came, duplo, independente, reservatório triplo de ar filtro coalescente
Freio de Estacionamento	Câmara de Molas Acumuladoras
Atuação	Rodas Traseiras
Acionamento	Válvula moduladora no painel
Freio Motor	Freio motor de cabeçote -MAN exhaust valve brake

### SISTEMA ELÉTRICO

Tensão Nominal	24 V
Bateria	2x (12 V - 135 Ah) / 2x (12 V - 170 Ah) opc.
Alternador	28 V - 80 A

### VOLUMES DE ABASTECIMENTO (l)

Tanque Combustível em Plástico	275,0
Cárter com filtro / sem filtro	16,5 / 15,0
Caixa de Mudanças	9,2
Eixo Traseiro	21,0
Sistema de Arrefecimento	24,0

### DIMENSÕES (mm)

Distância entre-eixos	5950
Balanco dianteiro	2265
Balanco traseiro	2550
Comprimento total	10765

### PESOS (kg)

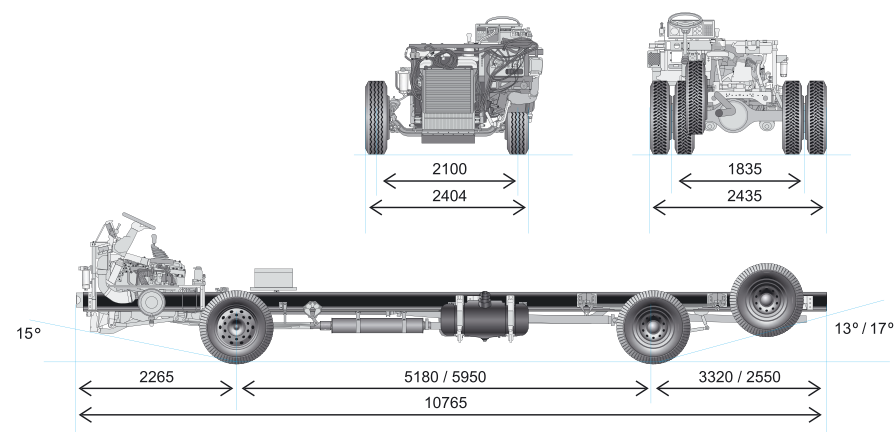
Peso em ordem de marcha (Total)	4820
Eixo dianteiro	2882
Eixo traseiro	1938
Capacidade técnica por eixo	
Dianteiro	6300
Traseiro	11000
Peso bruto total (PBT) - técnico	17300
Peso bruto total (PBT) - homologado	16000

Obs.: Os pesos podem sofrer alterações devido aos itens opcionais

### DESEMPENHO

Relação de redução do eixo traseiro	5,86:1	5,38:1	6,57:1
Velocidade máxima (km/h)	105	112	95
Capacidade de rampa em PBT (%)	39	36	44
Partida em rampa em PBT (%)	35	32	40

### DIMENSÕES PRINCIPAIS (mm)





## FRAS-LE - Catálogo Eletrônico de Aplicações

**FD/88****Sistema Master****Dimensões:**

COMPRIMENTO CURTO=171,2 mm

COMPRIMENTO LONGO=177,1 mm

ESPESSURA STD=18,97 mm

ESPESSURA X=20,57 mm

ESPESSURA XX=22,17 mm

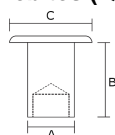
LARGURA=177,8 mm

PEÇAS/JOGO=4 4

QUANTIDADE FUIROS CURTO=14

QUANTIDADE FUIROS LONGO=14

Ø TAMBOR=381 mm

**Rebites (Quantidade=112)**

TIPO	MEDIDA A	MEDIDA B	MEDIDA C
10 - 10	6,4 mm	16 mm	13 mm

**Equivalências:**

FABRICANTE	CÓDIGO
AGRALE	6012005089007
BENDIX	BNA-374
BOSCH	BEH0374
COBREQ	0815T
FMSI	4705
IVECO	7149139
LONAFLEX	L-224
MERITOR	807256
RANDON	2121.00300
THERMOID	TH-166
VOLKSWAGEN	2RL.698.431
VOLKSWAGEN	2TJ.698.431

**Aplicações da peça:**

MARCA	MODELO	ANO
AGRALE	MA 12.0	01 /
AGRALE	MA 17.0	13 /
AGRALE	MT 12.0	01 /
FORD	B-1618-CO	93 / 97
FORD	B-1621	98 /
FORD	C-1415	97 /
FORD	C-1416	98 /
FORD	C-1417	01 /
FORD	C-1421	01 /
FORD	C-1422	97 /
FORD	C-1516	02 /
FORD	C-1517	12-02 /
FORD	C-1519	10 /
FORD	C-1521	12-02 /
FORD	C-1617	97 /
FORD	C-1618	97 /
FORD	C-1621	97 /
FORD	C-1622	97 /
FORD	C-1622 GARBAGE	02 /
FORD	C-1630	97 /
FORD	C-1717	01 /
FORD	C-1719	10 /
FORD	C-1721	01 /
FORD	C-1722	97 /

Verifique a disponibilidade deste item junto ao seu distribuidor Fras-le. Esta informação pode mudar sem aviso prévio



## Índice

Descrição	Família	
Tabela de Medidas e Tipos de Freios "S" Came	-	
Histórico dos Freios	-	
Nomenclatura dos Códigos	-	
Patim de Freio	3222	
Aranha de Freio	3211	
Eixo Expansor	2210	
Conjunto do Suporte	3299	
Tapa-Pó	3236 / 3264 / 3736	
Ajustador Manual	3275	
Ajustador Automático	3275	
Forquilha	-	
Câmara de Serviço	3276	
Spring Brake	3276	
Conjunto das Tampas	3010 / 3011	
Êmbolo	3011	
Molas	2113 / 2258	
Freios (Componentes)	-	
Conjunto do Mancal (freio tubeless)	3299	
Conjunto da Placa de Apoio (freio 325x100 mm)	3236	
Tambor para Freios de Adaptação	-	
Freios de Adaptação	-	
Peças antigas Randon	-	
Freio Hidráulico	-	
Kits	KCFM	
Equivalências Master / Boechat / Silpa	-	

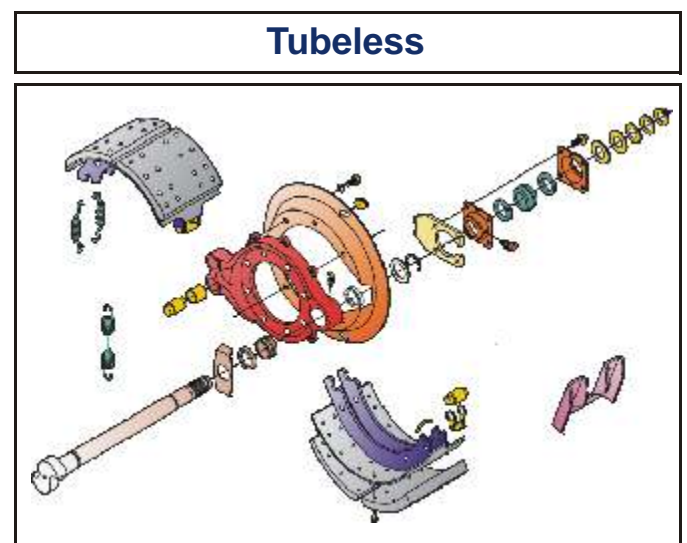
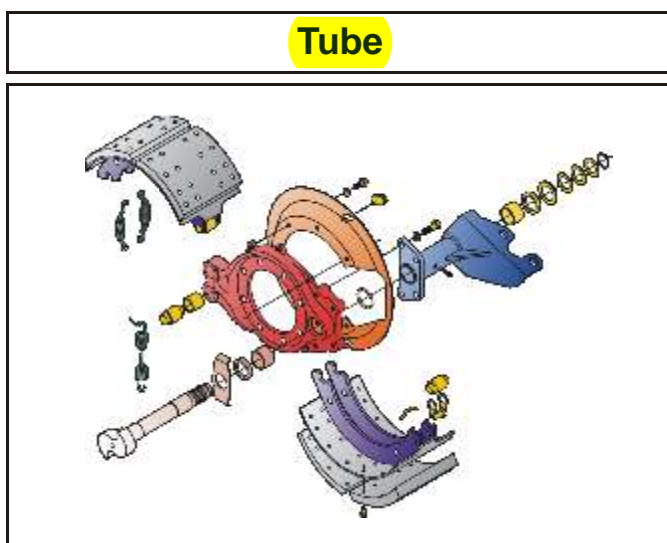
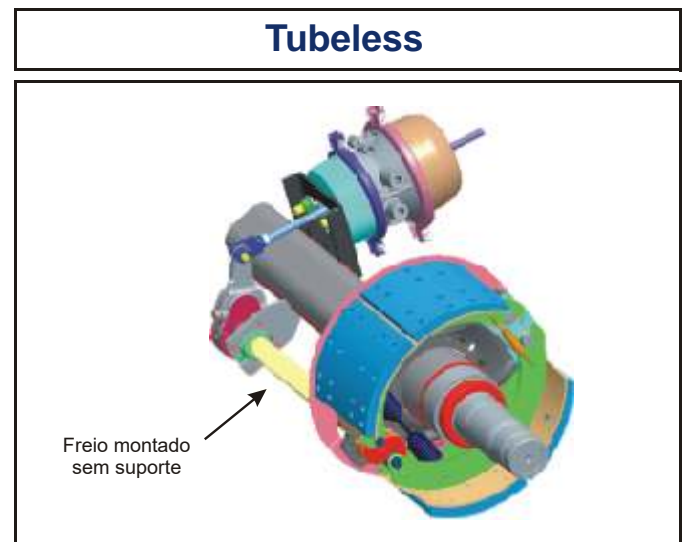
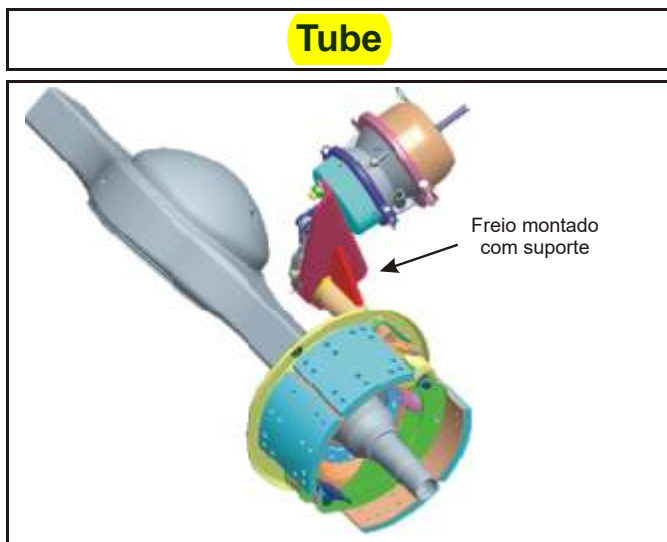
## Legenda

D / E	=> Dianteiro Esquerdo	D / D	=> Dianteiro Direito
T / E	=> Traseiro Esquerdo	T / D	=> Traseiro Direito
MSA	=> Ajustador Manual	ASA	=> Ajustador Automático
CO / OD	=> Ônibus com motor dianteiro	OT	=> Ônibus com motor traseiro
(EE)	=> Entre Eixos	HD	=> Novo modelo de freio 325 mm
HC	=> Haste Curta	HL	=> Haste Longa
TA	=> Traseiro Anterior (veículo 6x4)	TP	=> Traseiro Posterior (veículo 6x4)
HO	=> Mola de estacion. com maior força		

## Tabela de Medidas dos freios "S" Came

Freio	Largura do patim	Espessura Útil Lona "Q"	Espessura Útil Lona "Q" Plus	Tipo
16,5"	5", 6", 7" e 8"	12,0 mm	15,4 mm	Tube e tubeless
15,5"	5" e 6"	14,0 mm	-	Tube
15"	4", 6", 7" e 8,5/8"	-	12,5 mm	Tube e tubeless
325 mm	100 e 120 mm	10,7 mm	12,0 mm	Tube e tubeless

## Tipos de freios "S" Came

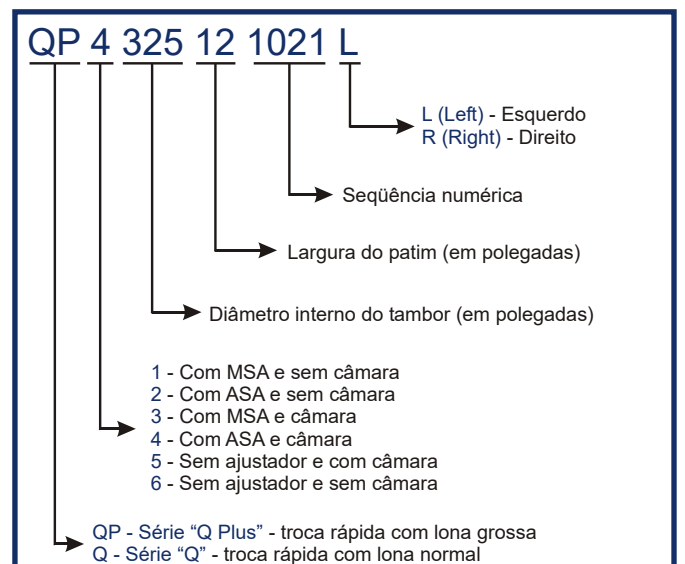
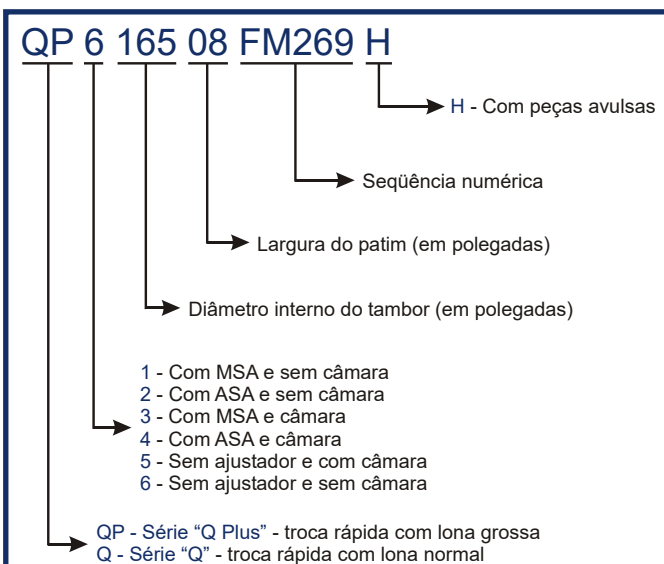
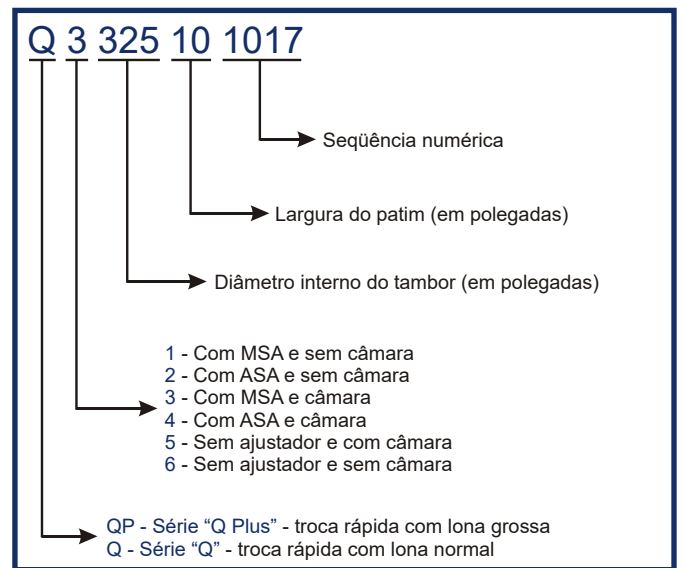
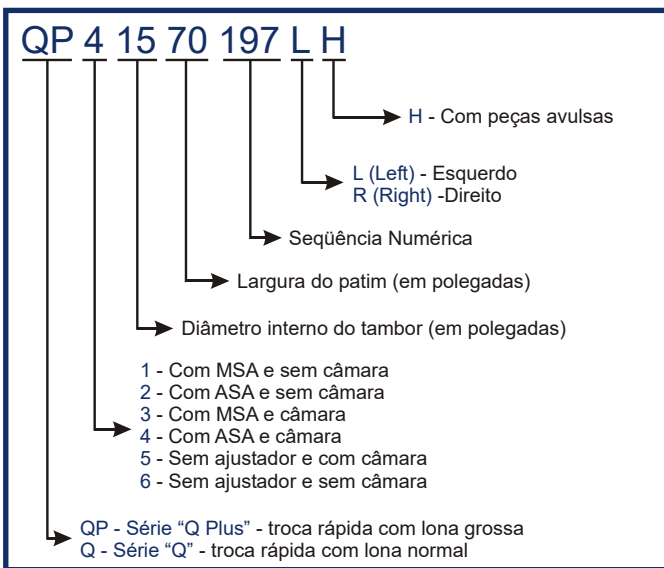
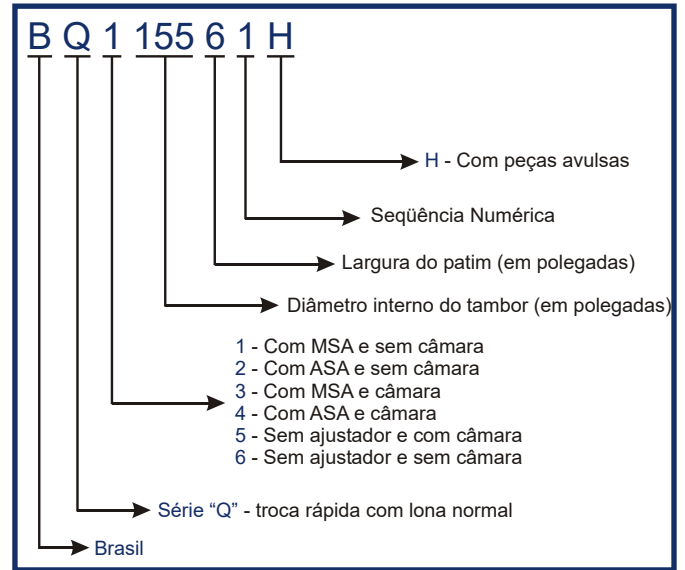
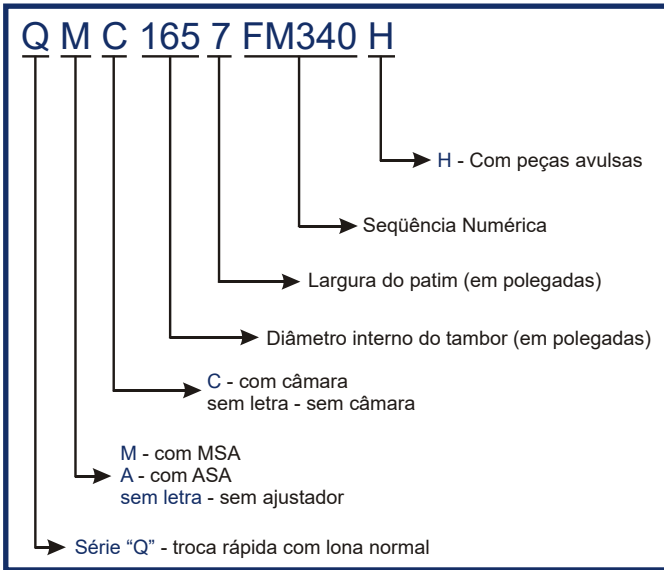


Obs.: Os freios Tubeless são utilizados somente nos eixos traseiros. A câmara vai fixada no eixo do veículo.

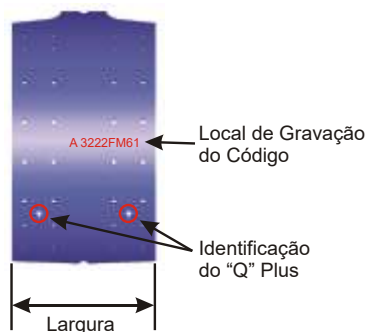
### ATENÇÃO!!!

A Master também possui o modelo de freio "Z" Came, fornecido exclusivamente para os veículos FH, NH e FM da Volvo. Este freio somente é comercializado pelas concessionárias da montadora, não sendo encontrado na rede de distribuição Master.

# Nomenclatura dos Códigos dos Freios



# Patim de Freio



## Patim 325 mm

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Tipo	Modelo	Largura	Aplicação	Lona Fras-Le	LonaFlex	Eixo / Lado
A 3222T2126*	PA018	"Q"	325 mm	100 mm	Caminhão e Ônibus VW 7 a 9 ton. até Dez/03 Caminhão VW 6 e 7 ton. (adaptação hidráulico) Caminhão Ford 7 a 9 ton. Caminhão e Ônibus Agrale e MBB 7 e 8 ton. Adaptações hidráulico MBB 6 a 9 ton.	FD/77	L-219	D-T D-T D-T D-T T
FM110 3222FM108**	PA019	HD	325 mm	100 mm	Caminhão VW 7 a 9 ton. desde Jan/04 Caminhão Ford Eletrônico 8 ton. Ônibus VW 8 e 9 ton. desde Fev/03	FD/58	L-562	D-T D-T D
FM113 3222FM109**	PA020	HD	325 mm	120 mm	Caminhão e Ônibus Agrale 9 ton. Ônibus VW 8 e 9 ton. desde Fev/03 Adaptações VW, Ford e Agrale	FD/59	L-559	D-T

\* Utilizar rebite código RV3107 / RE002.

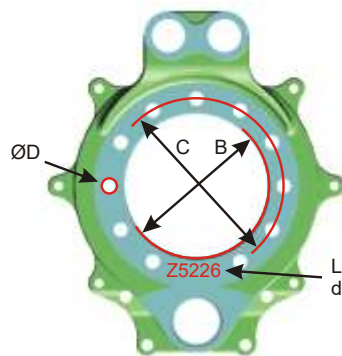
\*\* Utilizar rebite código RV3108 / RE005.

## Patim 15"

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Tipo	Modelo	Largura	Aplicação	Lona Fras-Le	LonaFlex	Eixo / Lado
A 3222C2109	PA134	"Q" Plus	15"	4"	Caminhão Ford F12.000 e F14.000 Caminhão Iveco Eurocargo 15 e 18 ton.	FD/86	L-222	D
FM69 3222C2109	PA140	"Q" Plus com aba	15"	4"	Caminhão VW 12 a 15 ton. (exceto Constellation) Caminhão Ford 12 e 13 ton. Caminhão Agrale Saturno 13 ton.	FD/86	L-222	D
A 3222E2111	PA135	"Q" Plus	15"	6"	Caminhão Ford 12 e 13 ton e F12.000 Caminhão Agrale Saturno 13 ton. Caminhão Iveco Eurocargo 15 ton. 3º Eixo KLL	FD/87	L-223	T
					Caminhão Ford F16.000 Caminhão Iveco Eurocargo 20, 23 e 31 ton.			D
					Caminhão Ford Eletrônico 13 ton. Caminhão Iveco Eurocargo			D-T
					Caminhão Volvo VM 23 e 43 ton.	VV/308	-	D
A 3222E2189	PA136	"Q" Plus com aba	15"	6"	Caminhão VW 13 ton.	FD/87	L-223	T
					Caminhão VW 13 a 26 ton. Caminhão Ford 14 a 43 ton. e F 16.000 Ônibus VW e Ford 16 ton. até 1997			D
A 3222F2112	PA137	"Q" Plus	15"	7"	Caminhão VW e Ford (lixo) Ônibus VW 15 a 18 ton. desde 1998 Ônibus Agrale MA e MT 15 ton. e Ônibus Iveco	FD/88	L-224	D
					Caminhão VW 15 a 26 ton. Caminhão Ford F14.000 e F16.000 Caminhão Iveco Eurocargo e Eurocargo Tector Ônibus VW e Ford 16 ton. até 1997 Carreta e 3º Eixo Guerra, KLL			T
					Caminhão e Ônibus Ford acima de 14 ton. Ônibus Agrale MA e MT 12 ton.			D-T
					Caminhão Volvo VM 17, 23 e 43 ton.			VV/306
A 3222A2159	PA133	"Q" Plus	15"	8,5/8"	Caminhão VW e Ford (lixo) Ônibus VW 15 a 18 ton. desde 1998 Ônibus Agrale MA e MT 15 ton. e Ônibus Iveco Carreta em geral e 3º Eixo KLL	4710	L-640	T
					Caminhão Volvo VM 17 ton. (lixo)			VV/307

Obs.: Utilizar rebite código 17X1002 / RE004.

# Aranha de Freio



Local de Gravação do Código

## Caminhões / Ônibus - Freio Tube

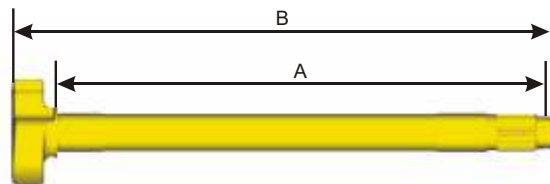
Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	A (mm)	ØB (mm)	ØC (mm)	ØD (mm)	Qtd. Furos	Bucha	Material da Bucha	Aplicação	Eixo / Lado
A 3211FM16	AR117	44	127	164	16,7	7	1225L1208	Nylon	Caminhão VW 11 a 22 ton. até 1989 (adaptação)	D / E
A 3211FM17	AR118									D / D
A 3211FM15	AR114	T								
A 3211FM32	AR244	44	127	163	16,6	7	1225L1208	Nylon	Caminhão VW 16 ton. até Dez/90	D / E
A 3211FM33	AR245									D / D
A 3211Z4862	AR280	44	140	184	16,7	8	1225L1208	Nylon	Caminhão VW 14 ton. até Dez/90	D / E
A 3211A4863	AR201									D / D
A 3211P4800	AR269	44	149	181	14,7	12	1225L1208	Nylon	Caminhão VW 14 e 16 ton. até Dez/90	T
A 3211Z5226	AR146	44	149	181	15,1	11	1225L1208	Nylon	Caminhão VW 18 e 19 ton. (susp. pneumática)	T
									Caminhão Agrale Saturno 13 ton. Caminhão Volvo VM 43 ton. (susp. pneumática) Ônibus VW 17 e 18 ton. OT desde 2000	
									Caminhão Ford 14 a 17 ton. Carreta Guerra e 3º Eixo KLL	3º
A 3211M5291	AR138	44	140	184	16,7	8	1225L1208	Nylon	Caminhão VW 15 a 26 ton. Caminhão Ford acima de 14 ton.	D / E
A 3211L5290	AR137								Ônibus VW 15 a 18 ton. Ônibus Ford 16 ton. até 2000	D / D
A 3211X5328	AR144	44	149	181	14,7	11	1225L1208	Nylon	Caminhão VW e Ford acima de 11 ton. Caminhão VW 18 e 19 ton. (susp. mecânica) Caminhão Ford F12.000 e F14.000 Caminhão Volvo VM 17, 23 e 43 ton. (susp. mecânica)	T / E
A 3211W5223	AR141								Ônibus VW 15 a 17 ton. OD e CO Ônibus Ford 16 ton. até 2000 Ônibus Agrale MA 12 e 15 ton. e MT 15 ton. 3º Eixo KLL	T / D
A 3211X5224	AR143	44	127	164	16,7	8	1225L1208	Nylon	Caminhão VW e Ford 11 a 13 ton. Caminhão Ford F12.000 e F14.000	D / E
A 3211Y5225	AR145									D / D
A 3211FM145 HD	AR005	42	124	-	16,7	4	1225R1136	Nylon	Caminhão VW 8 e 9 ton. desde 2004 e adaptações Caminhão Ford Eletrônico 8 ton. e adaptações Ônibus VW 8 e 9 ton. desde 2004	D
A 3211FM144 HD	AR004	42	124	-	14,7	4	1225R1136	Nylon	Caminhão VW, Ford e Agrale 7 a 9 ton. (adaptação)	D
A 3211FM139 HD	AR003	42	124	-	16,7	4	1225R1136	Nylon	Caminhão Agrale 9 ton. desde 2003 Ônibus Agrale 8 e 9 ton. e Volare W8 e W9 desde 2002	D
A 3211FM156 HD	AR007	42	124	-	14,7	6	1225R1136	Nylon	Caminhão e Ônibus Agrale 9 ton. desde 2003	T
A 3211FM136 HD	AR001	42	124	-	20,3	4	1225R1136	Nylon	Ônibus Agrale MA 8.5 e Volare W8 e W9 desde 2002	T
A2 3211N7138	AR159	44	151,6	184,1	17,3	8	1225L1208	Nylon	Caminhão Volvo VM 23 e 43 ton.	D / E
A2 3211P7140	AR160									D / D
A 3211H6326	AR134	44	127	164	16,7	8	1225C1277	Nylon	Caminhão Ford 12.000	D / E
A 3211J6328	AR136									D / D
A 3211V5456	AR140	44	140	184	16,7	8	1225C1277	Nylon	Caminhão Ford F14.000 e F16.000	D / E
A 3211W5457	AR142									D / D
A 3211C6659	AR210	44	140	184	16,7	7	1225C1277	Nylon	Caminhão International	D / E
A 3211D6660	AR212									D / D
A 3211R6076	AR270	44	171,5	209,6	16,7	10	1225C1277	Nylon		T / E
A 3211S6077	AR272	T / D								
A 3211FM207	AR163	44	127	164	16,7	8	1225L1208	Nylon	Caminhão Agrale Saturno 13 ton.	D / E
A 3211FM208	AR164									D / D
A 3211FM171	AR151	44	140	184	16,7	6	1225L1208	Nylon	Ônibus Agrale MA e MT 12 e 15 ton.	D / E
A 3211FM170	AR152									D / D
A 3211FM173	AR153	44	149	181	15,1	11	1225L1208	Nylon	Ônibus Agrale MT 12 ton.	T / E
A 3211FM172	AR154									T / D



# Eixo Expansor



Local de Gravação do Código

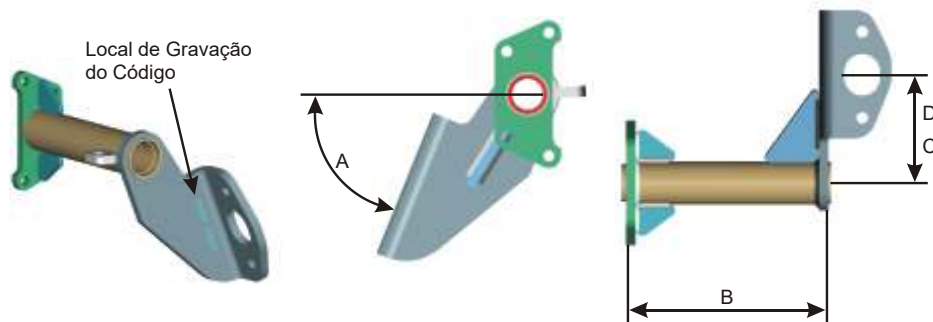


Perfil



## 28 Estrias - Freio Tube

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Modelo	Perfil	A (mm)	B (mm)	Aplicação	Eixo / Lado
2210C6763	EX311	15"	"S"	293,4	345,3	Caminhão VW e Ford 12 e 13 ton. Caminhão Ford F12.000 e F14.000 Caminhão Agrale Saturno 13 ton.	D / E
2210D6764	EX313	"Q" Plus	"Z"				D / D
2210J6692	EX407	15"	"S"	216,9	268,9	Caminhão VW e Ford acima de 14 ton. Caminhão Iveco Eurocargo 150E 20 N / T e 160E 23 N / T Ônibus VW 15 a 17 ton.	D / E
2210K6693	EX411	"Q" Plus	"Z"				Ônibus Ford 16 ton. até 2000
2210D7596	EX314	15"	"S"	340,9	392,8	Caminhão VW e Ford acima de 11 ton. Caminhão Ford F12.000, F14.000 e F16.000 Caminhão Iveco Eurocargo 150E 20 N / T e 160E 23 N / T Ônibus VW 15 a 17 ton. OD Ônibus Ford 16 ton. até 2000 Carreta e 3º Eixo	T / E
2210E7597	EX315	"Q" Plus	"Z"				T / D
2210FM185	EX330	15"	"S"	402,4	454,4	Caminhão VW 18 e 19 ton. (susp. pneumática)	T / E
2210FM187	EX331	"Q" Plus	"Z"				T / D
2210FM117	EX318	15"	"S"	232,2	284,1	Caminhão VW acima de 18 ton. desde 2002 Caminhão Ford 43 a 45 ton. Caminhão Iveco Eurocargo Ônibus VW 17 e 18 ton. OT Ônibus Iveco 3º Eixo KLL	D / E
2210FM118	EX319	"Q" Plus	"Z"				D / D
2210FM287	EX356	15"	"S"	345,9	397,9	Caminhão Iveco Eurocargo Ônibus Iveco	T / E
2210FM288	EX357	"Q" Plus	"Z"				T / D
2210FM311	EX364	15"	"S"	394,4	446,4	Caminhão Agrale Saturno 13 ton. Ônibus VW 17 e 18 ton. OT Ônibus Agrale MA e MT 15 ton.	T / E
2210FM312	EX365	"Q" Plus	"Z"				T / D
2210FM429	EX445	15"	"S"	223,9	275,8	Caminhão Volvo VM 43 ton.	D / E
2210FM430	EX446	"Q" Plus	"Z"				D / D
2210FM433	EX451	15"	"S"	424,4	476,4	Caminhão Volvo VM 43 ton. (susp. pneumática)	T / E
2210FM434	EX452	"Q" Plus	"Z"				T / D
2210B6554	EX307	16,5" e 15,5"	"S"	281,7	333,6	Caminhão VW 11 a 22 ton. até 1989 (adaptação) Caminhão Iveco Eurotech e Stralis Carreta e 3º Eixo ("S" curto) até 1991	D / E
2210A6553	EX301	"Q"	"Z"				D / D
2210FM267	EX347	16,5" e 15,5"	"S"	381,0	432,9	Caminhão VW 11 a 22 ton. até 1989 (adaptação)	T / E
2210FM266	EX346	"Q"	"Z"				T / D
2210M8437	EX423	16,5"	"S"	341,2	393,2	Caminhão Iveco Eurotech e Stralis	T / E
2210L8436	EX420	"Q"	"Z"				T / D
2210FM314	EX367	16,5"	"S"	255,3	307,2	Caminhão International	D / E
2210FM313	EX366	"Q" Plus	"Z"				D / D
2210A7645	EX306	16,5"	"S"	372,9	424,8		T / E
2210Z7644	EX436	"Q" Plus	"Z"				T / D
2210FM412	EX399	16,5"	"S"	248,9	300,9	Caminhão MBB 1113 (adaptação)	D / E
2210FM411	EX398	"Q" Plus	"Z"				D / D
2210FM275	EX351	16,5"	"S"	281,7	333,6	Caminhão MBB 1313 a 2213 e 1316 (adaptação) Carreta Randon até Dez/87 (adaptação) 3º Eixo Pneumático MBB 1935 e 1938	D / E
2210FM274	EX350	"Q" Plus	"Z"				D / D
2210FM261	EX344	16,5"	"Z"	407,4	459,4	Caminhão MBB 1113, 1313 a 2213, 1316, 1513, 1516, 1519 e 2219 (adaptação) (Considerar a instalação dos freios com as câmaras para frente do eixo)	T / E
2210FM262	EX345	"Q" Plus	"S"				T / D



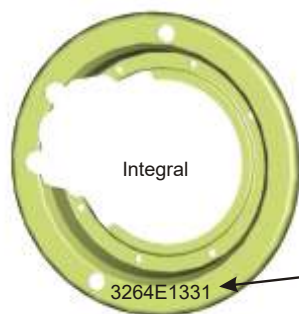
## Caminhões / Ônibus

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	A (°)	B (mm)	C	D	Aplicação	Eixo / Lado
FM20 3299V5196	SU214	340°	76,2	5,5"	-	Caminhão VW 14 e 15 ton. Caminhão VW 22, 24 e 35 ton. até 2003 Caminhão Ford 14 a 17 e 24 ton.	D / E
FM20 3299U5195	SU213			139,7 mm			D / D
FM131 3299K5549	SU139	340°	108,4	6"	-	Caminhão VW 18 a 26 ton. Caminhão Ford e Volvo VM 43 ton. Ônibus VW 17 e 18 ton. OT 3° Eixo KLL	D / E
FM131 3299L5550	SU140			152,4 mm			D / D
C5 3299P6256	SU043	70°	217,5	5,5"	6"	Caminhão VW 18 e 19 ton. (susp. mecânica) Caminhão VW 16 a 24, 35 e 40 ton. Caminhão Ford 13 a 24, 32, 40 e 43 ton. Caminhão Ford F14.000 e F.16.000 Carreta e 3° Eixo Guerra de 1994 até 2002	T / E
C5 3299Q6257	SU044			139,7 mm			152,4 mm
FM168 3299J6094	SU334	69°	217,5	6,5"	-	Caminhão Ford Eletrônico 17 (WB 171" e 189") ton.	T / E
FM168 3299K6095	SU335			165,1 mm			T / D
FM176 3299FM152	SU342	68°	296,5	6"	6,5"	Caminhão VW 19 ton. (susp. pneumática)	T / E
FM176 3299FM153	SU343			152,4 mm			165,1 mm
FM162 3299FM125	SU205	68°	296,5	6"	-	Caminhão VW 18 ton. (susp. pneumática)	T / E
FM162 3299FM126	SU206			152,4 mm			T / D
FM153 3299P6256	SU189	69°	217,5	5,5"	6"	Caminhão Volvo VM 17, 23 e 43 ton. (susp. mecânica)	T / E
FM153 3299Q6257	SU190			139,7 mm			152,4 mm
FM174 3299FM125	SU344	60°	318,5	6"	-	Caminhão Volvo VM 43 ton. (susp. pneumática)	T / E
FM174 3299FM126	SU345			152,4 mm			T / D
FM146 3299FM121	SU167	83°	270,7	-	-	Ônibus VW 17 e 18 ton. OT	T / E
FM146 3299FM122	SU168			T / D			
FM42 3299K5549	SU244	340°	93,7	6"	-	Caminhão VW 16, 17, 23, 26 e 40 ton. Caminhão Ford 16, 17 e 24 ton. até 2005 Caminhão Ford acima de 26 ton. desde 2005 Ônibus VW 15 a 17 ton. CO e OD Ônibus Ford 16 ton. até 2000	D / E
FM42 3299L5550	SU245			152,4 mm			D / D
FM181 3299D6010	SU350	340°	108,4	6"	-	Caminhão Ford C-4432E e C-4532E	D / E
FM181 3299E6011	SU351			152,4 mm			D / D
FM179 3299G6091	SU352	69°	217,5	5,5"	6"		T / E
FM179 3299H6092	SU353			139,7 mm			152,4 mm
FM43 3299P6256	SU246	72°	217,5	5,5"	6"	Caminhão VW e Ford 16 e 17 ton. (lixo) Ônibus VW 15 a 17 ton. Ônibus Ford 16 ton. até 2000	T / E
FM43 3299Q6257	SU247			139,7 mm			152,4 mm
FM169 3299K5549	SU354	303°	108,4	6"	-	Caminhão Iveco Eurocargo Tector e Eurocargo 6x2 Ônibus Iveco	D / E
FM169 3299L5550	SU355			152,4 mm			D / D
FM119 3299P6256	SU105	64°	222,6	5,5"	6"	Caminhão Iveco Eurocargo e Eurocargo Tector Ônibus Iveco	T / E
FM119 3299Q6257	SU106			139,7 mm			152,4 mm
FM209 3299P6256*	SU364	64°	222,6	5,5"	6"	Caminhão Iveco Eurocargo Tector	T / E
FM209 3299Q6257*	SU365			139,7 mm			152,4 mm
FM167 3299FM143	SU332	340°	93,7	6"	-	Caminhão Ford Eletrônico 15 ton.	D / E
FM167 3299FM144	SU333			152,4 mm			D / D
FM166 3299FM143	SU330	130°	167,6	6"	-	Caminhão Ford Eletrônico 13 ton.	D / E
FM166 3299FM144	SU331			152,4 mm			D / D

\* Suporte com reforço.



# Tapa-Pó



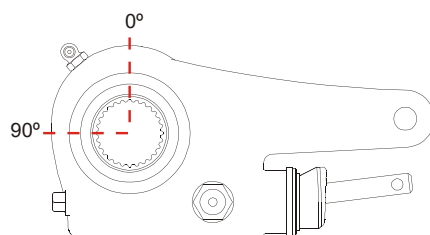
Local de Gravação do Código

3264E1331

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Freio	Modelo	Tipo	Aplicação	Eixo
3264FM15 HD	TP001	325x100 325x120	Tube e Tubeless	Integral	Caminhão e Ônibus VW 8 e 9 ton. desde 2004 Caminhão Ford Eletrônico 8 ton. Caminhão Agrale 9.200 Ônibus Agrale MA 8,5, 9,2 e Volare W8 e W9 desde 2002	D-T
3264E1331	TP113	15,5x6 15x6 15x7	Tube	Integral	Caminhão VW acima de 11 ton. Caminhão Volvo VM 17, 23 e 43 ton. Caminhão VW 11 a 22 ton. até 1989 (adaptação) Ônibus VW 15 a 18 ton.	D-T T T D
3264S1137	TP122			Bi-partido (opcional)	Ônibus Ford 16 ton. até 2000 Ônibus Agrale MA e MT 15 ton. Carreta e 3º Eixo Guerra e KLL	D-T D -
3264T1138	TP123					
3264FM02	TP114	15,5x5	Tube	Integral	Caminhão VW 11 a 22 ton. até 1989 (adaptação)	D
3264FM03	TP115	15x8,5/8	Tube	Integral	Caminhão VW, Ford e Volvo VM 16 e 17 ton. (lixo) Ônibus VW 15 a 18 ton. Ônibus Ford 16 ton. até 2000 Ônibus Agrale MA e MT 15 ton.	T
3264D1382	TP112	15x7	Tubeless	Integral	Caminhão VW e Ford acima de 22 ton. (freio tubeless) Caminhão Volvo VM 23 ton. (freio tubeless) Caminhão Iveco Eurocargo 6x2	T-3º T-3º 3º
3264D1330	TP111	15x4	Tube	Integral	Caminhão VW e Ford 11 a 15 ton. Caminhão Agrale Saturno 13 ton.	D
A 3264FM32	TP132	15x6	Tube	Integral	Caminhão VW Constellation 13 ton.	D
A 3264R1292	TP131	15x6	Tube	Integral	Caminhão Volvo VM 23 e 43 ton.	D
3264F1332	TP227	16,5x7 e 8	Tubeless	Integral	Caminhão Volvo FH12 e NH12 Carreta e 3º Eixo em geral	3º Eixo -
3264FM25	TP120	15x7	Tube	Integral	Caminhão Volvo 15 ton. Caminhão Agrale Saturno 13 ton. Ônibus Agrale MA e MT 12 ton.	T T D-T
3236FM61	TP104	15x4	Tube	Bi-partido	Caminhão Iveco Eurocargo	D
3236FM62	TP105					
3236FM16	TP102	15x6	Tube	Integral	Caminhão Iveco Eurocargo e Eurocargo Tector	D
3264FM07	TP117	15x7	Tube	Integral	Caminhão Iveco Eurocargo e Eurocargo Tector Ônibus Iveco	T D
3264FM27	TP136	15x8,5/8	Tube	Integral	Ônibus Iveco	T
3264FM21	TP234	16,5x6	Tube	Integral	Caminhão Iveco Eurotraker, Eurotech e Stralis	D T
3264FM22	TP235	16,5x8				
3264FM21A	TP254	16,5x5	Tube	Integral	Caminhão MBB 1113 (adaptação)	T
3264FM22A	TP253	16,5x8	Tube	Integral	Caminhão MBB 1938 (adaptação)	T
3264FM12	TP229	16,5x8	Tubeless	Integral	Carreta e 3º Eixo Guerra desde 1999	-
3236FM01	TP202	16,5x7	Tube	Integral	Carreta Guerra e Randon de 1991 até 1999 3º Eixo Zurlo	-
3264B1328	TP226	16,5x7 e 8	Tube	Integral	Carreta em geral Ônibus El Detalle 3º Eixo Pneumático MBB 1935 e 1938 e Zurlo	T
3236V2414	TP224			Bi-partido (opcional)		
3236W2415	TP225					
A 3264FM01	TP126	15x8,5/8	Tube	Integral	3º Eixo KLL	-
3736N92	TP245	16,5x5 e 6	Tube	Bi-partido	Caminhão VW e Ford até 1989 Caminhão MBB 1113, 1313 a 2213 e 1316 (adaptação) Carreta Guerra de 1992 até 2003	D-T D-T -
3736M91	TP244					
3236FM65	TP215	16,5x5	Tube	Bi-partido	Caminhão Internacional	D
3236FM66	TP216					
3236F2502	TP201	16,5x7	Tube	Bi-partido	Caminhão Internacional Caminhão MBB 1513, 1516, 1519 e 2219 (adaptação)	T
3236G2503	TP219					
3264FM23	TP236	16,5x8	Tubeless	Bi-partido	3º Eixo Volvo NH12 e FH12 e Iveco Stralis 6x2 Carreta e 3º Eixo Randon (freios com aranha estampada) 3º Eixo Scania (freios com aranha estampada)	-
3264FM24	TP237					

# Ajustador Automático

Posição da graxeira



Local de Gravação do Código



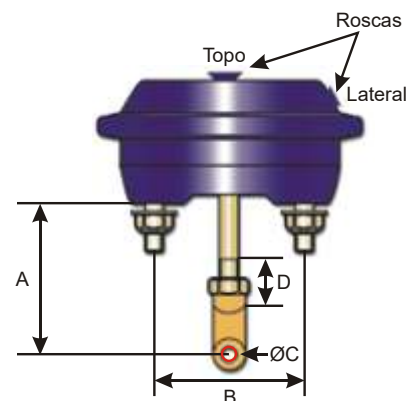
## 28 Estrias

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	A	Pistão	Posição Graxeira	Tipo de Graxeira	Aplicação	Eixo / Lado
A15 3275W1193	AA306	5,5" 139,7 mm	Amarelo	0°	Angular 90°	Caminhão VW e Ford 11 a 16 ton. Ônibus Agrale MA e MT 12 ton. Ônibus Agrale MA 12 ton. Ônibus Agrale MT 12 ton.	D-T-3° / E D / E T / E T / D
A15 3275X1194	AA307					Caminhão VW e Ford 11 a 16 ton. Ônibus Agrale MA e MT 12 ton. Ônibus Agrale MA 12 ton. Ônibus Agrale MT 12 ton.	D-T-3° / D D / D T / D T / E
A2 3275Y1195	AA308	6" 152,4 mm	Amarelo	0°	Angular 90°	Caminhão VW 17, 23 e 24 ton. Caminhão Volvo VM 17, 23 e 43 ton.  Caminhão VW e Ford 16 e 17 ton. (lixo) Caminhão Ford 13 a 43 ton. Caminhão Agrale Saturno 13 ton. Caminhão International Ônibus VW 16 ton. CO de 1998 até 2000 Ônibus Ford 16 ton. até 2000	D / E T / E  D-T / E
A2 3275Z1196	AA309					Caminhão VW 17, 23 e 24 ton. Caminhão Volvo VM 17, 23 e 43 ton.  Caminhão VW e Ford 16 e 17 ton. (lixo) Caminhão Ford 13 a 43 ton. Caminhão Agrale Saturno 13 ton. Caminhão International Ônibus VW 16 ton. CO de 1998 até 2000 Ônibus Ford 16 ton. até 2000	D / D T / D  D-T / D
A6 3275Y1195	AA322	6" 152,4 mm	Vermelho	0°	Angular 90°	Ônibus VW 15 a 18 ton. desde 2001	D-T / E
A6 3275Z1196	AA323					Ônibus Agrale MA e MT 15 ton.	D-T / D
FM62 3275D1148	AA333	6,5" 165,1 mm	Vermelho	40°	Angular 90°	Ônibus VW 17 e 18 ton. OT desde 2007	D / E
FM62 3275E1149	AA334						D / D
A3 3275Y1195	AA314	6" 152,4 mm	Azul	0°	Angular 90°	Caminhão VW e Ford 16 a 24 ton. Caminhão Ford 16 e 17 ton. Ônibus VW 16 ton. CO até 1997 Ônibus Ford 16 ton. até 1997	T-3° / E
A3 3275Z1196	AA315						T-3° / D
A4 3275D1148	AA328	6,5" 165,1 mm	Amarelo	40°	Angular 90°	Caminhão Ford Eletrônico 17 ton.	T / E
A4 3275E1149	AA329						T / D
A10 3275E1201	AA330	5,5" 139,7 mm	Amarelo	90°	Reta 0°	Caminhão Ford Eletrônico 17 e 24 ton.	D / E
A10 3275F1202	AA331						D / D
A4 3275S1189	AA332	6" 152,4 mm	Vermelho	90°	Reta 0°	Ônibus Iveco	D-T
A26 3275B1146 A26 3275B1146S*	AA310 AA311	6" 152,4 mm	Azul	40°	Angular 90°	Caminhão Volvo FH12 e NH12 desde 2005 Carreta em geral	3° / E
A26 3275C1147 A26 3275C1147S*	AA312 AA313						3° / D

Obs.: O kit de forquilha é adquirido separadamente (ver página 29).

\* Ajustador comercializado com forquilha, pino e contra-pinos.

# Câmara de Serviço



Legenda

Roscas: T - Rosca no Topo L - Rosca Lateral

## 20" (6,75")

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	A (mm)	B (mm)	ØC (mm)	D (mm)	Modelo Forquilha	Roscas		Aplicação	Eixo / Lado
							Entrada	Montagem		
FM21 3276T20	CS217	69,9	120,0	12,7	50,0	Manual	T-L 3/8"	5/8"	Caminhão VW 14 ton. até 1999 3º Eixo	D -
FM47 3276T20	CS224	69,9	120,0	12,7	40,0	Manual	T-M16	M16	Caminhão Iveco Eurocargo 120E 15	D
FM68 3276T20	CS226	69,9	120,0	12,7	40,0	Manual	T-M16	M16	Caminhão Iveco 15 a 16 ton.	D / E
FM67 3276T20	CS225									D / D
FM295 3276T20	CS220	35,0	120,0	14,0	40,0	Manual	T M16	M16	L-1618, 1620 LK-1414, 1618, 1620, 1621 LS-1924-A, 1929, 1932, 1933, 1934, 1935 LS-1625, 2635	D / E
FM294 3276T20	CS219									D / D
FM0366S20A	CS235	69,9	120,0	12,7	40,0	Autom.	T-L M16	M16	Caminhão Agrale Saturno 13 ton. Ônibus Agrale MA e MT 12 ton.	D
3012064818	CS208	286,0	120,0	12,7	255,0	Manual	T-L 3/8"	5/8"	Carreta em geral	-

Obs.: Câmaras comercializadas somente com forquilha.

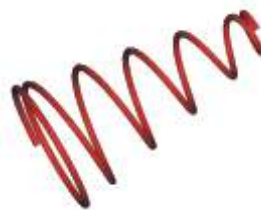
## 24" (7")

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	A (mm)	B (mm)	ØC (mm)	D (mm)	Modelo Forquilha	Roscas		Aplicação	Eixo / Lado
							Entrada	Montagem		
X2 3276X24	CS347	69,9	120,0	12,7	46,0	Autom.	T-L 3/8"	5/8"	Caminhão VW e Ford acima de 14 ton.	D
FM18 3276X24	CS318					Manual				
V55 3276X24	CS343	69,9	120,0	12,7	40,0	Manual	T 3/8"	5/8"	Caminhão VW 14 e 16 ton. Ônibus EI Detalle	D
FM267 3276X24	CS330	69,9	120,0	12,7	46,0	Autom.	T M16	5/8"	Caminhão Volvo VM 23 e 43 ton.	D
FM170 3276X24	CS317	69,9	120,0	12,7	46,0	Autom.	L 3/8"	5/8"	Caminhão International	D
X11 3276X24	CS346	69,9	120,0	12,7	46,0	Manual	T M16	5/8"	Caminhão Volvo VM 23 e 43 ton. Caminhão Iveco Eurotech e Stralis L/LK-1618, 1620	D
FM192 3276X24	CS319	69,9	120,0	12,7	46,0	Manual	T M16	M16	Caminhão Iveco Eurocargo	D / E
FM0383S24A	CS349									D / D
FM44 3276X24	CS336	69,9	120,0	12,7	46,0	Manual	T M16	5/8"	Ônibus VW 15 a 17 ton. OD e CO Ônibus Ford 16 ton. até 2000	D
FM12 3276X24	CS312	62,0	120,0	12,7	46,0	Autom.	L 3/8"	5/8"		
FM226 3276X24	CS324	62,0	120,0	12,7	46,0	Autom.	T M22 L 3/8"	5/8"	Ônibus VW 17 e 18 ton. OT 3º Eixo KLL	D
FM0385S24A	CS350	69,9	120,0	12,7	46,0	Autom.	T M16	M16	Ônibus Iveco	D / E
FM0386S24A	CS351									D / D
FM03 3276X24**	CS309	69,9	120,0	12,7	40,0	Manual	T 1/4"	5/8"	Caminhão VW 11 a 22 ton. até 1989 (adaptação) Caminhão MBB 1313 a 2213 e 1316 (adaptação)	D
FM0396S24A	CS348	190,0	120,0	12,7	48,0	OffSet	L M16	M16	3º Eixo Scania	-
FM132 3276X24**	CS315	80,0	120,0	12,7	45,0	Manual	T M16	M16	Carreta em geral	-
FM75 3276X24	CS341	190,0	120,0	12,7	48,0	Manual	L M16	M16	Carreta em geral	-
3012062998	CS303	69,9	120,0	12,7	40,0	Manual	T-L M16	M16	Carreta Randon	-
3012063099	CS304	69,9	120,0	12,7	40,0	Manual	L 1/4"	M16	Carreta Randon	-
FM265 3276X24	CS329	190,0	120,0	12,7	130,0	Manual	T-L M16	M16	-	-

\*\* Câmara comercializada com componentes (forquilha, pino, contra-pino, porcas e arruelas).

Obs.: As demais são comercializadas somente com forquilha.

# Molas



## Mola de Serviço

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Modelo	Aplicação	Eixo
2113001292	MO201	16"	Câmara de serviço e spring brake 14" e 16"	-
2113001357	MO206	20"	Câmara de serviço e spring brake 20"	-
8068011	MO210	24" HO	Spring brake 24x30 HO	-
2113000075	MO207	24" e 30"	Câmara de serviço e spring brake 24" e 30"	-
2113001365	MO208	36"	Câmara de serviço e spring brake 36"	-



## Mola de Estacionamento

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Modelo	Aplicação	Eixo
2113001438	MO202	24"	Spring Brake 16x24	T
2113FM06 (Pós-Venda)	MO212	24"	Spring Brake 16x24	T
2113FM03	MO204	30"	Spring Brake 20x30, 24x30 e 30x30 (VW)	T
2113FM04 (MiniBlock)	MO209	30"	Spring Brake 20x30, 24x30 e 30x30 (Demais clientes)	T
2113000245 (Pós-Venda)	MO203	30"	Spring Brake 20x30, 24x30 e 30x30	T
8067038	MO211	30" HO	Spring Brake 24x30 HO	T



## Mola de Sujeição (freio 325 mm)

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Modelo	Aplicação	Eixo
2258B1250	MO010	325x100 "Q"	Caminhão e Ônibus 7 a 9 ton. e adaptações	D-T



Para freios  
325 mm



Para freios  
15", 15,5" e 16,5"

## Mola de Retenção

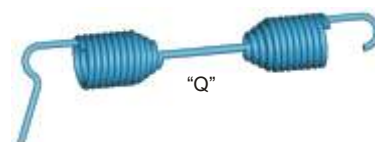
Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Modelo	Aplicação	Eixo
2258Z1378	Mo011	325x100 "Q"	Caminhão e Ônibus 7 a 9 ton. e adaptações	D-T
		325x100 e 120 HD	Caminhão e Ônibus VW e Agrale 7 a 9 ton. Caminhão Ford Eletrônico 8 ton.	
2258H1230	MO002	15", 15,5" e 16,5"	Caminhão e Ônibus acima de 11 ton. Carreta e 3º Eixo	D-T -

# Molas



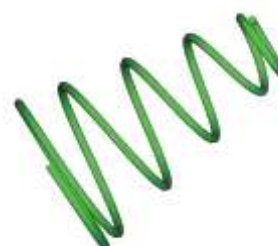
## Mola de Retorno (freio 325 mm)

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Modelo	Aplicação	Eixo
2258A1379	MO003	325x100 "Q"	Caminhão e Ônibus 7 a 9 ton. e adaptações	D-T
2258FM03	MO009	325x100 e 120 HD	Caminhão e Ônibus VW e Agrale 7 a 9 ton. Caminhão Ford Eletrônico 8 ton.	D-T



## Mola de Retorno (freio de 15", 15,5" e 16,5")

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Modelo	Aplicação	Eixo
2258U619	MO005	15" e 15,5" (laranja)	Caminhão VW e Ford acima de 11 ton. (freio tube - exceto lixo) Caminhão Volvo VM 17, 23 e 43 ton. Caminhão Iveco Eurocargo e Eurocargo Tector Caminhão Agrale Saturno 13 ton.	D-T D
2258Z416	MO008	15" "Q" Plus (preta)	Caminhão VW e Ford 16 e 17 ton. (lixo) Ônibus VW 15 a 18 ton. Ônibus Ford 16 ton. até 2000 Caminhão Ford acima de 26 ton. Caminhão Agrale Saturno 13 ton. 3° eixo KLL	D-T D T -
2258M1287	MO004	15" e 16,5" (azul com gancho)	Caminhão VW, Ford, Volvo e Iveco acima de 23 ton. (freio tubeless) Caminhão Iveco Eurotech, Eurotrakker e Stralis Carreta até 1998 e 3° eixo	T-3° D-T -
2258Y1273	MO007	16,5" "Q" Plus (verde)	Caminhão International	D
2258W803	MO006	16,5" "Q" Plus (azul)	Caminhão Volvo FH e NH12 (3° Eixo) Caminhão International (T) Carretas e 3° Eixo	T -



## Mola de Retorno Central (corpo intermediário)

Cód. Original Master	Cód. Simp. Master	Modelo	Aplicação	Eixo
2113001306	MO205	Todos	Spring Brake 16x24, 20x30, 24x30 e 30x30	-