



**SAFE BRAKE**

**FIN TECHNOLOGIES**

**Sistema de  
frenagem  
segura para  
carretas**

# Equipe de projeto



Renan Osti

**Líder**

**Orientador:** Ms. André de Souza Mendes

**Coorientador:** Ms. Cleber William Gomes e Dr. Gabriel Ângelo

**Coordenador:** Ms. Marco Antônio Zanussi Barreto

## Marketing



Victor  
Miranda



Renan  
Carini

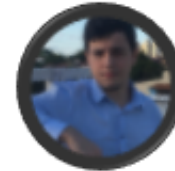


Andrew  
Aoyague

## Pesquisas e Desenvolvimento



Vinicius  
Rossi



Ektor  
Pediatidakis

## Design e Projeto



André  
Catão



Alexandre  
Bevilacqua



Augusto  
Souza

Montadoras

Ms. Cleber William  
Gomes

Ms. André de Souza  
Mendes

Dr. Gabriel Ângelo

Investidores

Fabricante de  
Carreta

Especialistas na  
Área

FEI

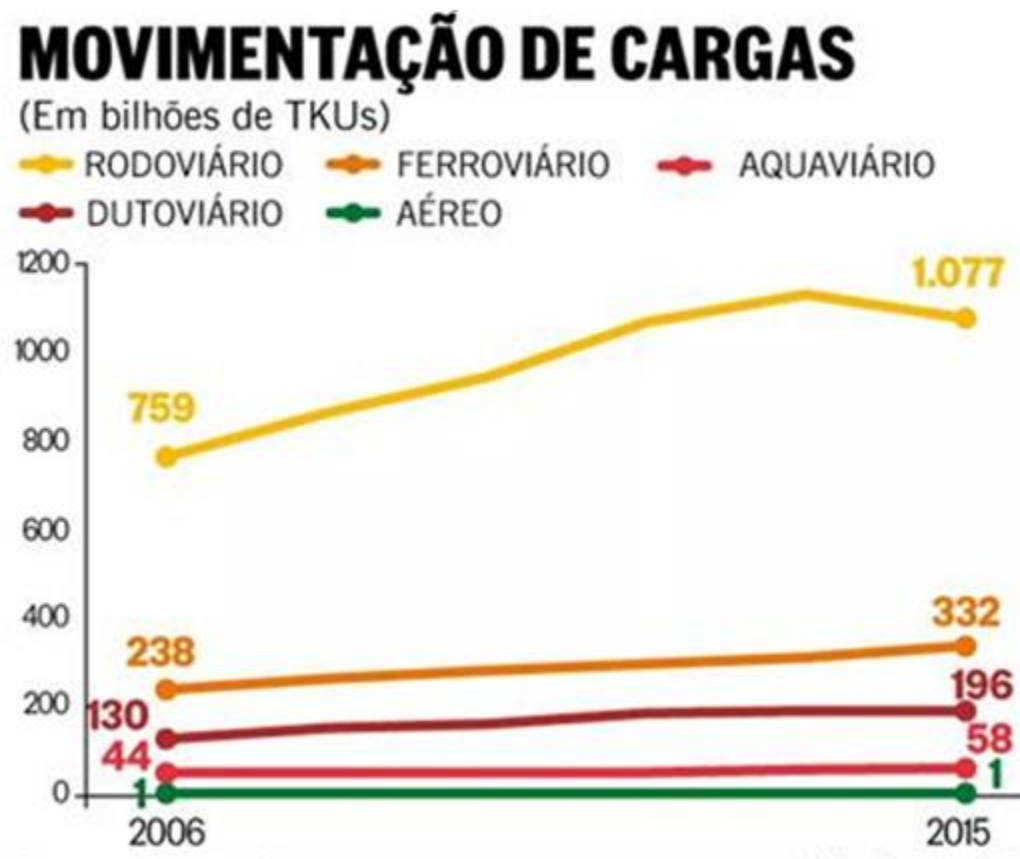


SAFE BRAHE  
FIN TECHNOLOGIES

O transporte rodoviário é responsável por **4,5% do PIB** e gera mais de **5,8 milhões** de empregos formais no setor.

# Transportes no Brasil

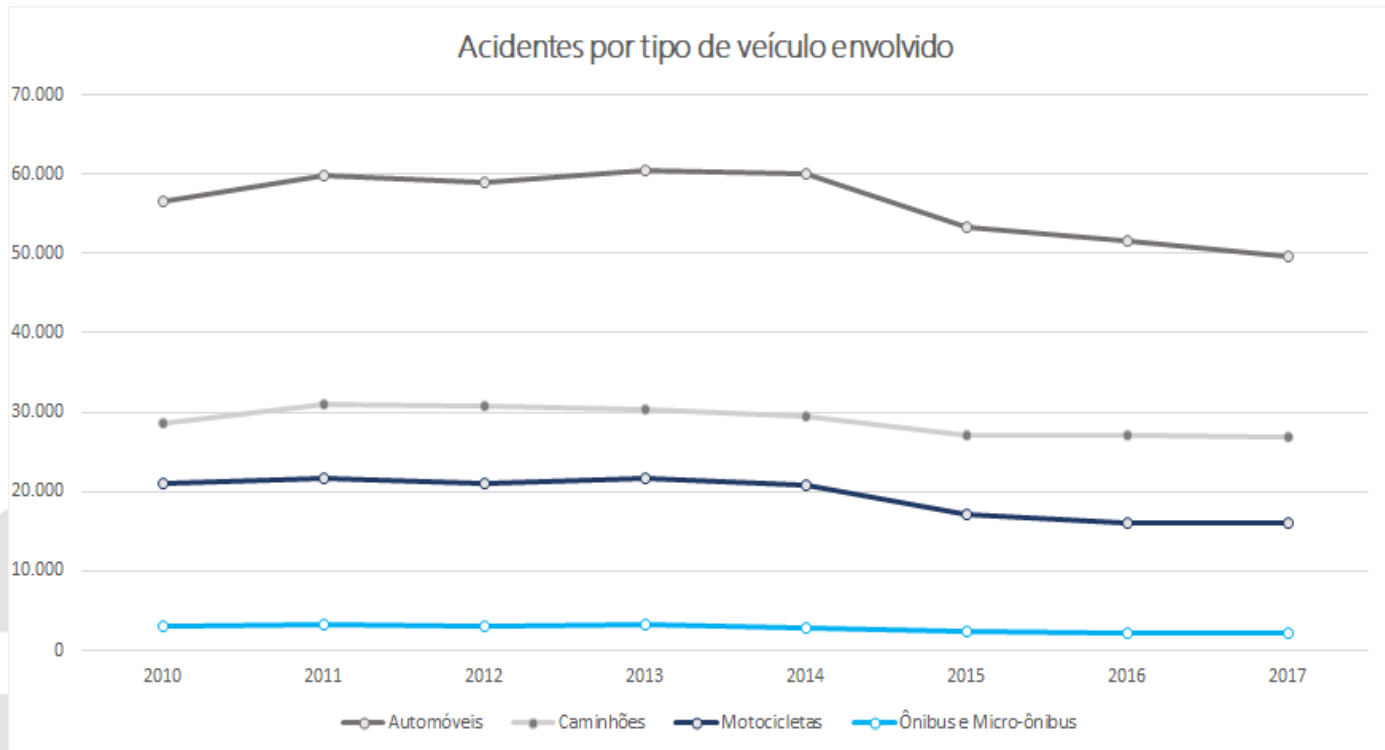
Somos o país que tem a maior concentração rodoviária de transporte de cargas e passageiros entre as principais nações mundiais.



Fonte: Instituto ILOS

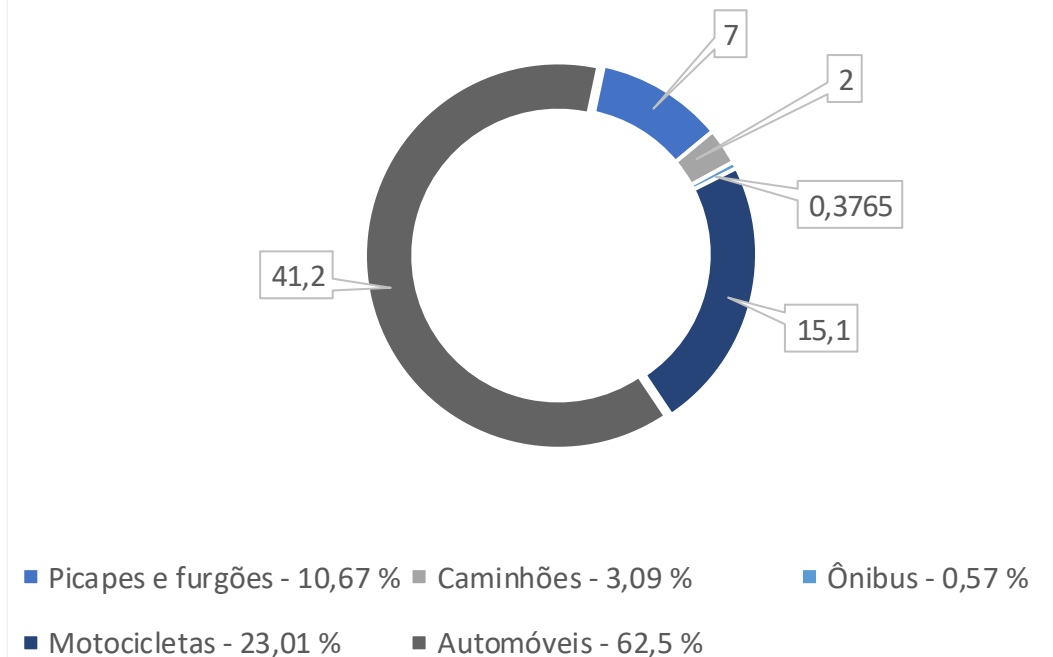
# Motivação

Comparando-se os dados em relação a frota e a **quantidade de acidentes** por tipo de veículo, os **que envolvem caminhões** são proporcionalmente maiores do que com os automóveis, **cerca de dez vezes mais.**



Fonte: PRF

Frota circulante de veículos no Brasil – Em milhões



Fonte: IBPT

- Acidentes, além de possíveis vítimas, geram grandes **prejuízos monetários**.

Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil (R\$/acidente)			
	Sem Vítimas	Com Vítimas	Com fatalidade
Automóveis	7.159,12	12.126,82	19.323,91
Motocicletas	2.473,21	2.741,02	4.269,83
Bicicletas	-	168,74	124,10
Utilitários	10.567,76	20.240,38	35.091,47
Caminhões	<b>22.313,92</b>	<b>65.656,00</b>	<b>47.825,45</b>
Ônibus	16.069,30	10.536,86	20.686,09

Fonte: IPEA (2015)

O **sistema de freios** é um componente que não pode, em hipótese alguma, falhar, acarretando na perda da dirigibilidade do caminhão.

G1

SANTOS E REGIÃO  TV TRIBUNA

## Caminhão perde o freio e anda sem controle em estrada até tombar; vídeo

Acidente ocorreu no Km 513 da Rodovia Régis Bittencourt. Rodovia foi totalmente bloqueada para retirada do veículo. Vítima teve ferimentos leves.

Por G1 Santos

25/04/2019 13h29 · Atualizado há 10 meses

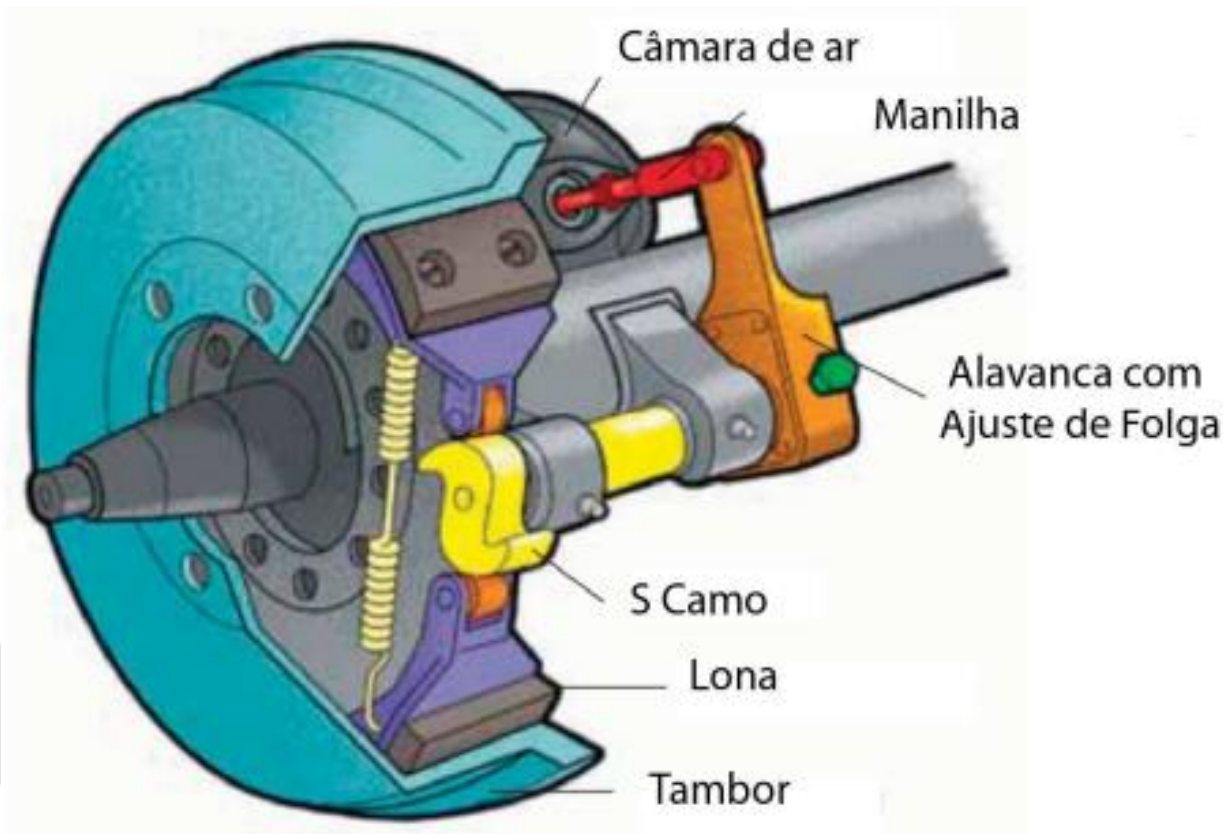
Fonte: G1



Fonte: Tribuna da Massa



# Sistema de freio a tambor

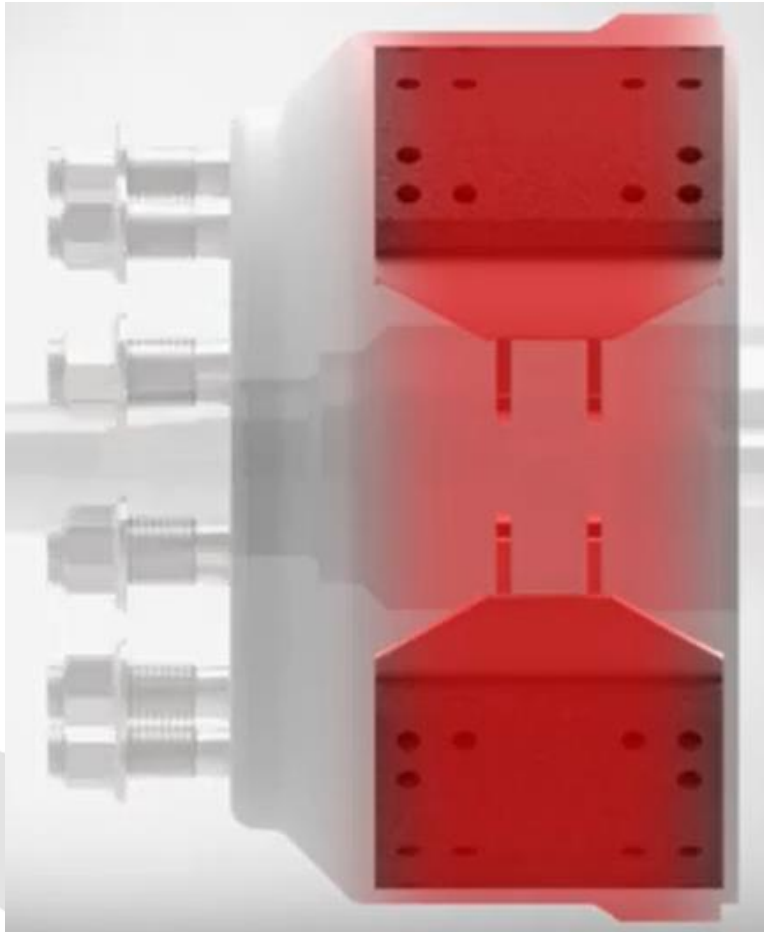


- Quando acionado, a pressão é transmitida pelo ar empurrando as sapatas por meio do eixo expensor, que empurram a lona contra a superfície interna do tambor gerando atrito e, consequentemente, **calor**.
- Não há nenhum sistema de refrigeração do sistema de freios de carretas.

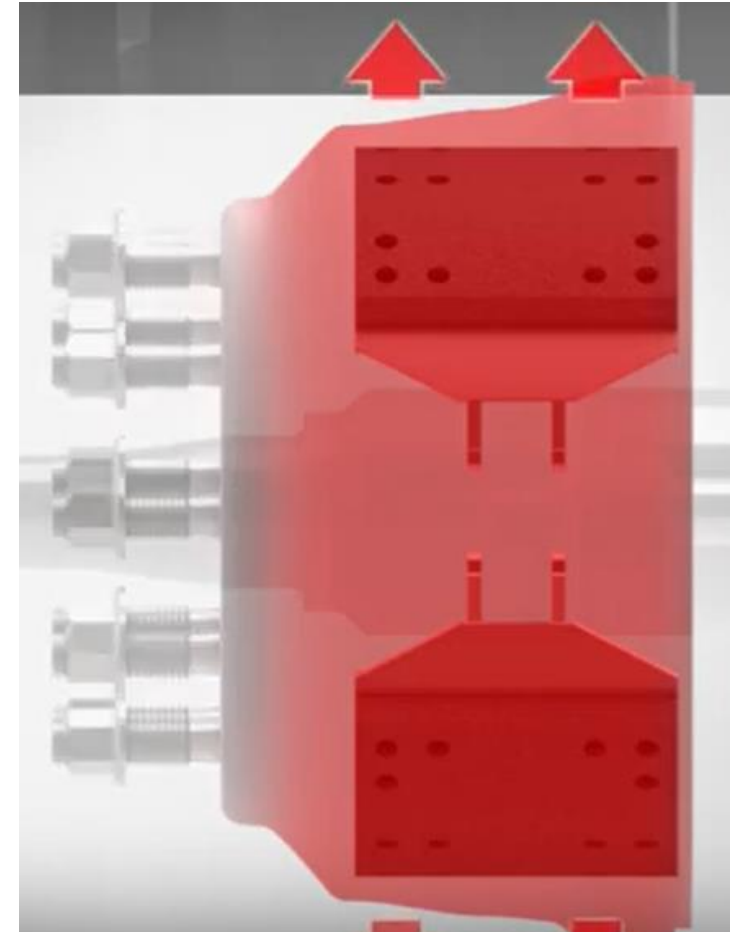
Fonte: MPI: Manitoba Public Insurance - Air Brake Manual



# O fenômeno da dilatação térmica



Fonte: SAF-Holland

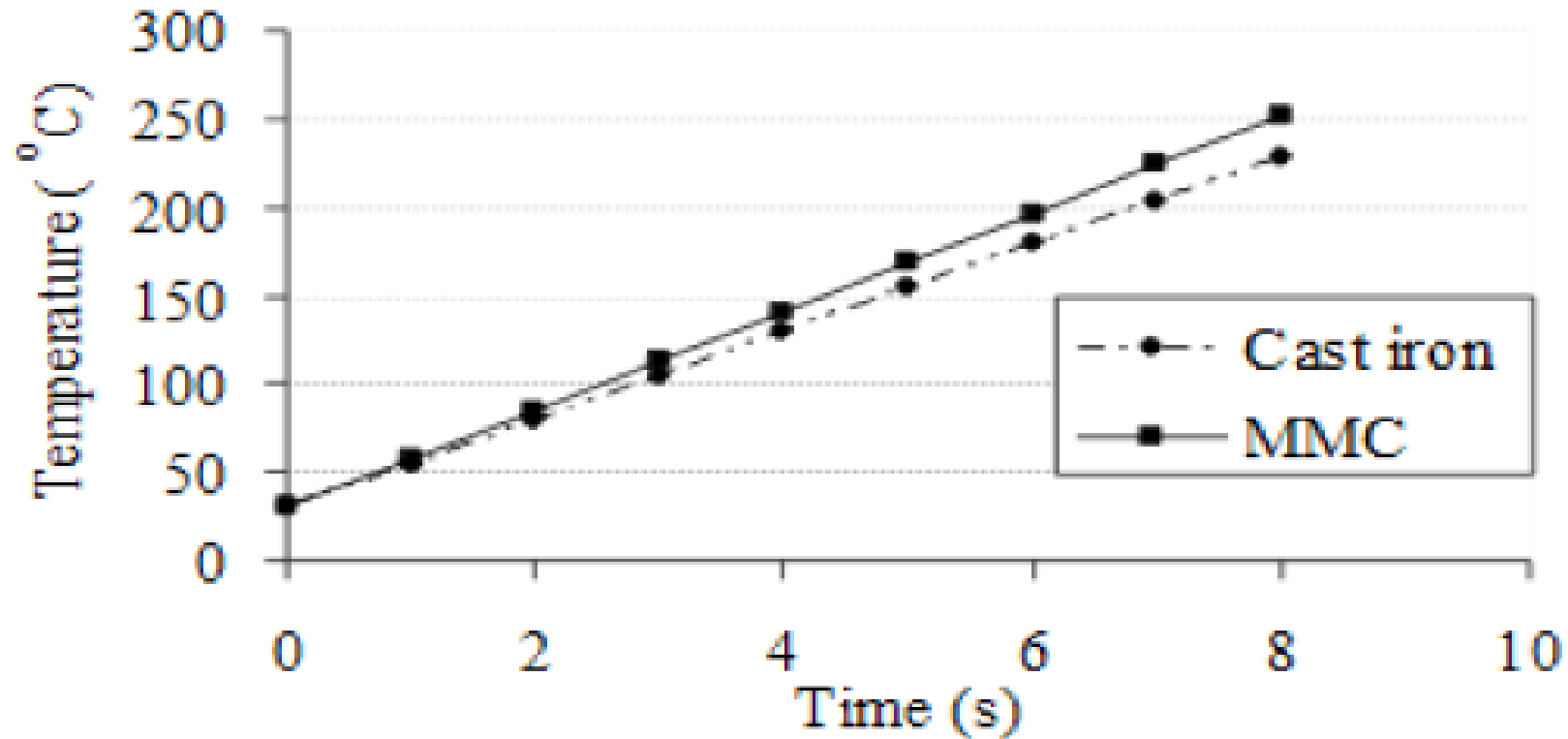


Fonte: SAF-Holland

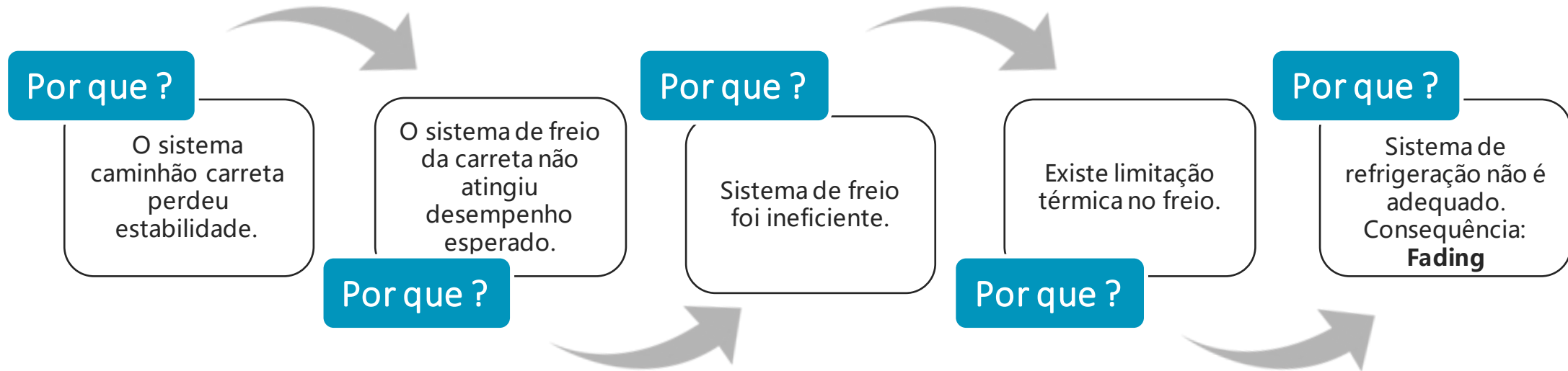
# Descrição do problema - Térmico

Aumento da temperatura do conjunto durante uma **frenagem contínua**.

Temperatura vs. Frenagem contínua



Fonte: Journal of Vehicle Design



Fonte: Autor

# Fading

É um termo em inglês que significa fadiga e se refere a situações em que o **freio** perde eficiência de funcionamento, em razão do superaquecimento do sistema.



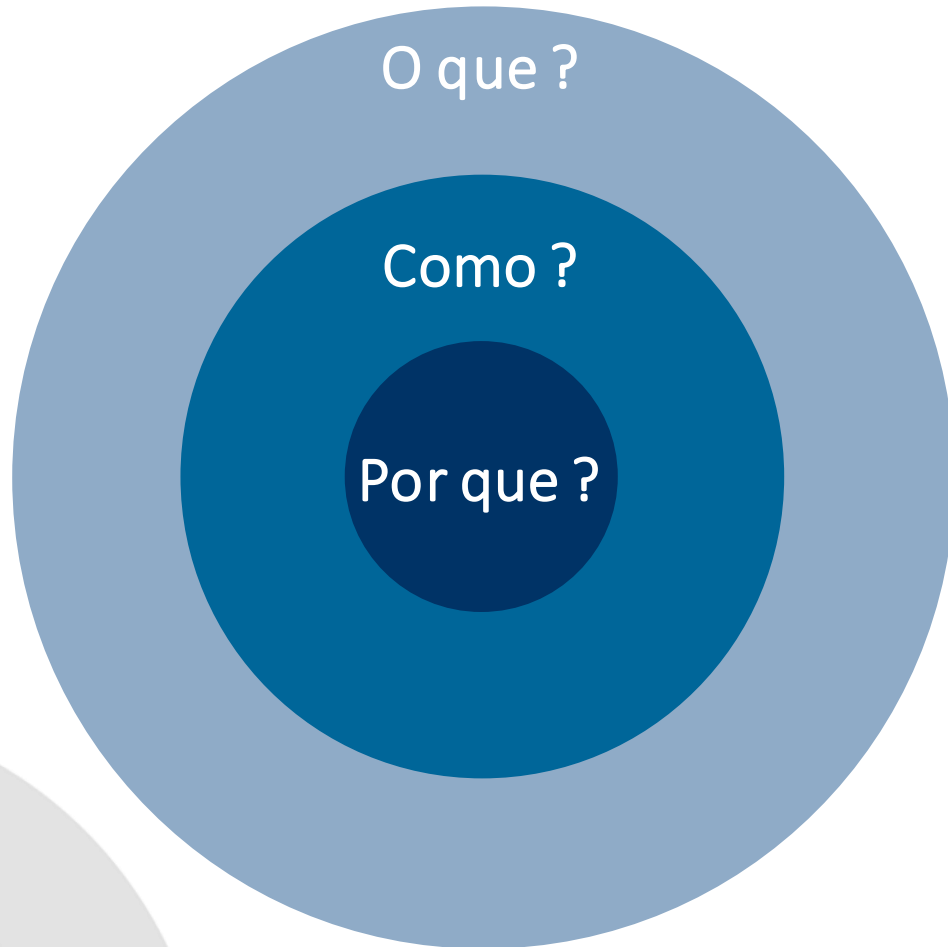
Fonte: YouTube



Fonte: YouTube

- Perda gradativa do funcionamento do sistema de **freios** em carretas devido ao *fading*.

- Proporcionar uma solução para **evitar o superaquecimento** do sistema de freios, atacando diretamente o problema de *fading*.



## Por que ?

- Acreditamos que o transporte de cargas com caminhões deva ser feito de forma segura, preservando a vida em primeiro lugar.

## Como ?

- Melhorando a eficiência do sistema de frenagem.

## O que ?

- Desenvolvendo um sistema inovador de frenagem



## Problema

- Perda gradativa do funcionamento do sistema de **freios** em carretas devido ao *fading*.

## Clientes

- Motoristas autônomos
- Transportadoras
- Fabricantes de carretas

## Disposto a pagar

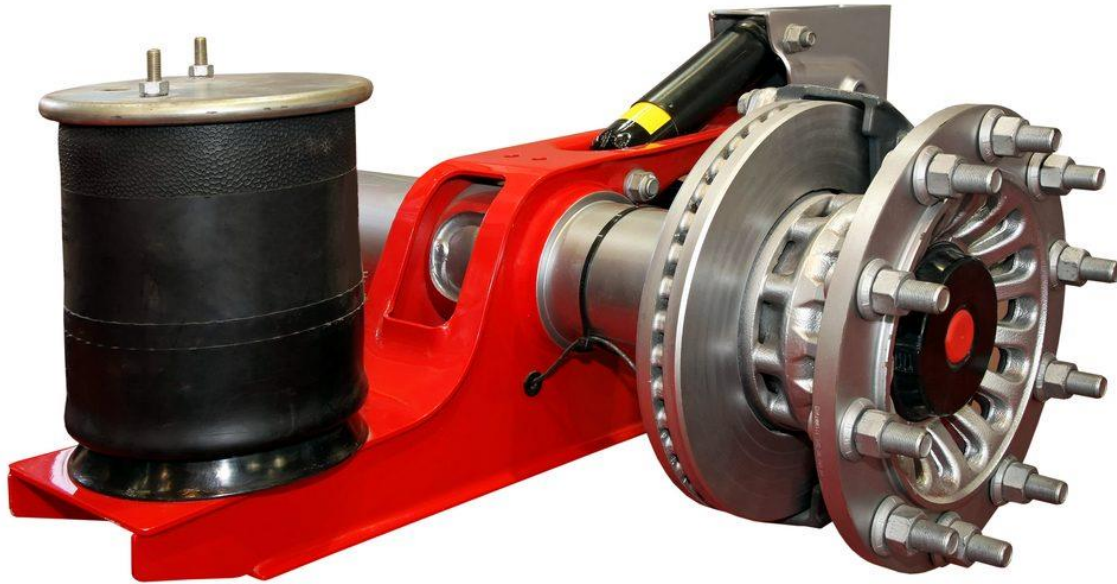
- Redução de acidentes por Km rodado.
- Maior segurança do motorista
- Menores custos com seguros e manutenção

Veículos articulados pesados

Sistema de freio à tambor

Analisar a temperatura para que a mesma não ultrapasse os 350°C

Sistema de controle eficiente da temperatura do freio, impedindo-o de superaquecer



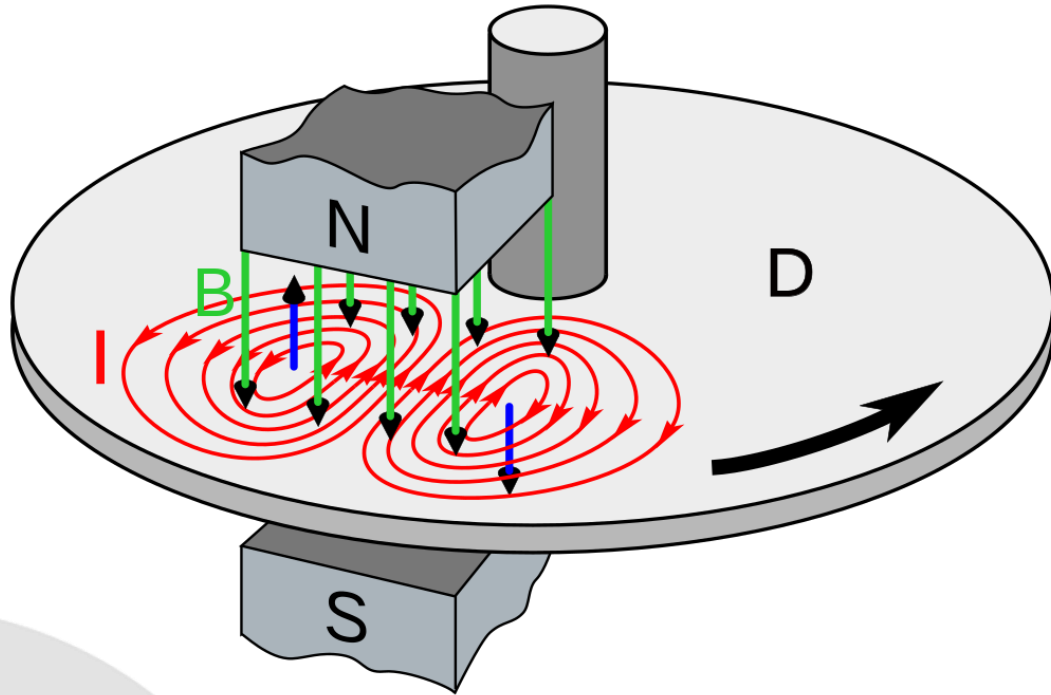
Fonte: Sergomel

## Vantagens

- Range de temperatura muito maior
- Manutenção mais simples

## Desvantagens

- Requer sistema pneumático muito potente para o acionamento
- Custo de produção e instalação elevado



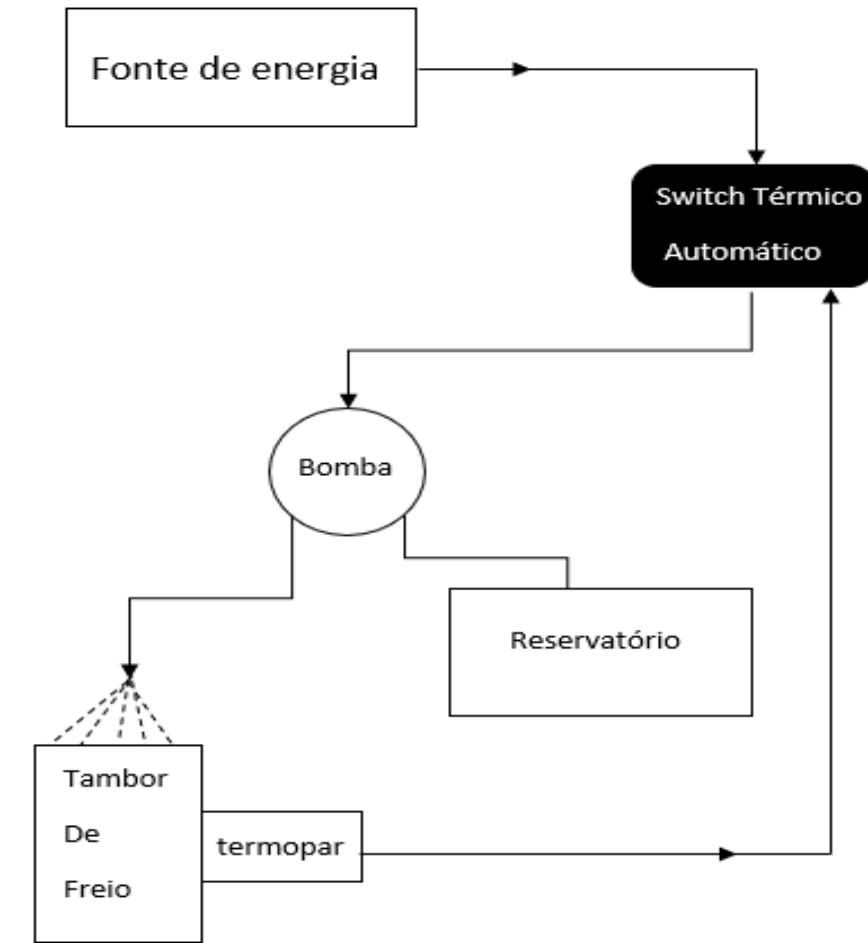
## Vantagens

- Não produz calor como o freios de atrito
- Frenagem mais eficiente existente
- Não produz ruído

## Desvantagens

- Custo elevado
- Necessita grandes mudanças na carreta

Fonte: *American Journal of Physics*



Fonte: Autor

## Vantagens

- Controle da temperatura do sistema de freio
- Funcionamento automático

## Desvantagens

- Dificuldade de implementação
- Necessita de abastecer o reservatório constantemente



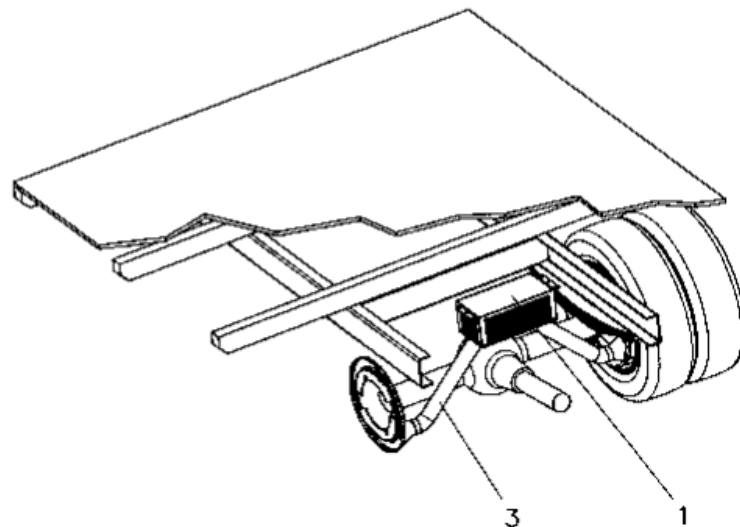
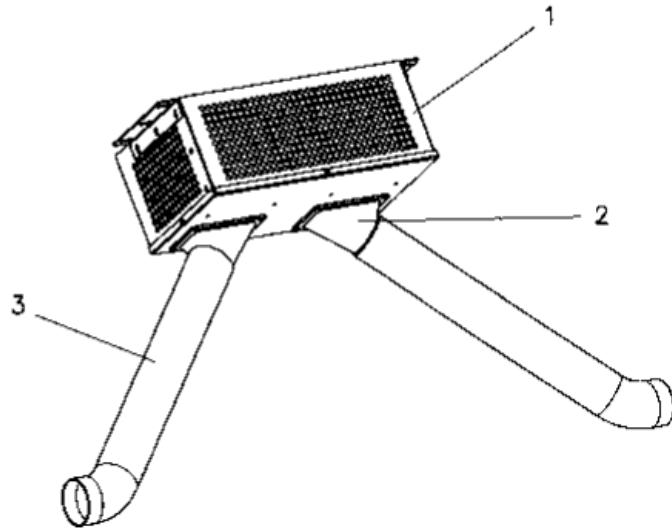
## Vantagens

- Não há necessidade de um sistema de monitoramento
- Baixo custo

## Desvantagens

- Pouca disponibilidade de espaço
- Dissipação de calor insuficiente

Fonte: Autor



## Vantagens

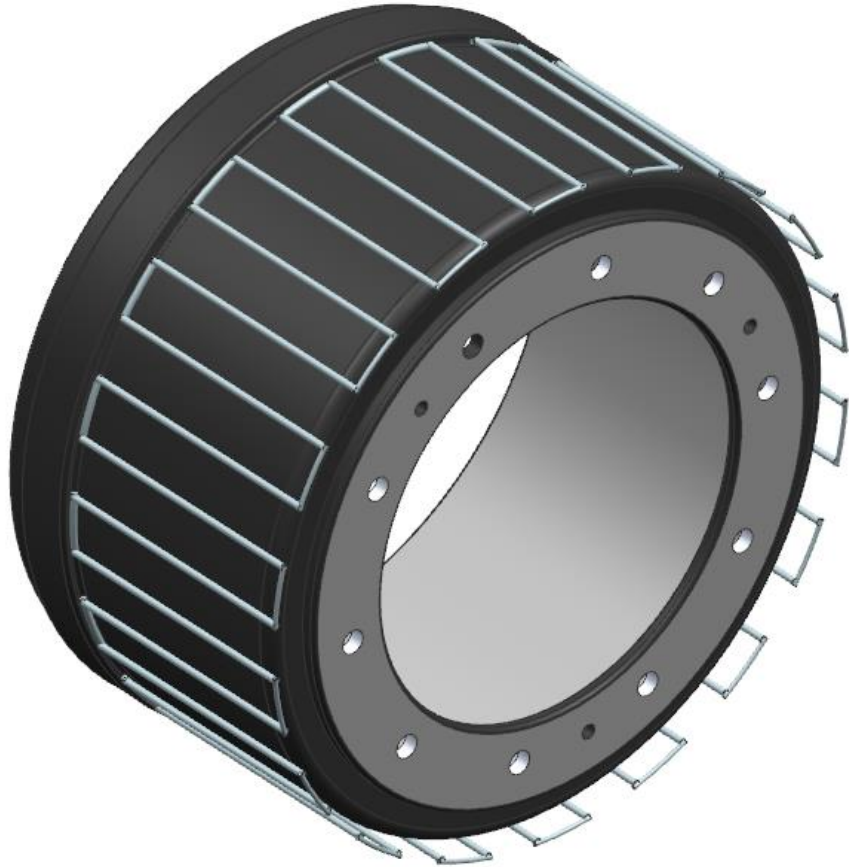
- Mantém os tambores dos freios na temperatura de 150 ° C
- Emite avisos ao motorista

## Desvantagens

- Exige circuitos elétricos
- Não atende todas as rodas
- Não aplicável no semirreboque

Fonte: Autor





Fonte: Autor

## Vantagens

- Controle da temperatura eficaz
- Resfria além do freio, os outros componentes

## Desvantagens

- Complexidade de instalação e armazenamento do fluido refrigerante
- Dificuldade de instalação pela pouca disponibilidade de espaço para o sistema

# Matriz de decisão

Critérios	Peso do critério	Solução escolhida						
		Sistema atual	Freio a disco	Freio magnético	Jato de água	Aletas no tambor	Ventilação forçada	Duto refrigerante
Possibilidade de adequação	10%	3	2	1	3	5	2	2
Complexidade do projeto	10%	3	2	1	2	4	2	2
Aumento da vida útil dos componentes	10%	3	4	5	4	3	5	3
Controle de temperatura	40%	3	4	5	5	4	4	4
Custo de implementação	15%	3	2	1	3	3	2	2
Nível de modificação no semirreboque	15%	3	2	1	2	4	2	2
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,25</b>	<b>3,85</b>	<b>3,50</b>	<b>2,90</b>

Legenda: 1 – Muito ruim; 2 – Ruim; 3 – Referência; 4 – Bom; 5 – Muito bom

# Matriz de confirmação

Solução escolhida								
Critérios	Peso do critério	Aletas no tambor	Freio a disco	Freio magnético	Jato de água	Sistema atual	Ventilação forçada	Duto refrigerante
Possibilidade de adequação	10%	3	2	1	2	3	2	2
Complexidade do projeto	10%	3	2	1	2	4	2	2
Aumento da vida útil dos componentes	10%	3	3	4	4	2	4	3
Controle de temperatura	40%	3	3	5	4	2	4	4
Custo de implementação	15%	3	2	1	1	4	2	2
Nível de modificação no semirreboque	15%	3	1	1	2	3	1	2
Total	100%	3,00	2,35	2,90	2,85	2,75	2,85	2,90

Legenda: 1 – Muito ruim; 2 – Ruim; 3 – Referência; 4 – Bom; 5 – Muito bom

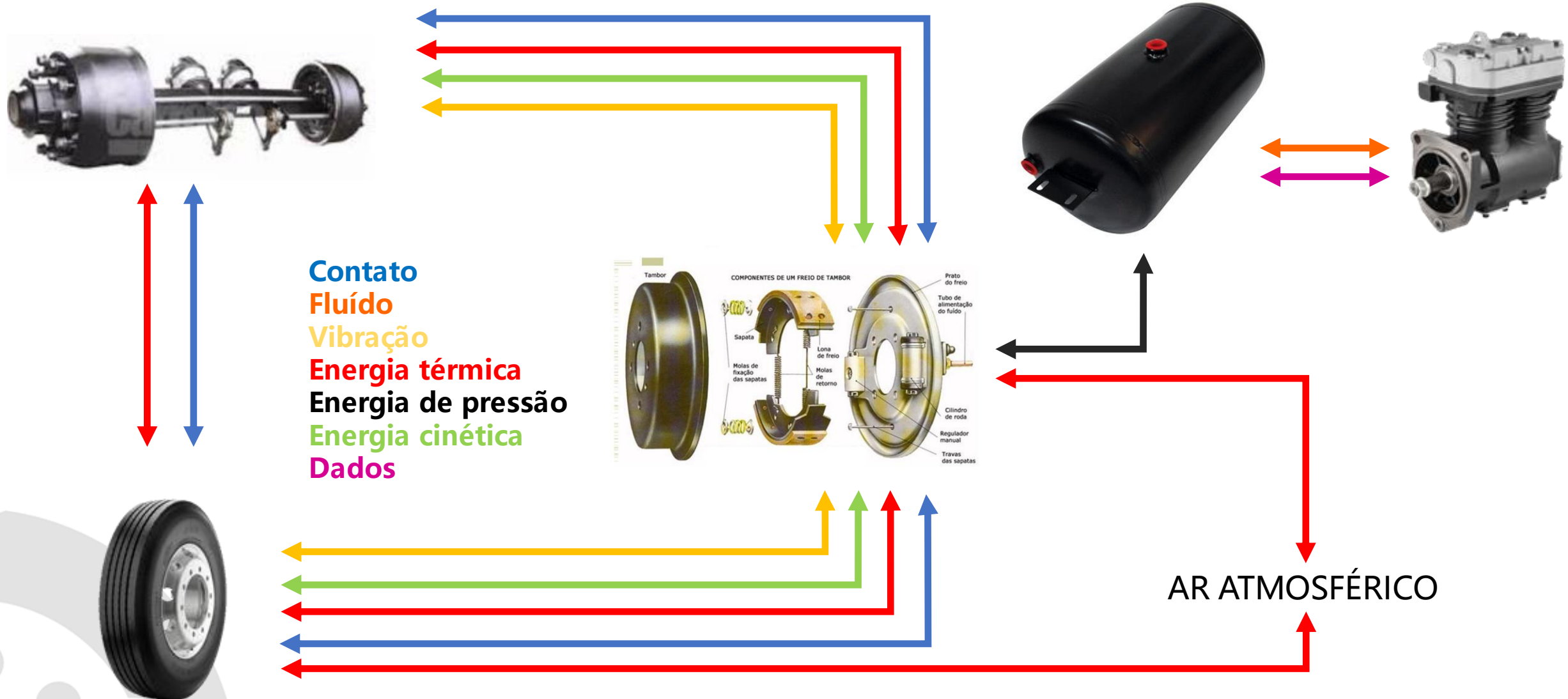
# Storyboard



SAFE BRAHE

Componentes	Tambor	Eixo expansor S	Sapata	Mola de retorno	Lona	Cuica de freio
Imagem						
Quantidade	1	1	2	1	8	1
Massa	50,37 kg	7,74 kg	5,1kg	0,2 kg	6 kg	11 kg
Processo de fabricação	Fundição	Usinagem	Forjado	Enrolamento a quente	Moldagem a frio + compactação	Montagem e estampagem
Dimensões	8"	9.6 x 9.6 x 59.6 cm	8"	25,5 cm	194,6 mm	28 x 28 x 57 cm
Fornecedores	Frum	Bosch	ACR, Momag	MSA	Lona Flex	Wabco
Material	Aço	Liga de aço	Ferro	Cromo - Vanádio	Aço, fibras e resina	Ferro e outros

# Boundary Diagram



# VA – Value Analysis

Componente		Função
Tambor aletado		Conter componentes Aumentar o peso Receber lonas
Eixo expensor S		Acionar sapatas Exercer força
Sapata		Conter lonas Sustentar lonas Movimentar lonas
Lona		Atritar tambor Gerar calor Diminuir velocidade
Mola de retorno		Reposicionar sapatas Puxar sapatas Exercer força contra o movimento
Cuica de freio		Transformar energia de pressão em mecânica Rotacionar o eixo Acionar o sistema



Função	B/S	(+/0/-)	U/E
Conter componentes	B	0	U
Aumentar o peso	S	-	U
Receber lonas	B	+	U
Acionar sapatas	B	0	U
Exercer força	B	+	U
Conter lonas	B	+	U
Sustentar lonas	B	+	U
Movimentar lonas	B	+	U
Atritar tambor	B	+	U
Gerar calor	S	-	U
Diminuir velocidade	B	+	U
Reposicionar sapatas	B	+	U
Puxar sapatas	B	+	U
Exercer força contra movimento	S	-	U
Transformar energia de pressão em mecânica	B	+	U
Rotacionar o eixo	B	+	U
Acionar o sistema	B	+	U



# P-Diagram

## Ruídos:

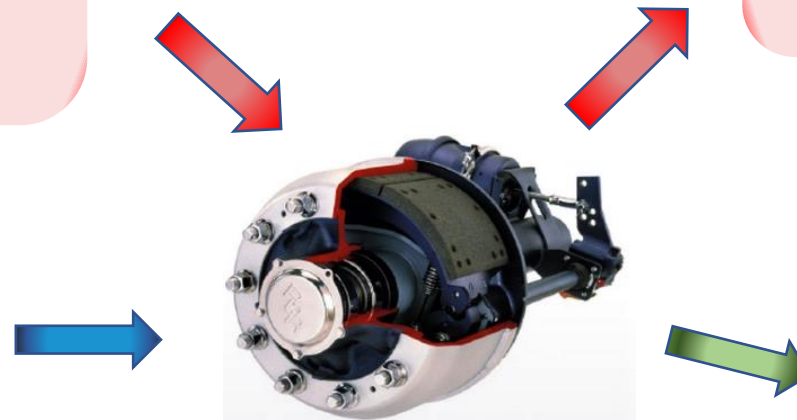
- Carga excessiva > maior calor
- Temperatura do ambiente
- Tamanho dimensional
- Manutenção Inadequada
- Estilo de condução

## Falhas:

- Energia térmica excessiva
- Fadiga dos componentes (aleta)

## Entradas:

- Energia Cinética
- Força aplicada no pedal.
- Tempo de acionamento
- Torque gerado pelo atrito



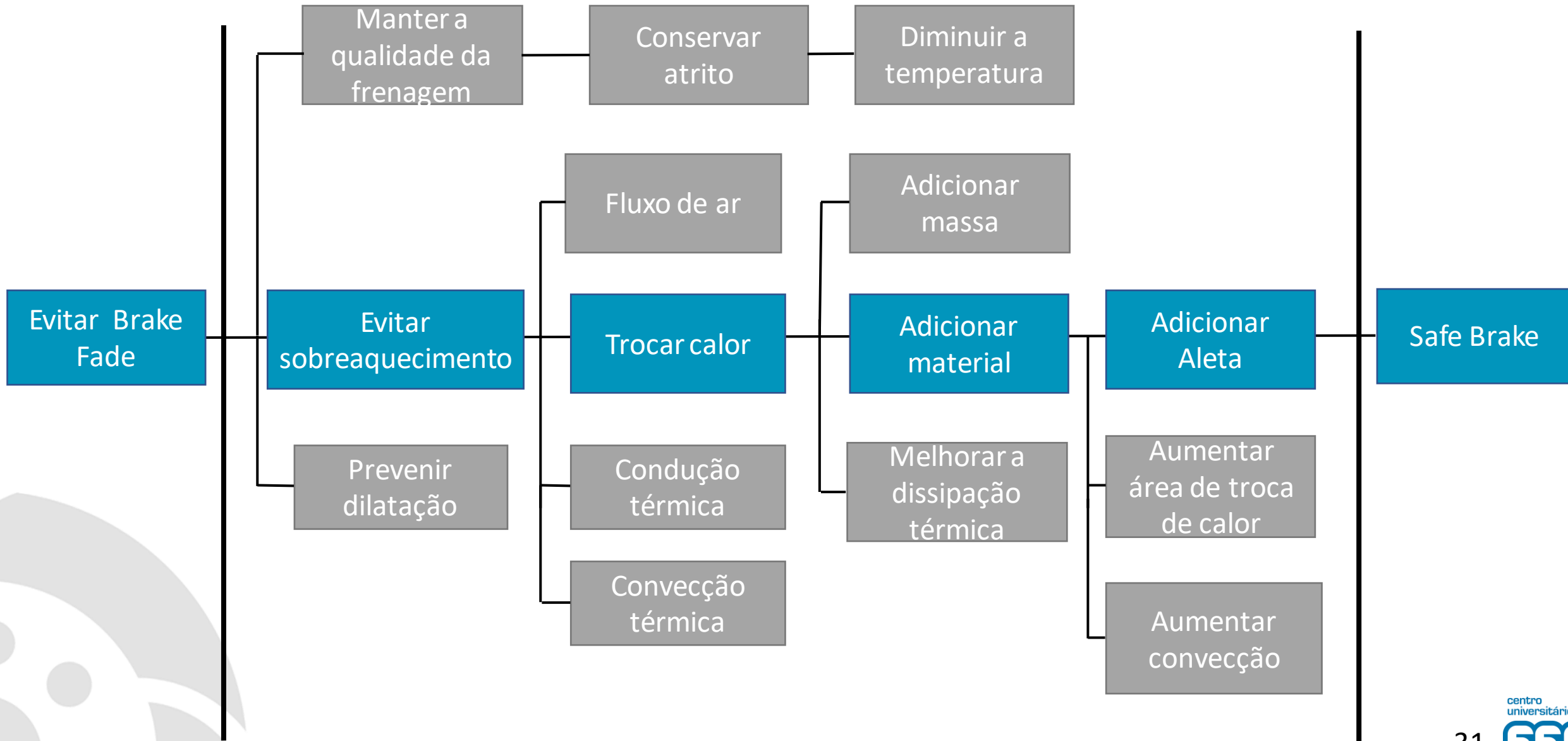
## Saídas:

- Energia térmica
- Desaceleração

## Controle:

- Sensor de temperatura
- Seleção de material
- Controle da vazão de ar
- Dimensional e geometria dos componentes

# FAST – Functional Analysis System Tree



# DFMEA – Design Failure Modes and Effect Analysis

Componente	Função	Modo de Falha	Efeito	Causa	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Ação Preventiva
Tambor aletado 	Dissipar calor proveniente do atrito da lona de freio com o tambor	Dilatação térmica excessiva	Perda parcial/total da função	Mal uso dos freios	10	7	7	490	Treinamento dos motoristas
		Trinca no material		Grandes oscilações de temperatura	10	2	8	160	Projetar sistema de refrigeração
Eixo expansor S 	Responsável pelo acionamento dos freios	Desgaste da superfície	Perda parcial/total da função	Exposição a condições externas não favoráveis	8	3	5	120	Validação do componente para evitar falha
		Não acionamento		Desconexão das pontas conectoras	10	1	5	50	Inspeção periódica no equipamento
Sapata de freio 	Responsável por atuação em conjunto com a lona para acionar os freios	Trinca no material	Perda de eficiência no acionamento dos freios	Grandes oscilações de temperatura	7	5	7	245	Validação de temperaturas suportadas pelo material
		Descolamento da lona			7	3	7	147	
Lona de freio 	Responsável pela fricção que aciona os freios	Perda de eficiência do atrito com o tambor	Perda da capacidade de frenagem	Desgaste precoce do material	5	5	4	100	Conscientização do motorista sobre o uso do freio
		Diminuição de atrito em altas temperatura		Material de baixa qualidade suscetível a superaquecimento	5	6	6	180	Válidação do material em laboratório
Mola de retorno da sapata de freio 	Responsável por retornar o conjunto sapata-lona a posição inicial	Alcançar o regime plástico	Perda do controle do sistema de freio	Material de baixa qualidade	7	3	8	168	Validação do material
		Reparição da mola		Fadiga do material	7	2	8	112	Validação do componente para evitar falha
Cuica de freio 	Transformar a energia de pressão em energia mecânica	Perda de pressão	Perda parcial/total da função	Desconexão das pontas conectoras	10	1	5	50	Validação do componente para evitar falhas
		Desgaste por atrito		Uso e qualidade do componente	4	4	3	48	Realizar a troca regular e validar o componente

Segurança do motorista  
Segurança da carga

**Prolongar o tempo de atuação eficiente do freio sob solicitações constantes de frenagem**

Parâmetros:



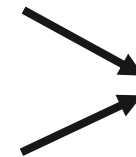
Capacidade de frenagem



Coeficiente de atrito



Dilatação térmica

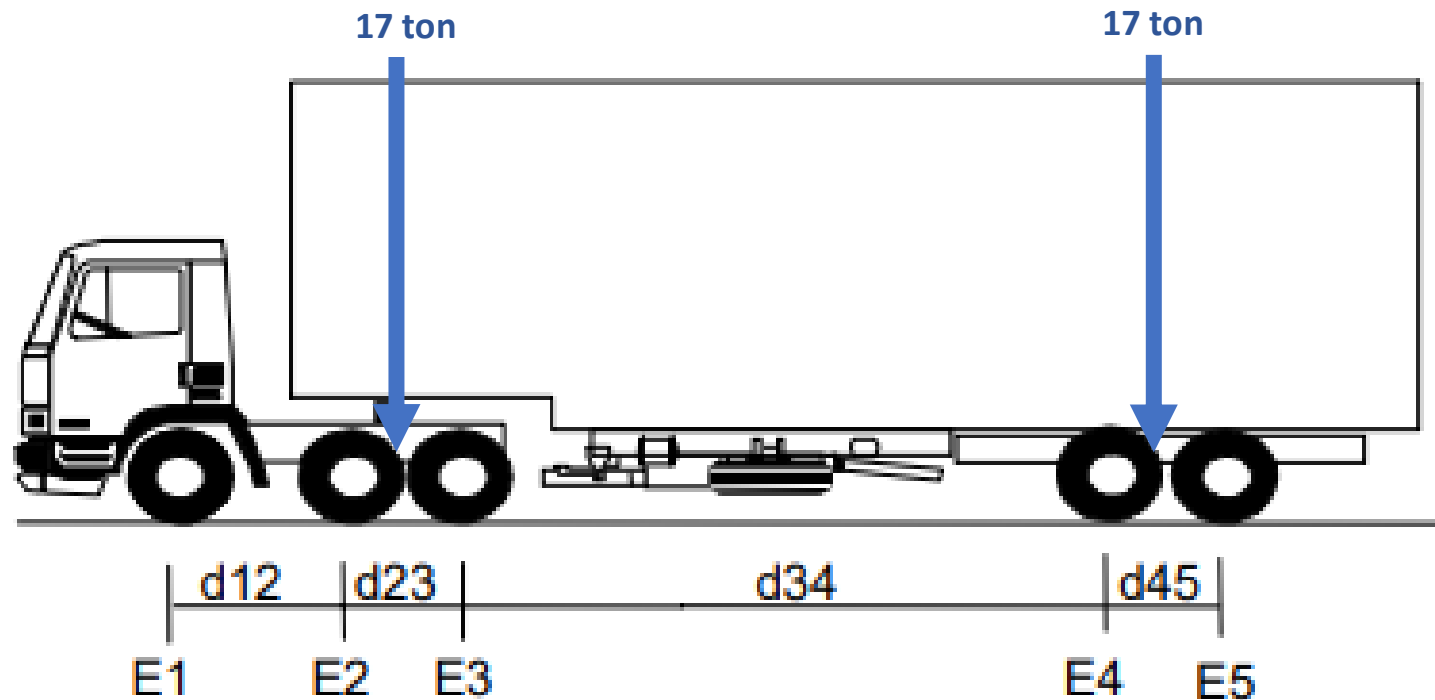


Temperatura  
350°C

# Cálculo de melhoria (1/6)

## Hipóteses simplificadoras

- Veículo em descida de inclinação 5% em velocidade de 40 km/h constante
- Todo o controle de velocidade é realizado pelos freios --> freio motor desconsiderado
- Peso (pbt): 34 ton (considerando apenas o semirreboque)
- Silhueta escolhida para estudo:



# Cálculo de melhoria (2/6)

Pelo diagrama do corpo livre, é possível calcular, com a decomposição das forças, determinar a força  $F$  que os freios fazem para manter o conjunto cavalo trator-semirreboque se mantenham em velocidade constante

Portanto, a força de frenagem é:

$$F = mg \operatorname{sen} \alpha$$

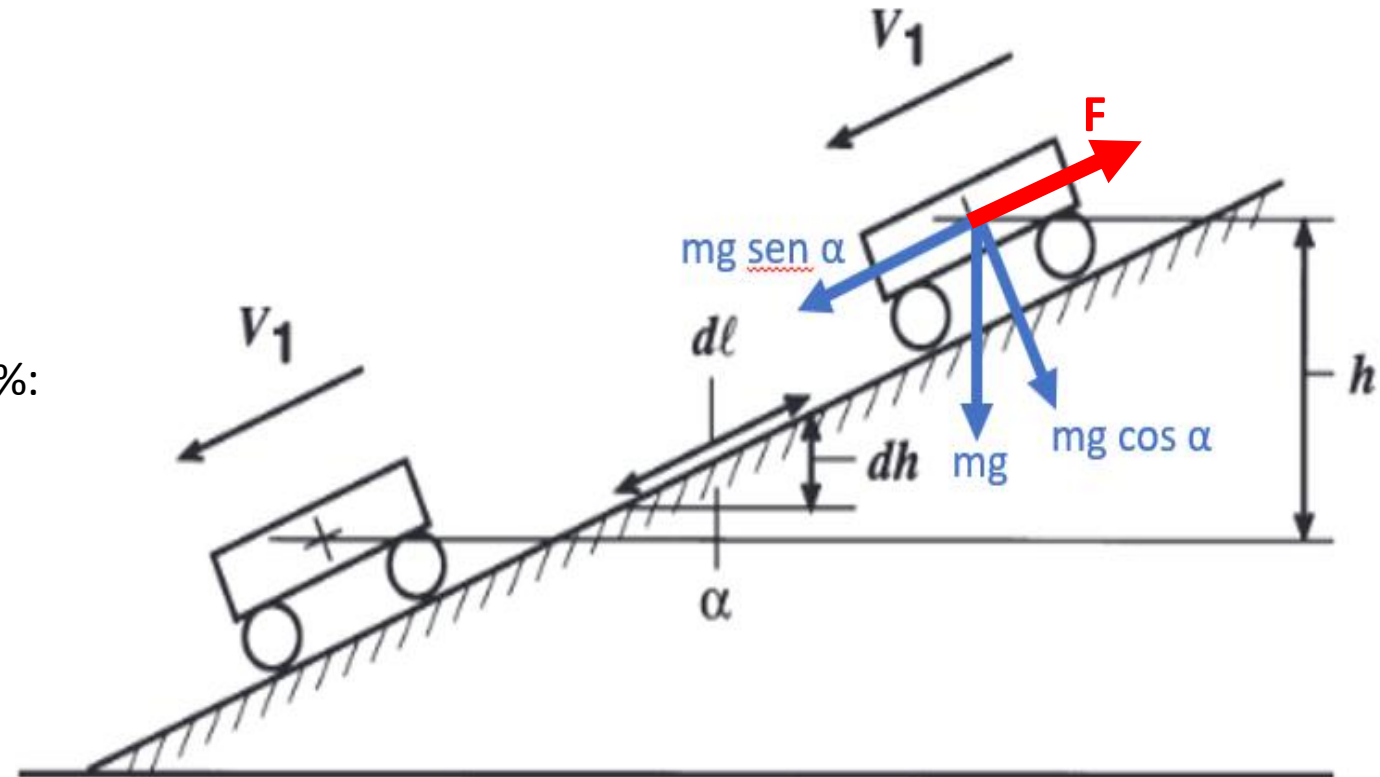
Calculando o ângulo equivalente à inclinação de 5%:

$$\alpha = 5\% \times \frac{180}{\pi} = 2,86^\circ$$

Assim, para 5% de inclinação:

$$F = 34000 \times 9,81 \times \operatorname{sen}(2,86^\circ)$$

$$F \approx 16,6 \text{ kN}$$



Fonte: Adaptado Limpert

# Cálculo de melhoria (3/6)

Segundo Limpert (1963), a potência média de frenagem em uma parada se dá por:

$$P_{bav} = kmaV / 2$$

Sendo:

$k$  = fator de correção para massas girantes = 1,5 (Limpert)

$m$  = massa no eixo em questão

$a$  = desaceleração

$V$  = velocidade inicial

Assim, substituindo a 2ª lei de Newton:  $P_{bav} = k F V / 2$

Portanto:

$$P_{bav} = \frac{1,5 \times 16,6 \times 10^3 \times \frac{40}{3,6}}{2}$$

$$P_{bav} \approx 138,9 \text{ kW}$$

Dividindo a potência igualmente entre os 8 tambores do eixo duplo, tem-se:

$$P_{bav} \approx 17,4 \text{ kW}$$



# Cálculo de melhoria (4/6)

Em seguida, com a 1ª Lei da Termodinâmica:

$$Q = Q_{gerado} - Q_{convecção} ; (J)$$

$Q_{convecção}$ , segundo Yunus Çengel, Transferência de Calor e Massa, é:

$$Q_{convecção} = h A (T - T_{\infty})$$

Sendo:

$h$  = Coeficiente de troca de calor (W/m<sup>2</sup>K)

$A$  = Área de contato

$T$  = Temperatura no determinado instante

$T_{\infty}$  = Temperatura ambiente

$Q_{gerado}$  é determinado a partir da multiplicação da potência de frenagem pelo tempo:

$$Q_{gerado} = k F V t / 2$$

Sendo:

$t$  = tempo

$m$  = massa do tambor

$C$  = Calor específico

$T_i$  = Temperatura inicial do tambor

$T$  = Temperatura no determinado instante

Portanto:

$$Q = \frac{k F V t}{2} - h A (T - T_{\infty}) ; (J)$$

# Cálculo de melhoria (5/6)

Em seguida, com a equação da calorimetria, é possível determinar a variação da temperatura em função do tempo:

$$Q = m c (T_i - T)$$

Substituindo e desenvolvendo, considerando  $T_{\infty} = T_i$

$$m c (T_i - T) = \frac{k F V t}{2} - h A (T - T_{\infty})$$

$$T = \frac{k F V t}{2(m c + h A)} + T_i$$

Sendo:

$m$  = massa do tambor

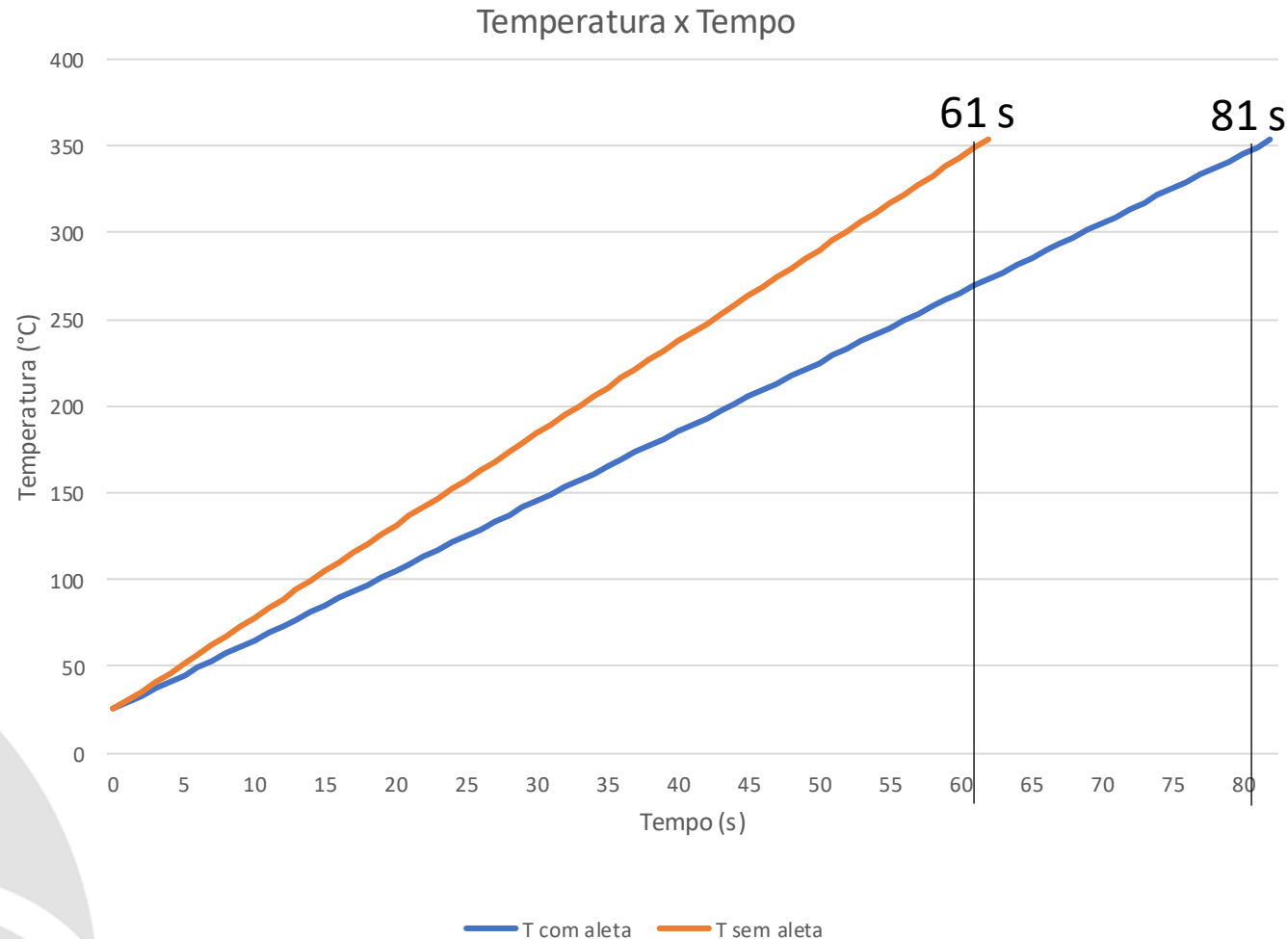
$C$  = Calor específico

Na tabela abaixo, encontra-se os valores utilizados para o cálculo:

<b>Calor específico do ferro fundido</b>	<b>419 J/KgK</b>
<b>Massa do tambor sem aletas</b>	<b>50 Kg</b>
<b>Massa do tambor com aletas</b>	<b>88,3 Kg</b>
<b>Temperatura ambiente</b>	<b>25°C</b>

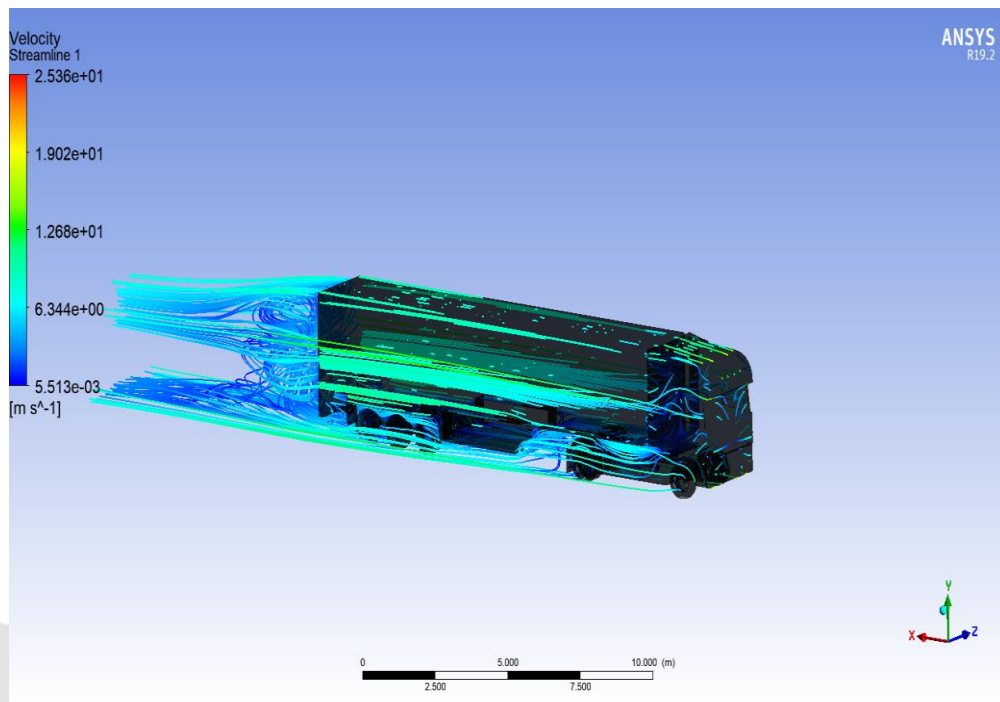
# Cálculo de melhoria (6/6)

Em seguida, foi realizado o cálculo para todos os instantes, nas configurações com e sem aletas, até que fosse atingida a temperatura de 350°C, quando os freios entram em regime de *fading*.



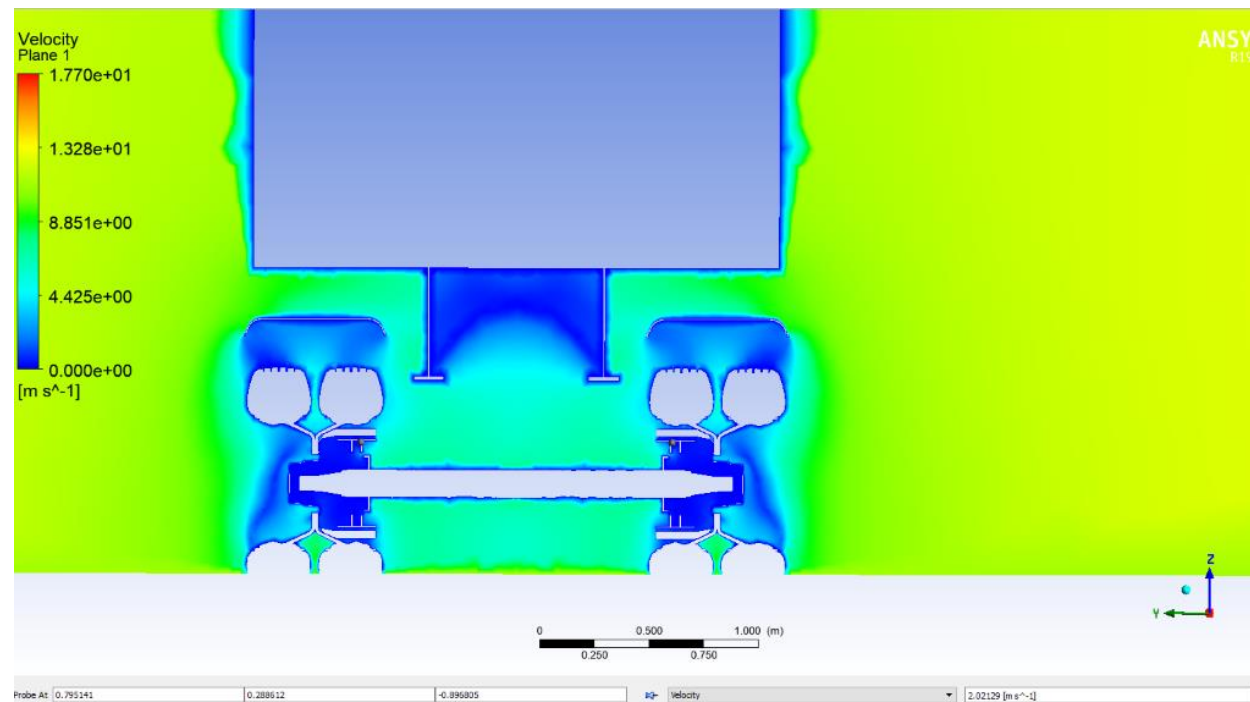
Ou seja, há uma melhoria de **20 segundos**, um tempo **33% maior**.

Vista de perfil do modelo em simulação



Fonte: Autor

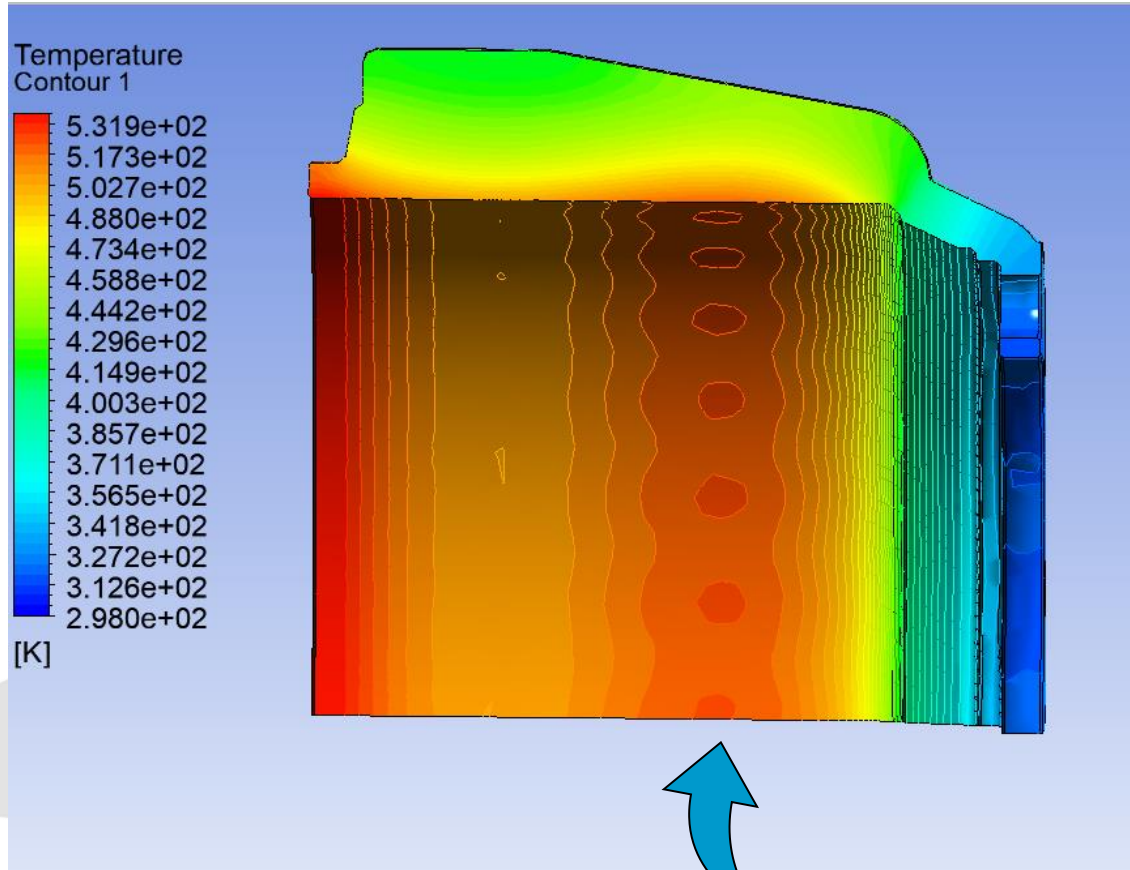
Gradiente de velocidades nos eixos do semirreboque



Fonte: Autor

# Simulação (transiente)

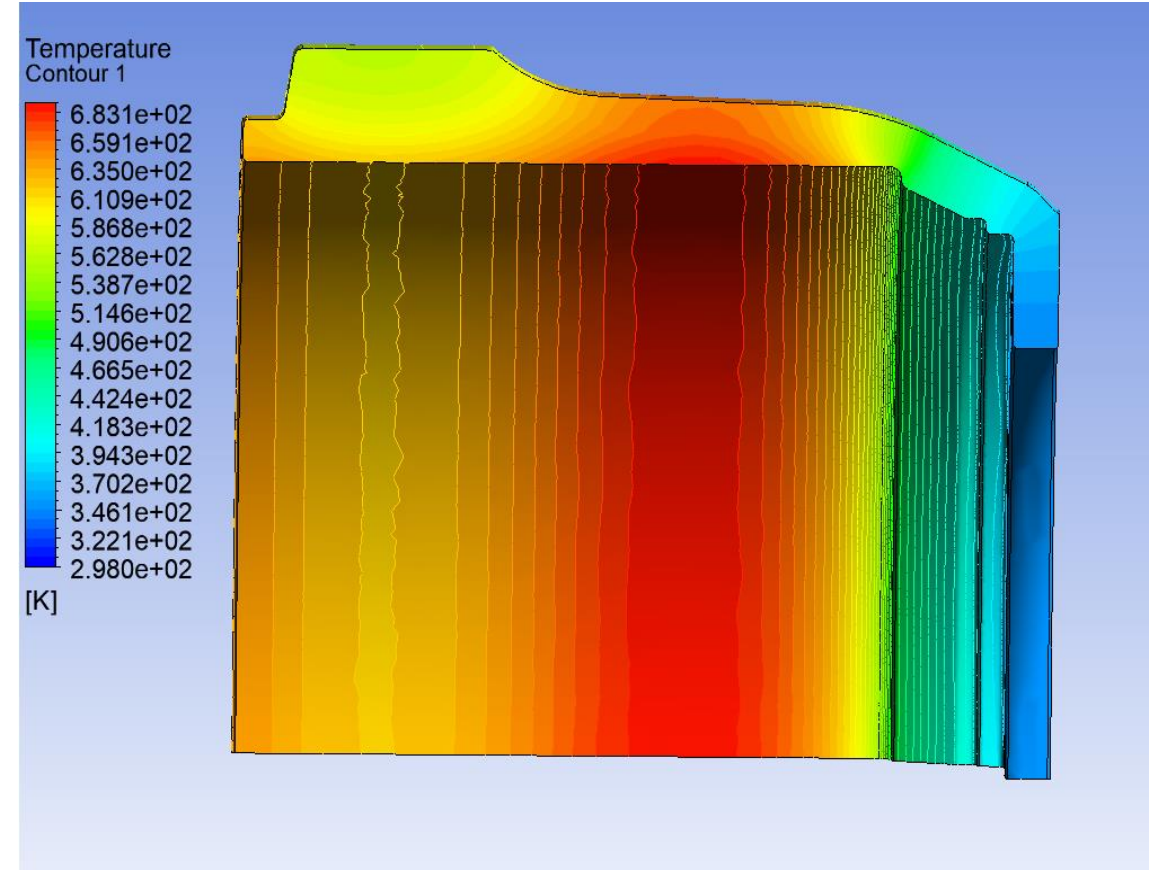
Temperatura no tambor aletado



Fonte: Autor

Padrão de distribuição do calor

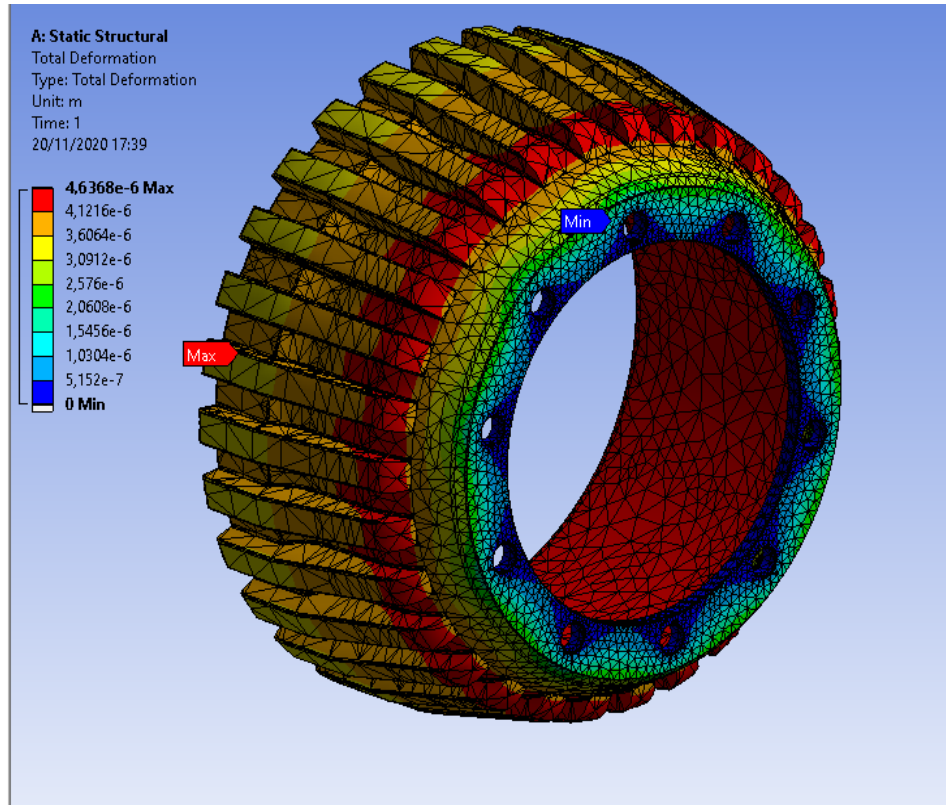
Temperatura no tambor original



Fonte: Autor

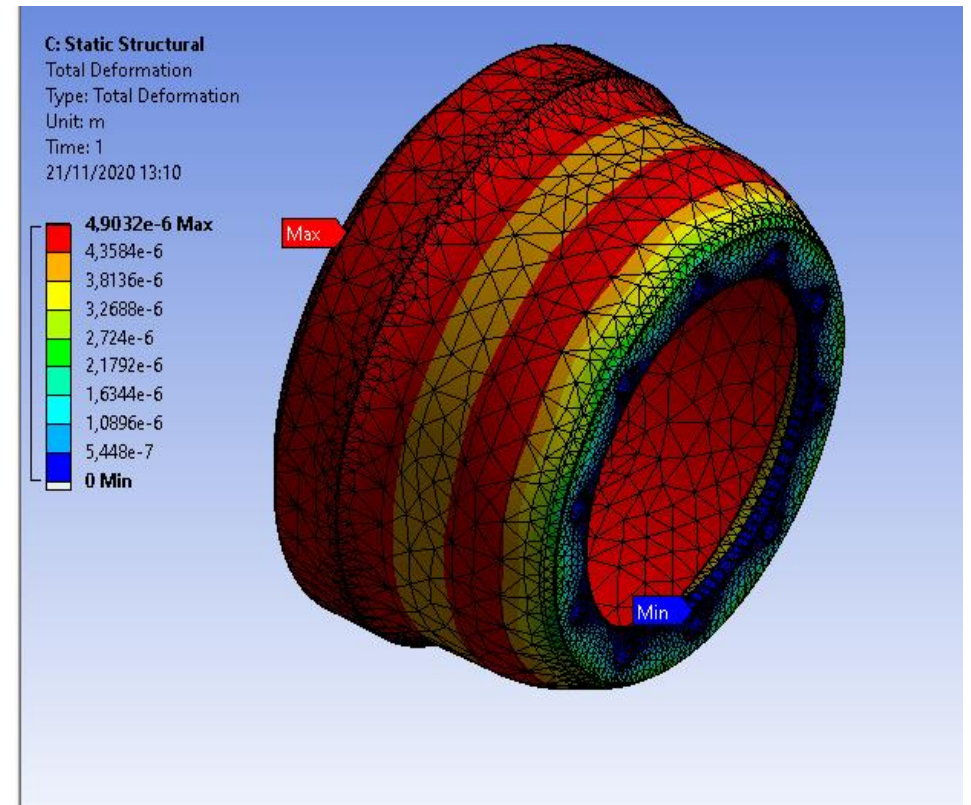


# Simulação (modal)



Fonte: Autor

	Mode	Frequency [Hz]
1	1,	397,2
2	2,	397,28
3	3,	571,16
4	4,	571,23
5	5,	873,67
6	6,	873,78
7	7,	1187,3
8	8,	1291,8
9	9,	1535,7
10	10,	1536,








Fonte: Autor

	Mode	Frequency [Hz]
1	1,	432,21
2	2,	432,26
3	3,	664,69
4	4,	665,01
5	5,	920,55
6	6,	920,59
7	7,	1331,1
8	8,	1544,
9	9,	1635,3
10	10,	1635,4

Diminuição de **9,2%**

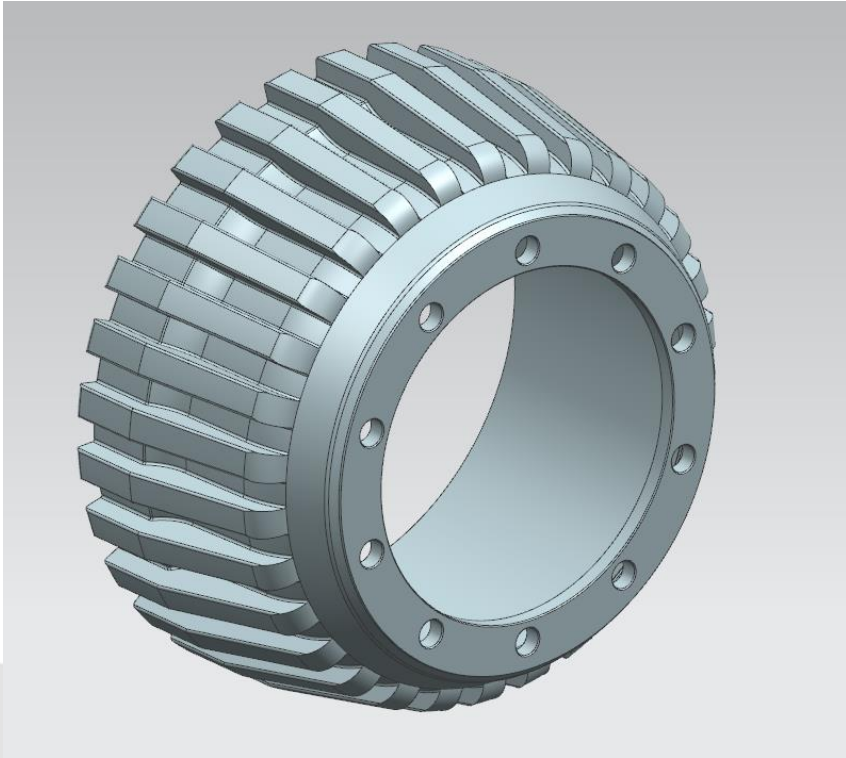
# Dimensionamento do sistema

	Descrição	Fabricante	Quantidade	Modelo selecionado
	Tambor de freio aletado	Fabricação própria	1	-
	Lona	DUROLINE	8	DV/903
	Sapata	LUSAR	2	911
	Rebites	TUPÃ	112	50324
	Mola de retorno	ALGOMAS	1	3097092
	Eixo expansor S	LNG Automotive Parts	1	85108546
	Cuica de freio	Wabco	1	9254611020
	Suporte da cuica de freio	ALGOMAS	1	1081179

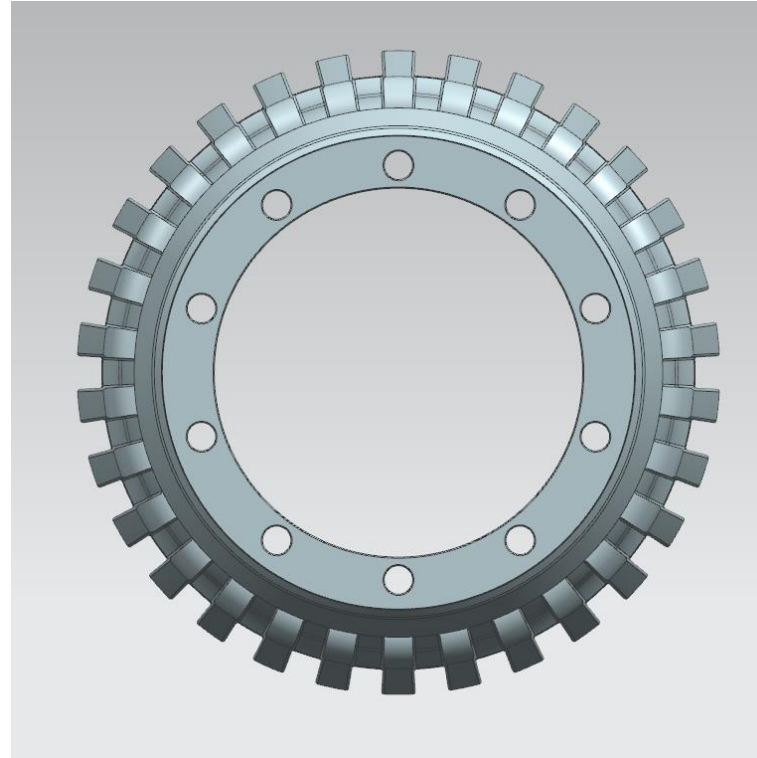




# Representação em CAD 3D



Fonte: Autor

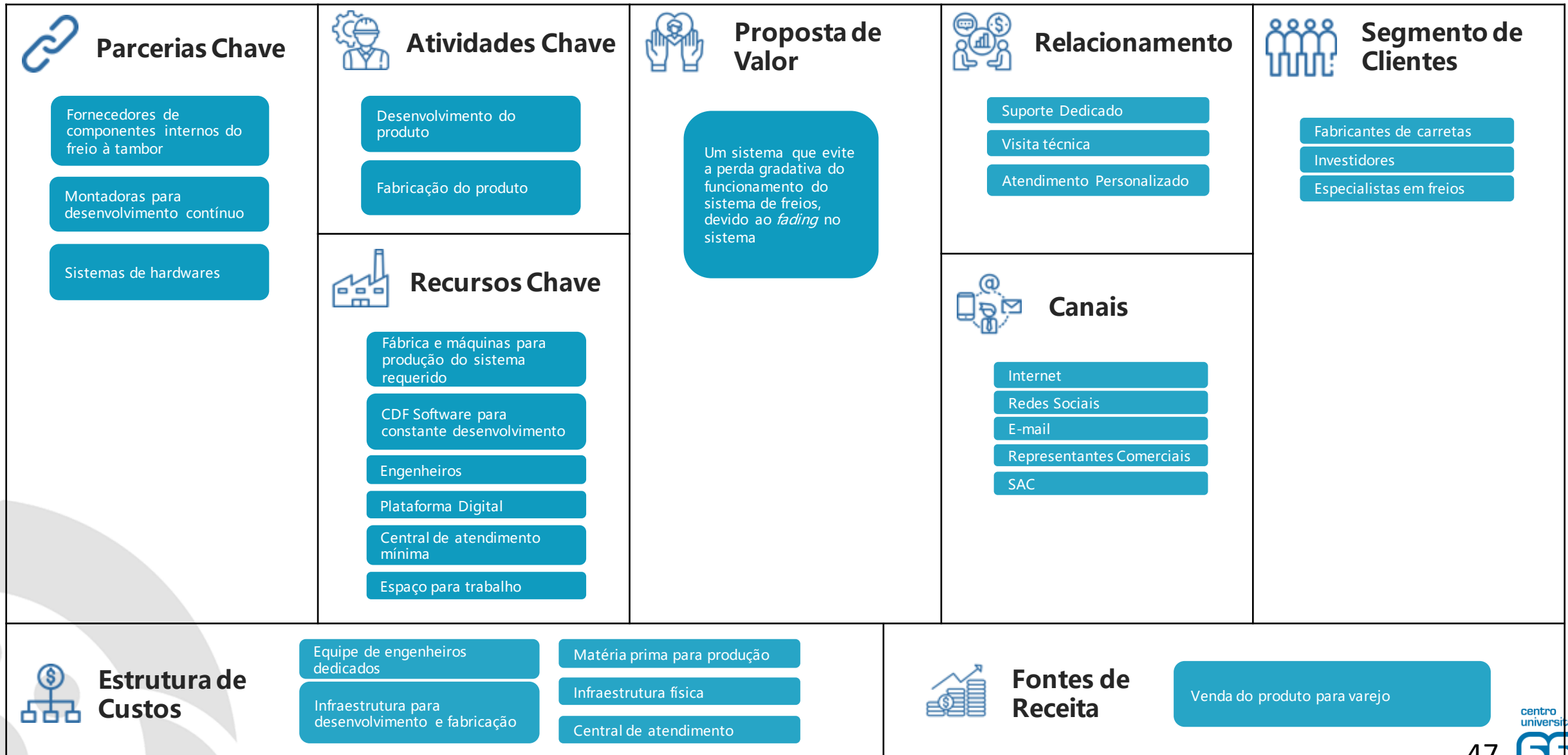


Fonte: Autor



Fonte: Autor

# Business Model Canvas



- Investimento Inicial → R\$ 1.148.600,00
- Custo Fixo Mensal → R\$ 40.240,00
- Custo do Produto → R\$ 1.953,00/unidade
- Valor de Venda → R\$ 2.226,42/unidade

**Payback  
estimado em  
18 Meses**



[safebrake.wixsite.com/home](https://safebrake.wixsite.com/home)



@safebrake\_oficial



[safebrake@outlook.com.br](mailto:safebrake@outlook.com.br)

Aos **familiares** e **amigos** que sempre nos motivaram e ensinaram a nunca desistir de nossos objetivos e que compartilharam dessa luta ao longo dos últimos anos.

Ao nosso orientador, **Prof. Me. André de Souza Mendes**, que nos deu a honra de sua mentoria para a elaboração do Safe Brake.

Aos professores que investiram seu tempo e dedicação e que acreditaram desde o começo em nossa equipe, especialmente aos **Prof. Me. Cleber William Gomes**, **Prof. Dr. Gabriel Ângelo** e **Prof. Me. Marco Antônio Zanussi Barreto** e a **todos os funcionários** do Centro Universitário da FEI por todo o suporte.

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”. George Bernard Shaw

# Referências bibliográficas

- ALBREGARD, Ricardo; Os cinco maiores desafios das frotas comerciais. AGEV – Associação de Gestão de Despesas de Veículos. 24 de setembro de 2014. Disponível em: <<http://agev.org.br/os-cinco-maiores-desafios-das-frotas-comerciais-5/>>. Acesso em: 17 de março de 2020.
- ATLAS DA ACIDENTALIDADE NO TRANSPORTE BRASILEIRO; Consulta aos Dados Disponível em: <<https://www.atlasacidentesnotransporte.com.br/consulta>>. Acesso em: 17 de março de 2020.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE; Acidentes rodoviários : estatísticas envolvendo caminhões. – Brasília : CNT, 2019. Disponível em: <<https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/34e78e55-5b3e-4355-9ebc-acf1b8e7b4a4.pdf>>. Acesso em: 16 de março de 2020.
- EMPRESÔMETRO TECNOLOGIAS LTDA.; Frota Brasileira de veículos em circulação. Disponível em: <>. Acesso em: 14 de março de 2020.
- HEALD, M. A.; Magnetic braking: Improved theory, American Journal of Physics 56: 521–522.
- IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do Ipea - relatório de pesquisa. Brasília: Ipea, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP\\_Estimativa\\_2015.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP_Estimativa_2015.pdf)> Acesso em: 18 de março de 2020.
- JUNIOR, Auteliano Antunes dos Santos; Freios e embreagens por atrito. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~lafer/em618/pdf/Freios%20e%20Embreagens.pdf>> Acesso em: 08 de agosto de 2020.
- MPI, Manitoba Public Insurane, Air Brake Manual. Disponível em: <<https://www.mpi.mb.ca/Documents/AirBrakeManualNEW.pdf>> Acesso em: 14 de abril de 2020.
- MTPA - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil; Anuário Estatístico de Segurança Rodoviária. Disponível em: <[https://www.infraestrutura.gov.br/images/BIT\\_TESTE/Publica%C3%A7oes/Anuario\\_Estatistico\\_de\\_Seguranca\\_Rodoviaria.pdf](https://www.infraestrutura.gov.br/images/BIT_TESTE/Publica%C3%A7oes/Anuario_Estatistico_de_Seguranca_Rodoviaria.pdf)> Acesso em: 16 de março de 2020.
- KUSHAL, Meenakshi; SHARMA, Suman. Optimization of design of brake drum of two wheeler through approach of reverse engineering by using Ansys software. *IOSR. Jour. Mech. Civ. Eng*, 2015.

- SAF Holland; Brake Fade - Air Disc vs Drum Brakes. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=e6KDOqHWedI>> Acesso em : 25 de março de 2020.
- SERGOMEL; Conheça os Principais Tipos de Freios. Disponível em: <<https://www.sergomel.com.br/conteudo/conhec-as-os-principais-tipos-de-freios.html>> Acesso em: 25 de março de 2020.
- Sunday, Bako Nil et al. "Development and Analysis of Finned Brake Drum Model Using Solidworks Simulation." *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 4 (2015).
- Bako, Sunday & Aminu, Usman & Yahaya, Paul & Ndaliman, M.. Development and Analysis of Finned Brake Drum Model Using Solidworks Simulation. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. (2015)
- SUNDAY, Bako, et al. Development and analysis of finned brake drum model using solidworks simulation. *Development*, 2015, 4.5.
- PUHN, Fred. *Brake handbook*. HP Books, 1985.
- TRAVAGLIA, Carlos Abilio Passos, et al. Friction Material Temperature Distribution and Thermal and Mechanical Contact Stress Analysis. *Engineering*, 2014.
- RIBEIRO, Gustavo dos Santos. *Análise do comportamento termoelástico de um freio a tambor, utilizando o método dos elementos finitos*. 2015. PhD Thesis. Universidade de São Paulo.
- SHOME, Biswadip, et al. *Numerical simulation of drum brake cooling for heavy trucks*. SAE Technical Paper, 2006.
- TALE, Sagar N.; DABADE, B. M. Customization & Analysis of Brake Drum. *Journal of Basic and Applied Engineering Research*, 2016.
- JARIWALA, Anuj B.; KEVADIYA, Jay J. Analysis of Drum Brake Review Article. 2019.

- DNIT, Pesos Máximos Admitidos. Resoluções CONTRAN 12/98 e 104/98; Lei 7.408/85. *Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Ministério dos Transportes, Brasil, 2005.*
- Inmetro, Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para Materiais de Atrito Destinados ao Uso em Freios de Veículos Rodoviários Automotores. Portaria nº 17, 10 de janeiro de 2014.
- Inmetro, Aprova e inclui o Anexo Específico X – Requisitos de Avaliação da Conformidade para Materiais de Atrito para Freios de Veículos Rodoviários Automotores na Portaria Inmetro nº 301, de 21 de julho de 2011. Portaria nº 055, 28 de janeiro de 2014.
- AMARAL, Lucas do, et al. *Análise numérica da influência de defletores de ar no resfriamento de freios à tambor.* 2018.
- IOMBRILLER, Silvia Faria. *Análise térmica e dinâmica do sistema de freio a disco de veículos comerciais pesados.* 2002. PhD Thesis. Universidade de São Paulo.
- Day, T.D., "Truck Brake Failure: Differences between Failure Modes for Drum and Disc Brakes," SAE Technical Paper 2018-01-0528, 2018, doi:10.4271/2018-01-0528.
- Ping, X., Xiong, S., Tan, G., and Liu, J., "Brake Guidance System for Commercial Vehicles with Coordinated Friction and Engine Brakes," SAE Technical Paper 2017-01-2508, 2017, doi:10.4271/2017-01-2508.
- Xu, Y., Mei, B., Xiao, L., XIA, W. et al., "Combined Hill Descent Braking Strategy for Heavy Truck in the Featured-Slope," SAE Technical Paper 2017-01-2535, 2017, doi:10.4271/2017-01-2535.
- Weibull, Making the FMEA Scope Visible; Disponível em: <<https://www.weibull.com/hotwire/issue165/fmeacorner165.html>>, Acesso em 15 de junho de 2020.



- Limpert, R., “Brake Design and Safety, Second Edition,” (Warrendale, Society of Automotive Engineers, Inc., 1999), doi:10.4271/R-198.
- IS 11852-3 (2001): Automotive vehicles - brakes and braking systems, Part 3: Performance requirements and evaluation [TED 4: Automotive Braking Systems].
- Fancher, P., Winkler, C., and Campbell, M., “Influence of Braking Strategy on Brake Temperature in Mountain Descents, USDOT Report No. PB93-137032,” (Ann Arbor, MI, Transportation Research Institute, University of Michigan, 1992).
- Gohring, E.; von Glasner, E.C.; Improvement of the Braking Performance of Heavy Duty Commercial Vehicles by Using Disc Brakes. International Conference on Disc Brakes for Commercial Vehicles, IMechE, London, 1988.
- Sakamoto, H., 2004, “Heat Convection and Design of Brake Discs, ProQuest Science Journals”, pg 203.
- Ilinca, A., Ilinca, F. and Falah, B. (2001) ‘Numerical and analytical investigation of temperature distribution in a brake drum with simulated defects’, International Journal of Vehicle Design (IJVD), Vol. 26, Nos. 2/3, pp.12–23.
- Sydney, G.R. and Terry, D.D. (2000) ‘Integrating design and virtual test environments for brake component design and material selection’, SAE Technical Paper Series 2000-01-294, Warrendale, PA.
- Wang Z, Yu Q, Han F, et al. Research on a Brake Temperature Model of Heavy-Duty Trucks Braking on Long Downhill[J]. Journal of Highway & Transportation Research & Development, 2016:90-96.
- Liu Changliang. Dynamic Analysis and Braking Performance Optimization of Drum Brake[D]. Jilin University, 2011.
- Yu Qiang. study on Downhill Continuous Braking Performance of Automobile[D]. Chang'an University, 2000.

- Heusser, Ronald B. “Heavy Truck Deceleration Rates as a Function of Brake Adjustment,” Society of Automotive Engineers Technical Paper Series 910126, 1991.
- Limpert, Rudolf, Andrews, Dennis F., “Analysis of Truck Braking Accidents,” Society of Automotive Engineers Technical Paper Series 870504, 1987.
- Roberts, Sydney G. and Day, Terry D., "Integrating Design and Virtual Test Environments for Brake Component Design and Material Selection" Society of Automotive Engineers Technical Paper Series 2000-01-1294, 2000.
- MacAdam, C.C., Fancher, P.S., Hu, G.T., Gillespie, T.D., “A Computerized Model for Simulating the Braking and Steering Dynamics of Trucks, Tractor-semi-trailers, Doubles, and Triples”, Report No UM-HSRI-80-58, HSRI, University of Michigan, June 1980.
- FMEA Training, Quality Training Portal, Should You Be Doing a Design or a Process FMEA? (DFMEA or PFMEA), Disponível em: <<https://fmea-training.com/design-vs-process-fmeas>>, acesso em 15 de junho de 2020.
- Nouby M. Ghazaly, 2mostafa M. Makrahy “Experimental Investigation Of Drum Brake Performance For Passenger Car”OCT(2014).
- Anup Kumar and R. Sabarish “Structural and Thermal Analysis of Brake Drum” Middle-East Journal of Scientific Research 20 (6): 715-719, (2014).
- V .Hima Kiran Vithal “Analysis of brake fade in Drum Brakes”AE(FT-2008).
- INFANTINI, M. B. Variáveis de desempenho dos sistemas de freio. 2008. Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre. 2008.
- BOOMBA RACING. 2013 Focus ST Brake Cooling Deflector. Disponível em: <<http://www.boombaracing.com/2013-focus-st-brake-cooling-deflector/>>. Acesso em: 24 de maio de 2020.
- GILLESPIE, T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1992.