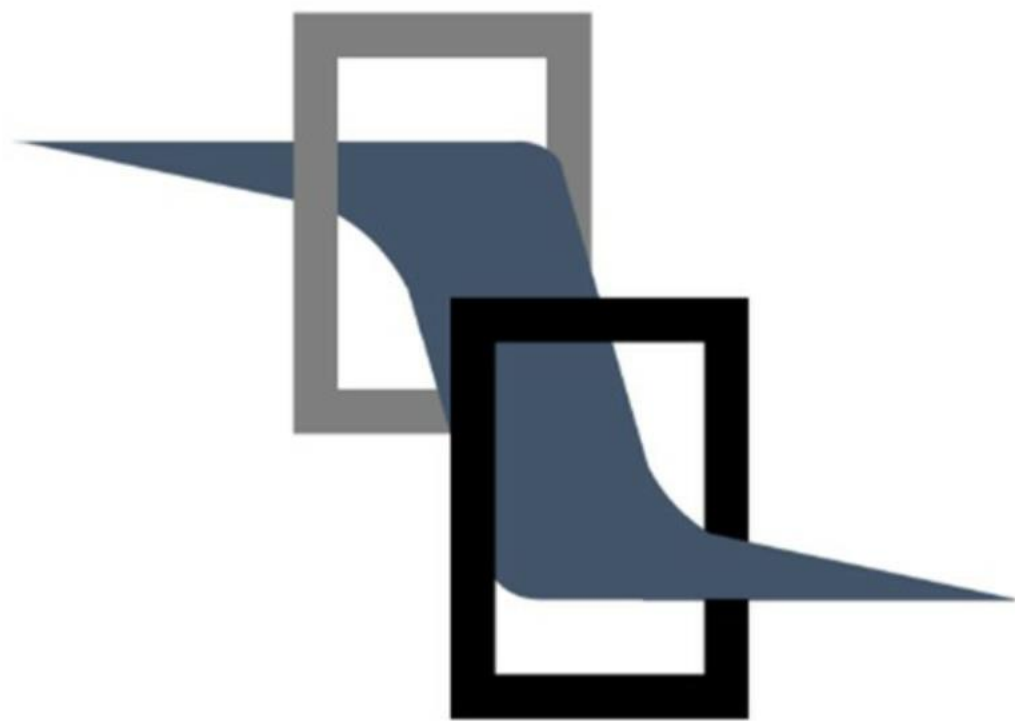




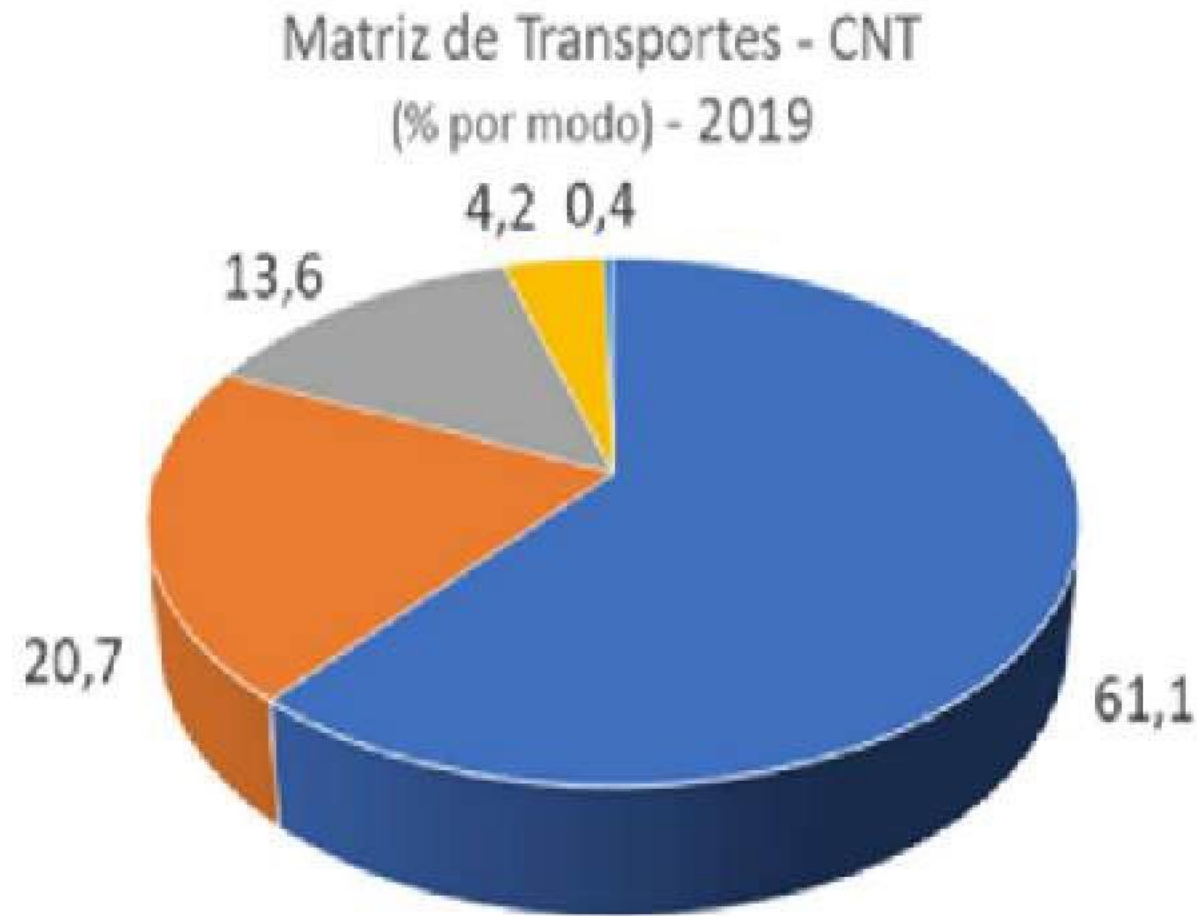
M O V E

CONTROLE O INIMAGINÁVEL

CONTEXTUALIZAÇÃO



CONTEXTUALIZAÇÃO

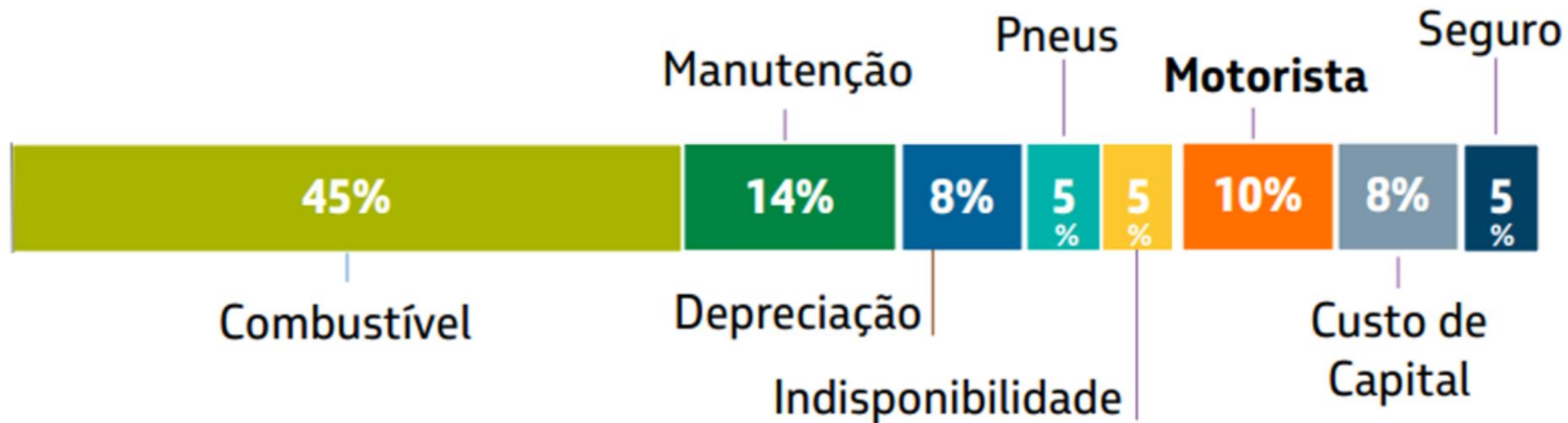


Fonte: CNT (02-2019) ■ Rodoviário ■ Ferrovário ■ Hidroviário ■ Dutoviário ■ Aéreo

CONTEXTUALIZAÇÃO



CONTEXTUALIZAÇÃO

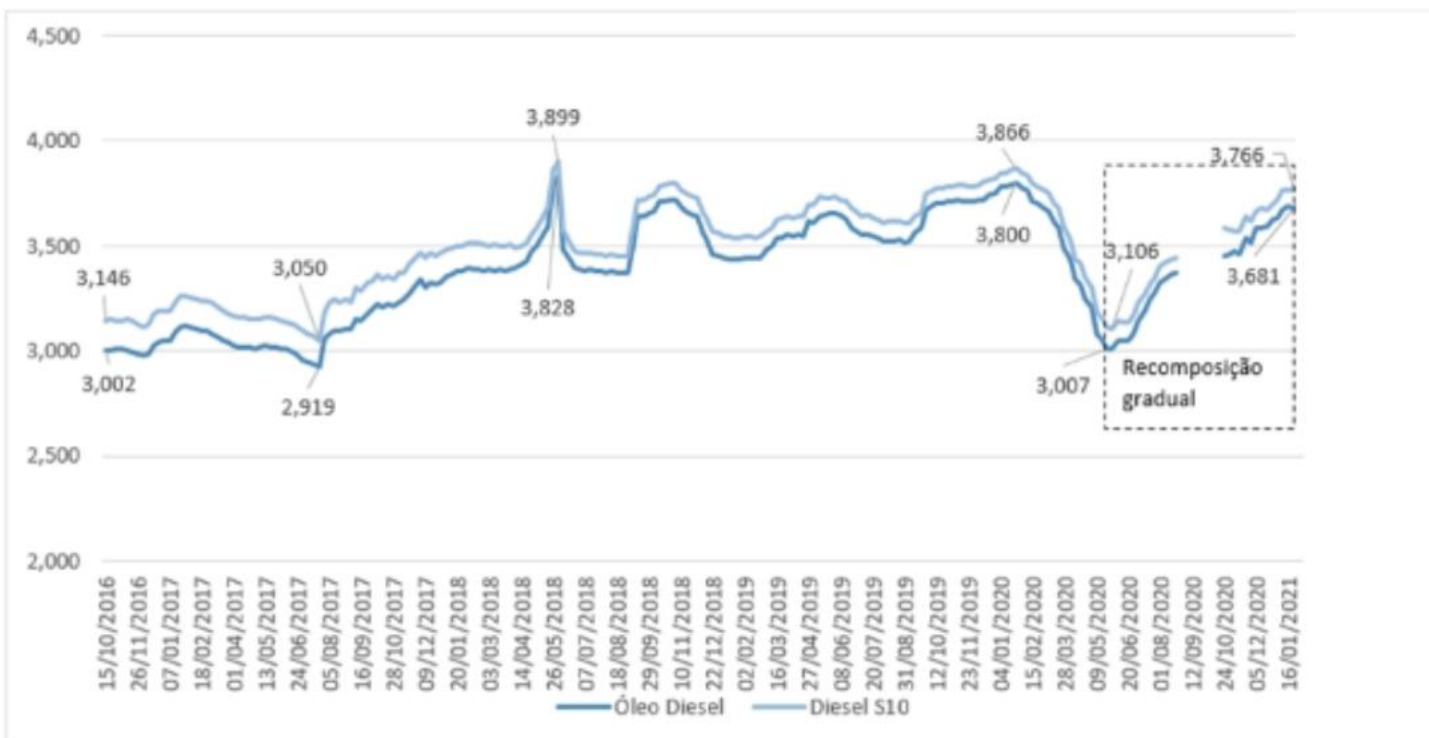


Fonte: Petrobrás

CONTEXTUALIZAÇÃO



Evolução do preço médio de revenda do óleo diesel e do diesel s10 no Brasil (R\$ por litro) - 15 de outubro de 2016 a 27 de fevereiro de 2021

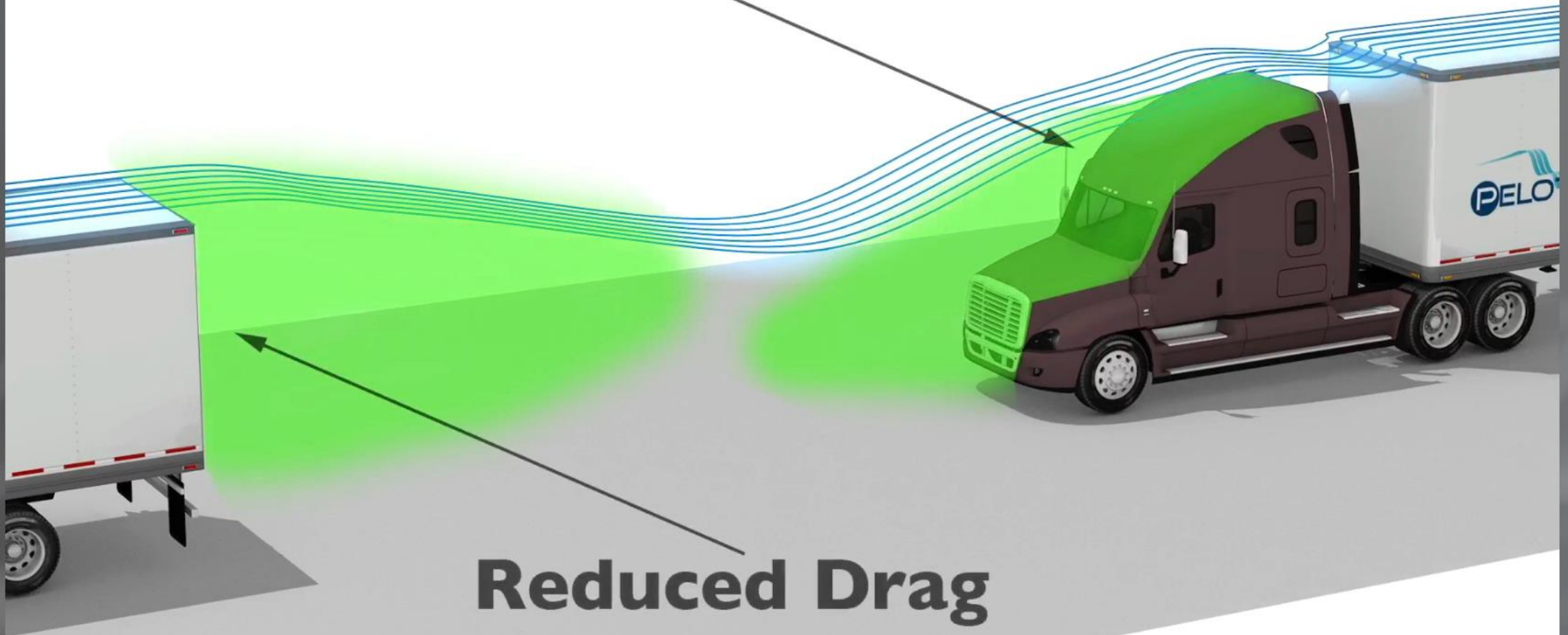


Fonte: Elaboração CNT com dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

*A ANP não coletou dados de preços do diesel nas semanas entre 18/8/2020 e 17/10/2020.

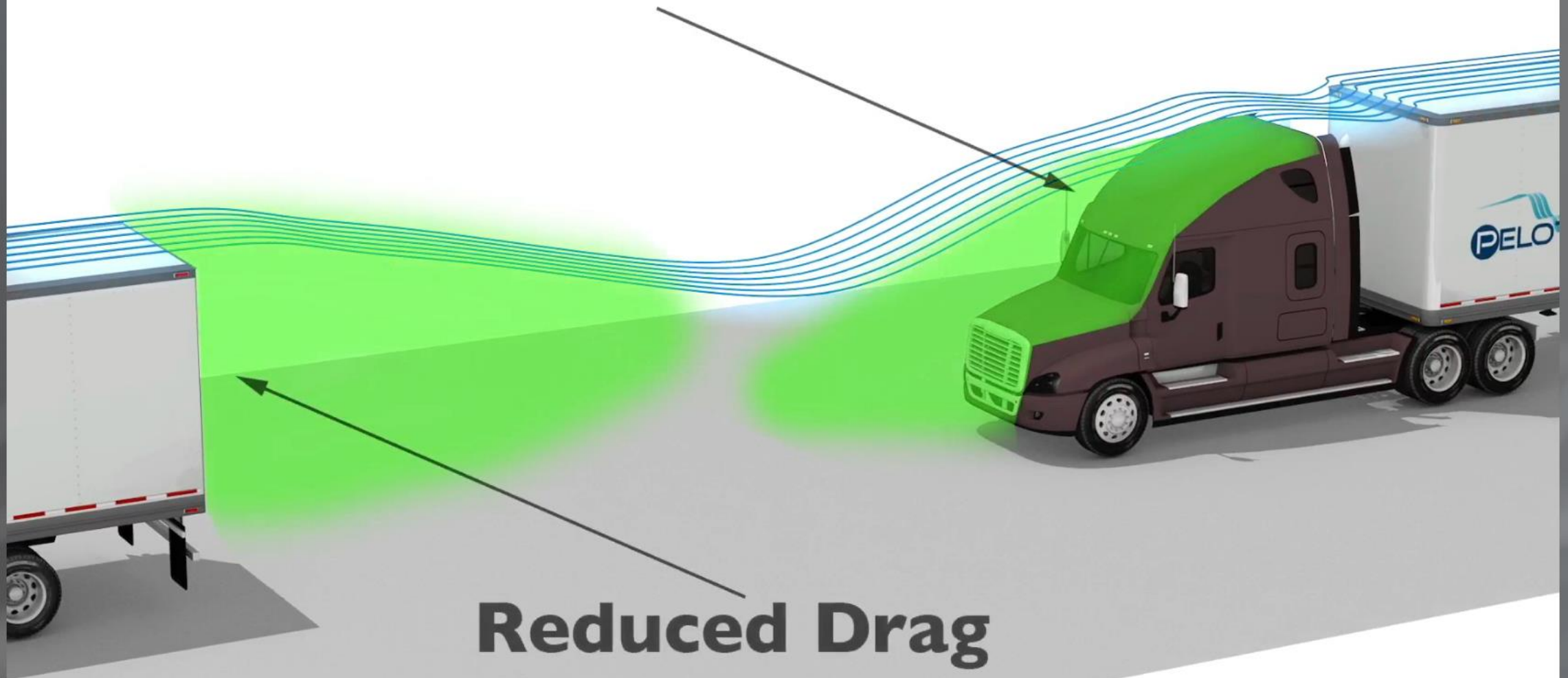
CONTEXTUALIZAÇÃO

Reduced Resistance



CONTEXTUALIZAÇÃO

Reduced Resistance

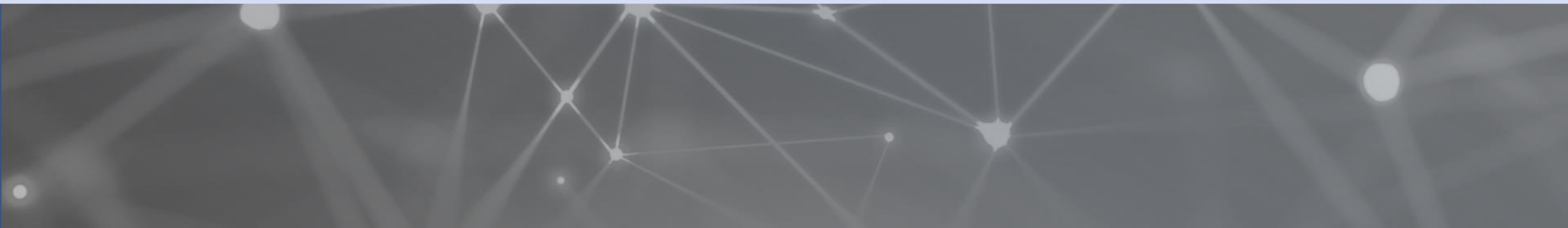
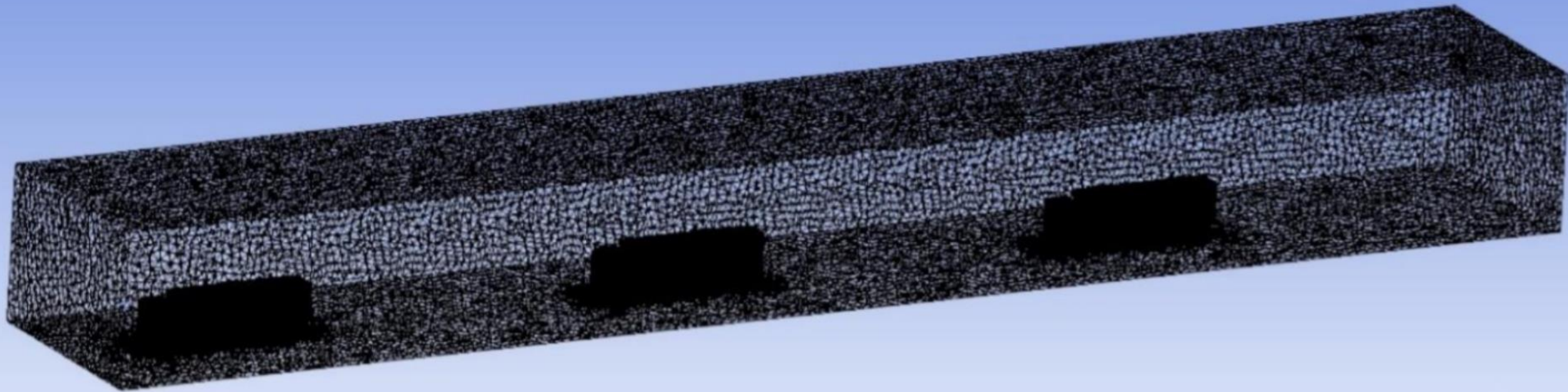


OBJETIVOS



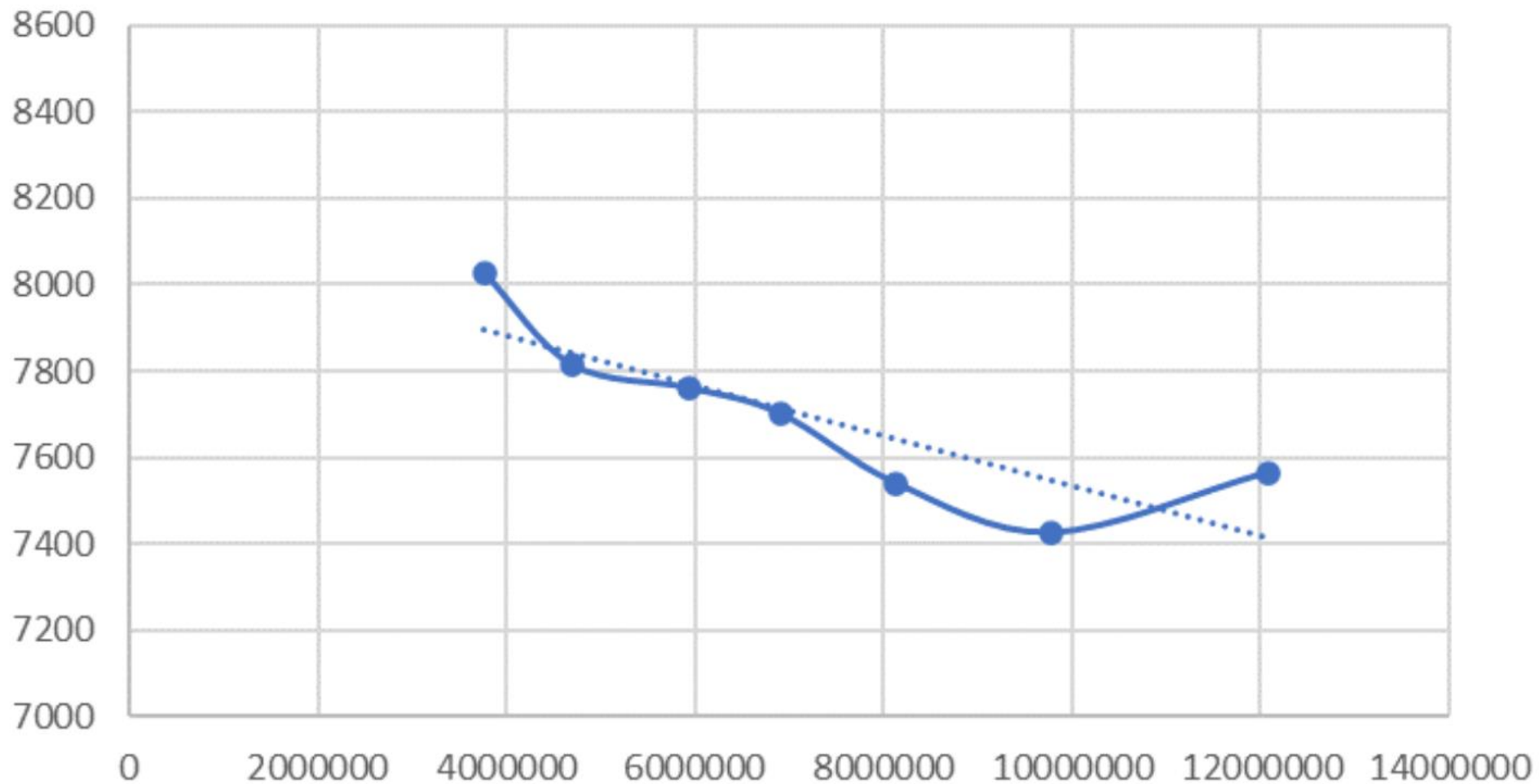
Utilização de apêndices aerodinâmicos em caminhões organizados em comboio visando a redução de combustível e emissão de CO₂

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO



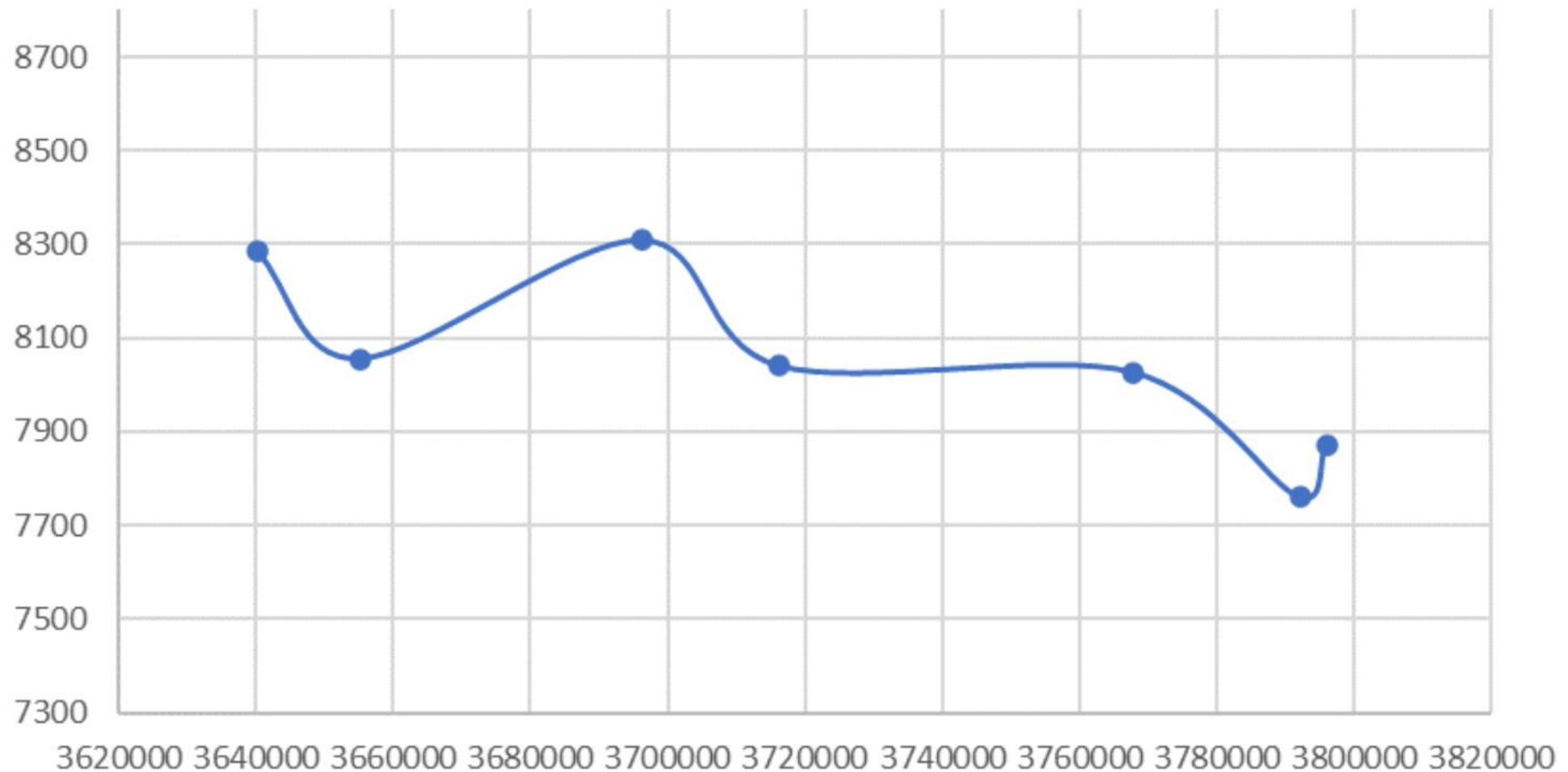
CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO

Teste de Malha



CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO

Teste de Farfield



CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO



Teste de Malha				
	Elementos	Arrasto(Fy)	Variação (anterior)	Variação (posterior)
1	3767652	8027,39		2,75%
2	4702389	7812,92	-2,67%	0,68%
3	5932768	7759,87	-0,68%	0,78%
4	6907824	7700,06	-0,77%	2,12%
5	8122091	7540,22	-2,08%	1,55%
6	9771306	7424,78	-1,53%	-1,86%
7	12087568	7565,23	1,89%	

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO

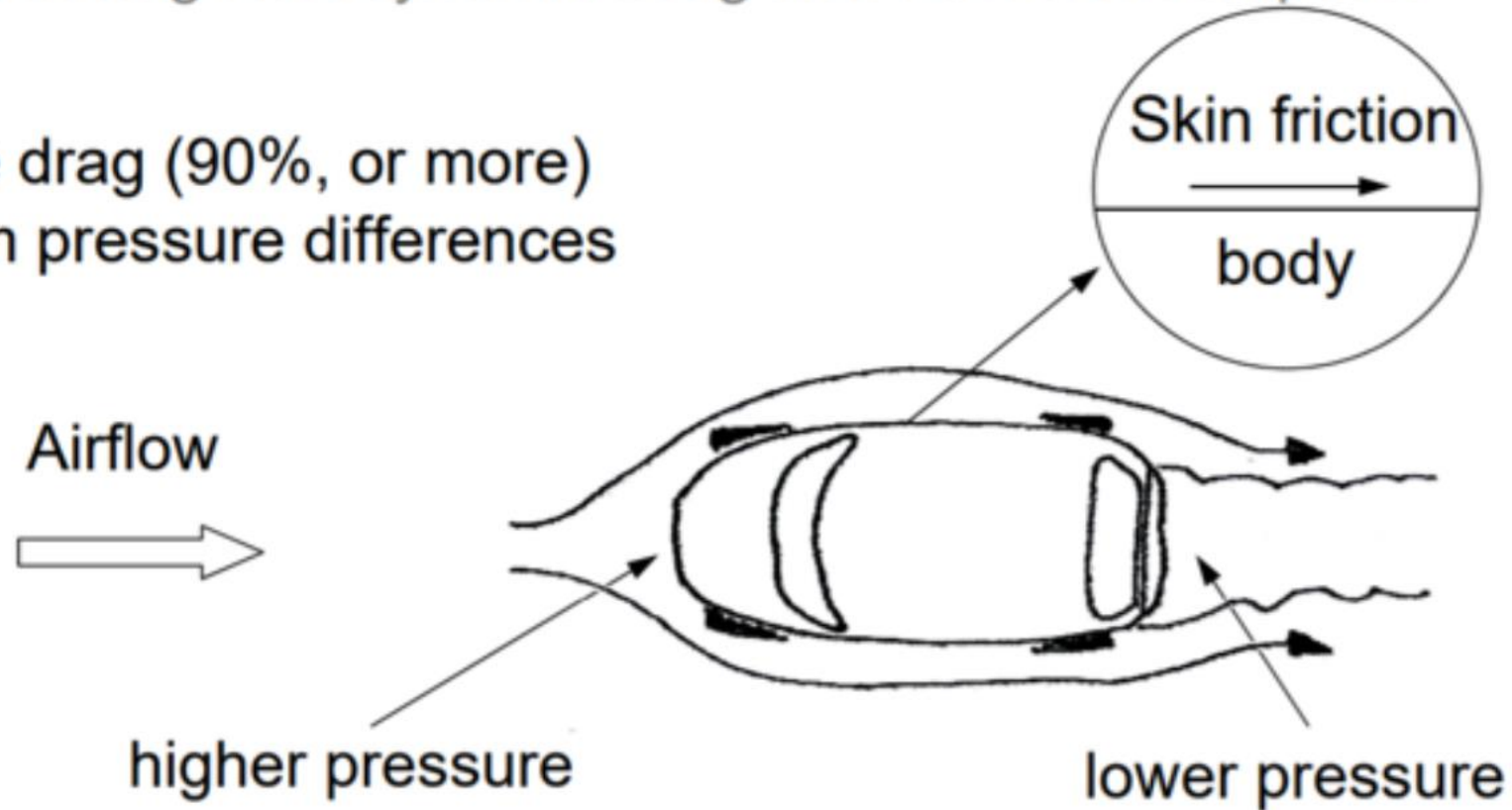


Teste de Farfield				
	Elementos	Arrasto (Fy)	Variação (anterior)	Variação (Posterior)
1	3640132	8285,81		2,86%
2	3655125	8055,74	-2,78%	-3,03%
3	3696146	8307,82	3,13%	3,33%
4	3716330	8040,17	-3,22%	0,16%
5	3767652	8027,39	-0,16%	3,43%
6	3792076	7761,49	-3,31%	-1,41%
7	3795953	7872,53	1,43%	

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO

Reducing Aerodynamic Drag and Fuel Consumption

Most of the drag (90%, or more) results from pressure differences



Fonte: Fred Browand; Global Climate and Energy Project Workshop on Advanced Transportation
(Stanford University)

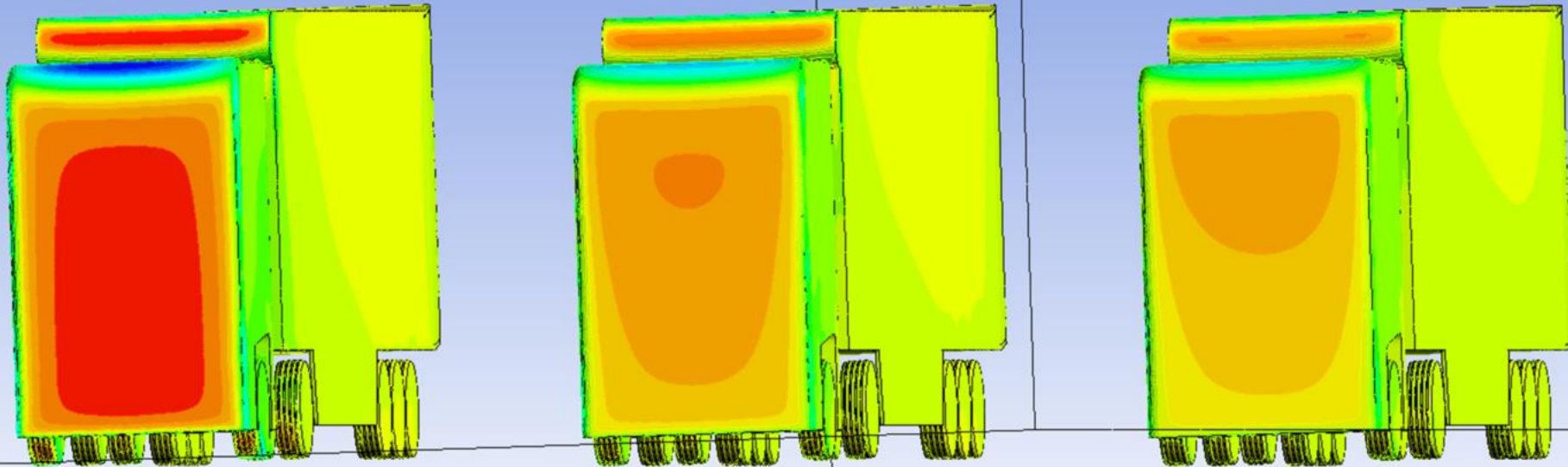
CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO

ANSYS
2021 R1
ACADEMIC

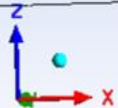
Pressure
Contour 3

4.058e+02
3.319e+02
2.580e+02
1.841e+02
1.102e+02
3.630e+01
-3.759e+01
-1.115e+02
-1.854e+02
-2.593e+02
-3.331e+02
-4.070e+02
-4.809e+02
-5.548e+02
-6.287e+02
-7.026e+02
-7.765e+02
-8.504e+02
-9.243e+02
-9.981e+02

[Pa]

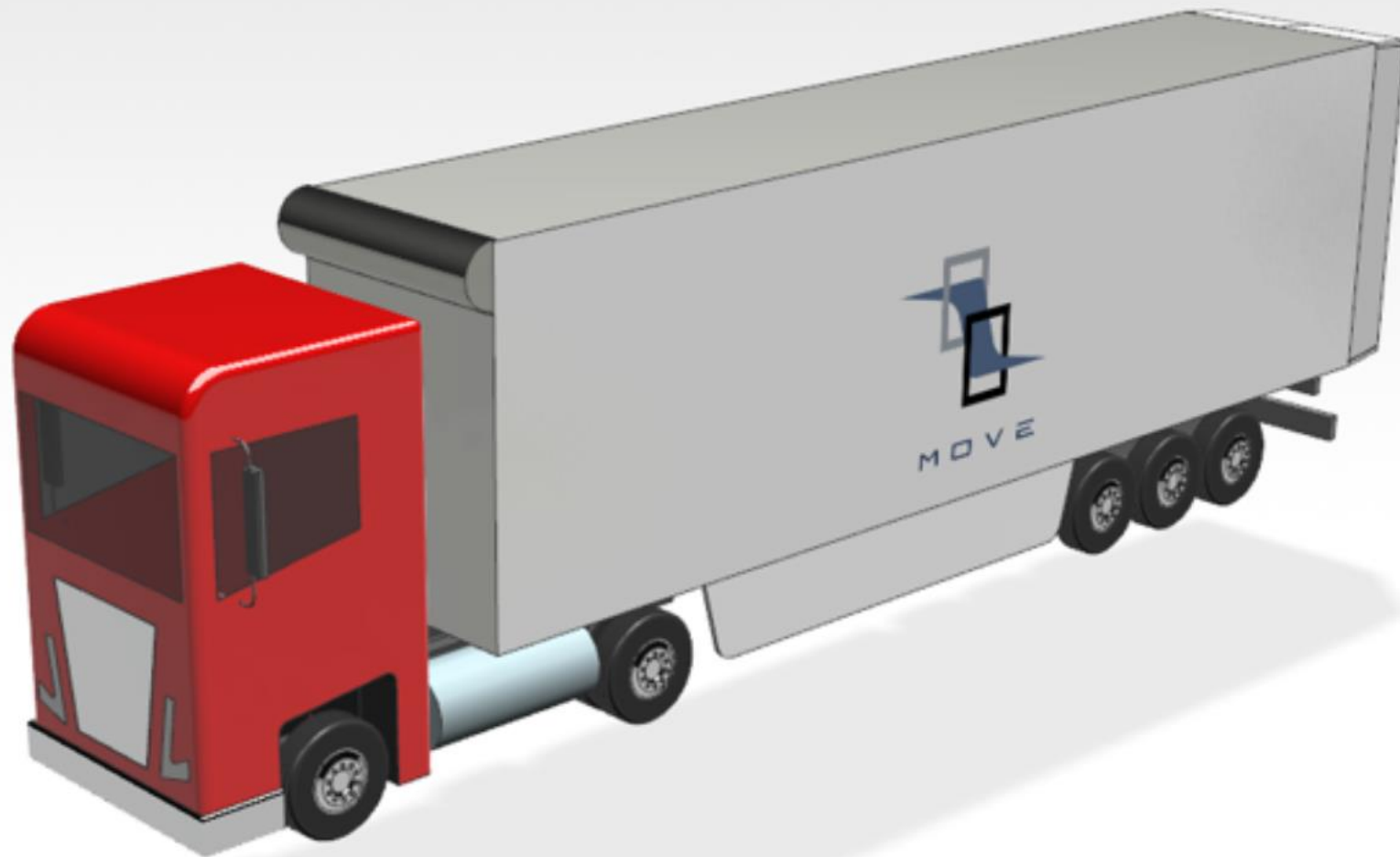


0 1.500 3.000 4.500 6.000 (m)



Fonte: Autores

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO



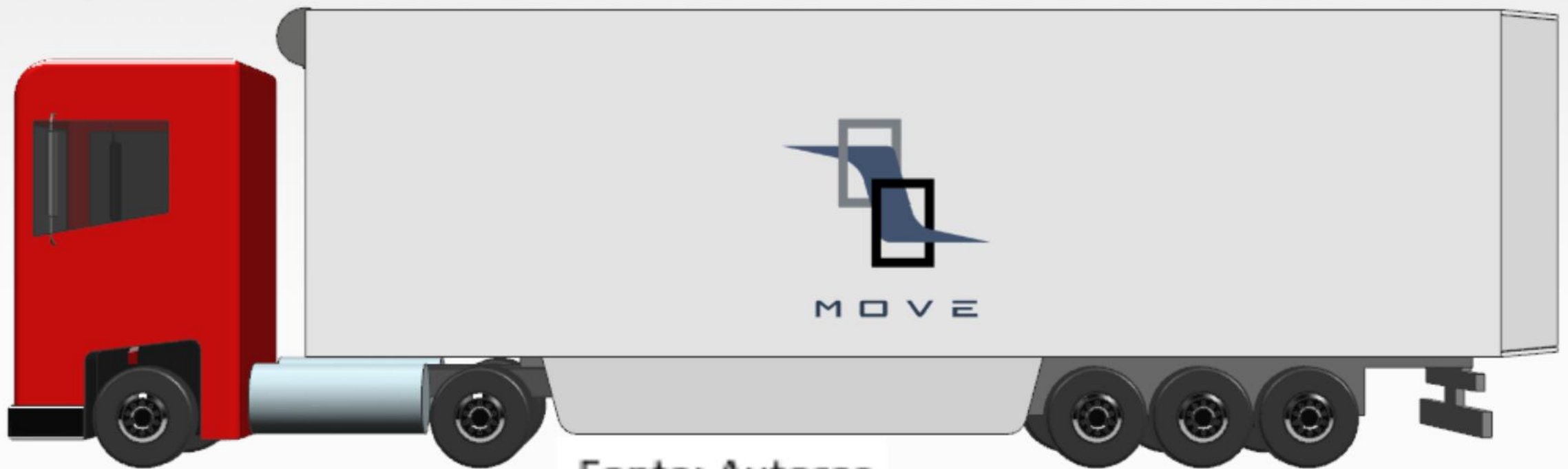
Fonte: Autores

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO



Fonte: Autores

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO



Fonte: Autores

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO

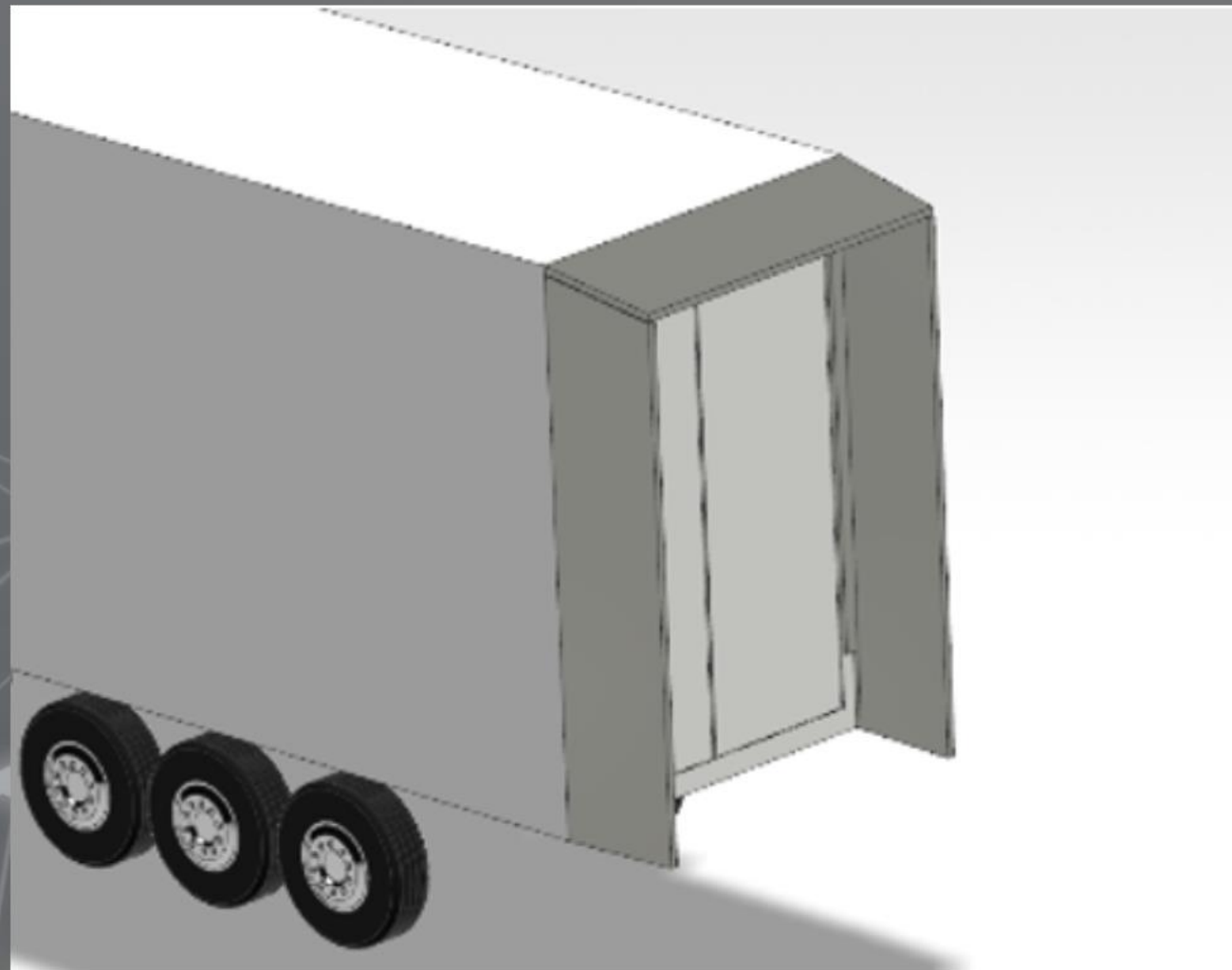


Nomenclatura	Descrição
T	Apenas apêndice traseiro
FT	Apêndice frontal e traseiro
FLT	Apêndice frontal lateral e traseiro
FLTC	Apêndice frontal lateral e traseiro completo

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO

Configuração T:

Apenas apêndice traseiro

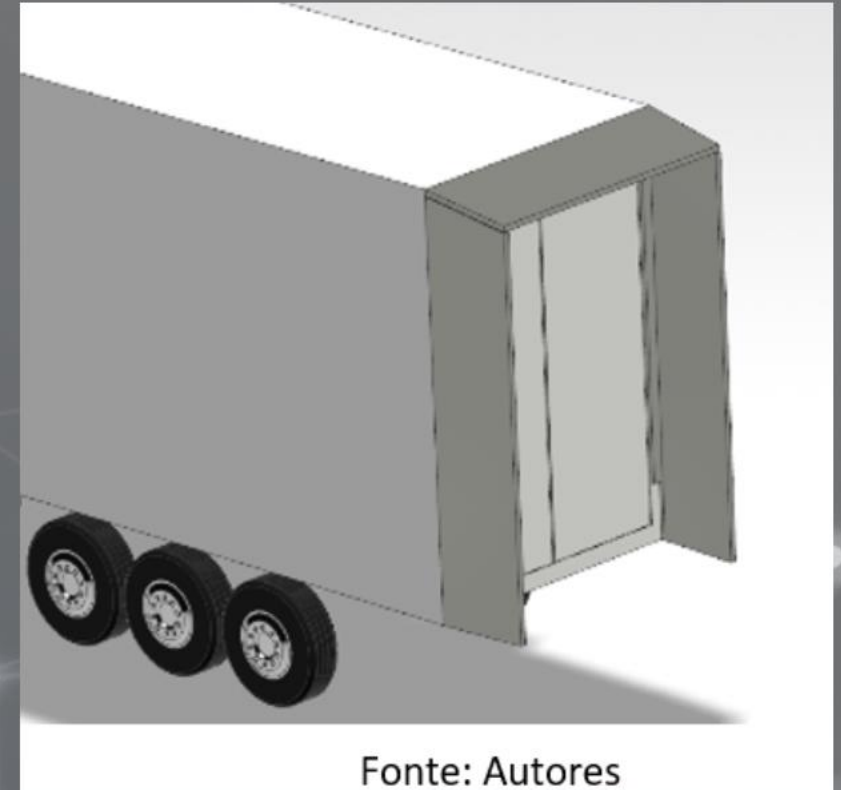
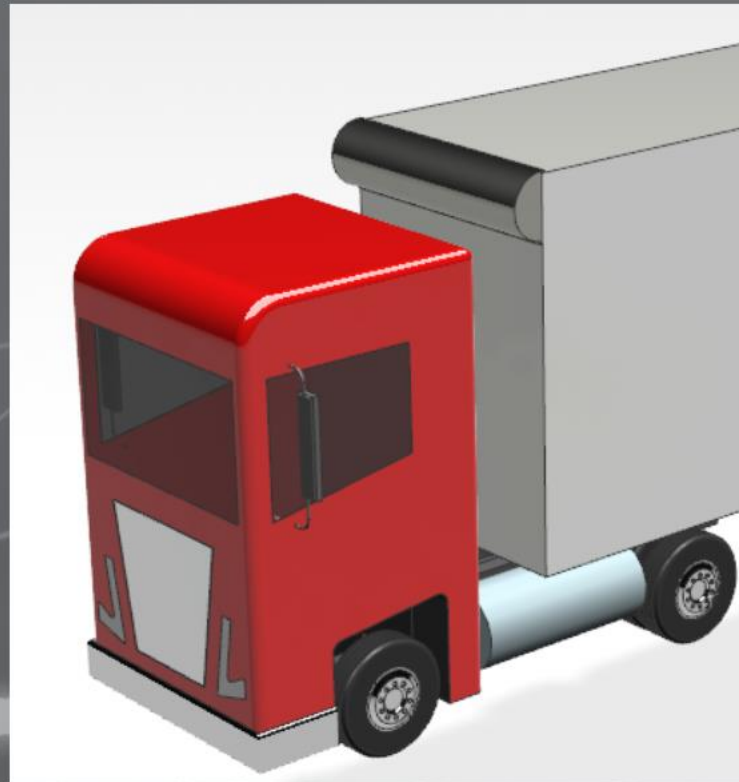


Fonte: Autores

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO

Configuração FT:

Apêndice frontal e
traseiro



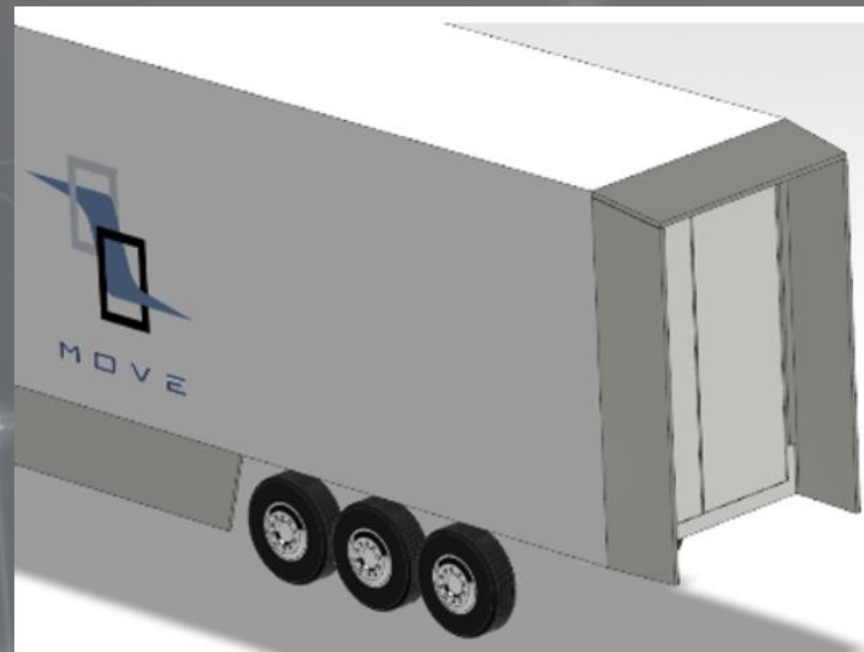
Fonte: Autores

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO



Configuração FLT:

Apêndice frontal,
lateral e traseiro



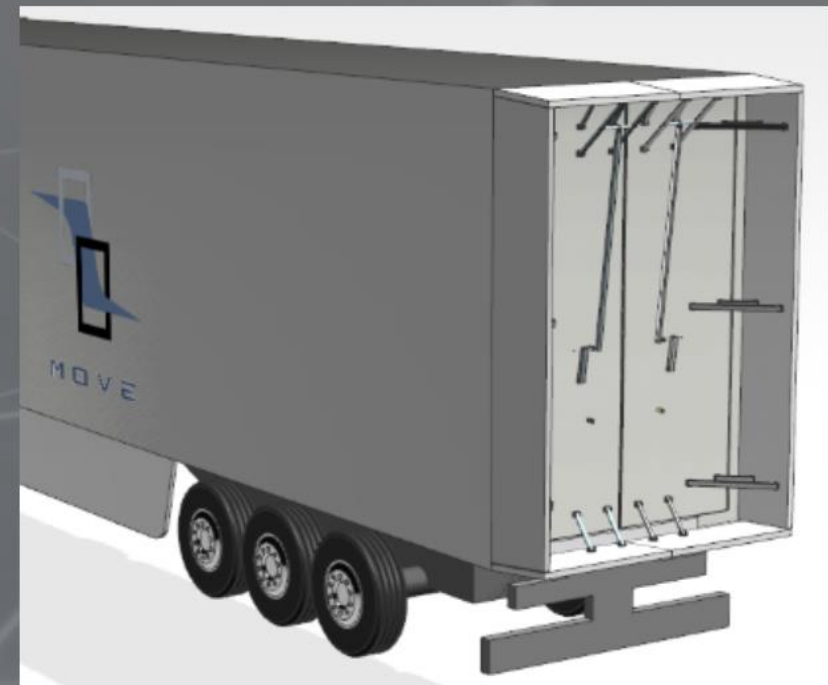
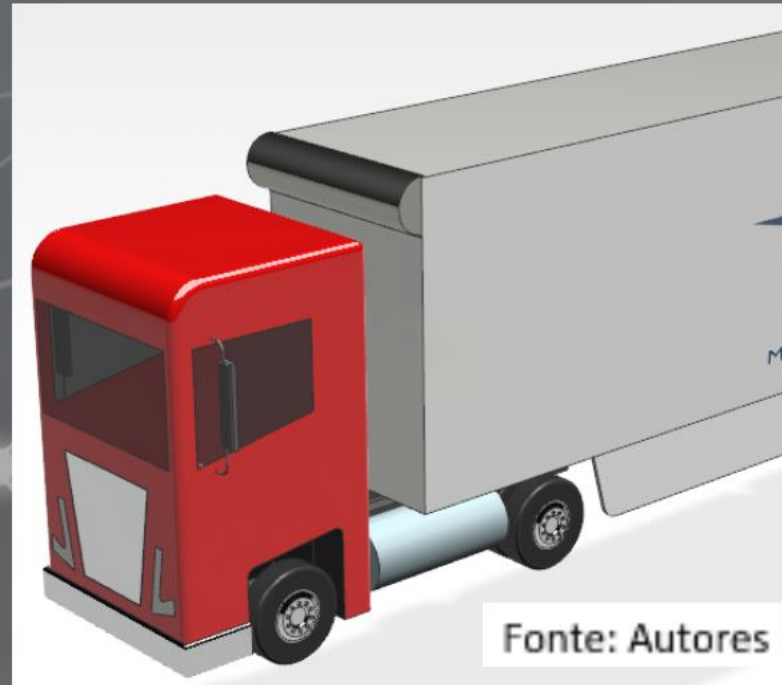
Fonte: Autores

CONDIÇÕES DE SIMULAÇÃO



Configuração FLTC:

Apêndice frontal,
lateral e
traseiro completo



SIMULAÇÕES INICIAIS



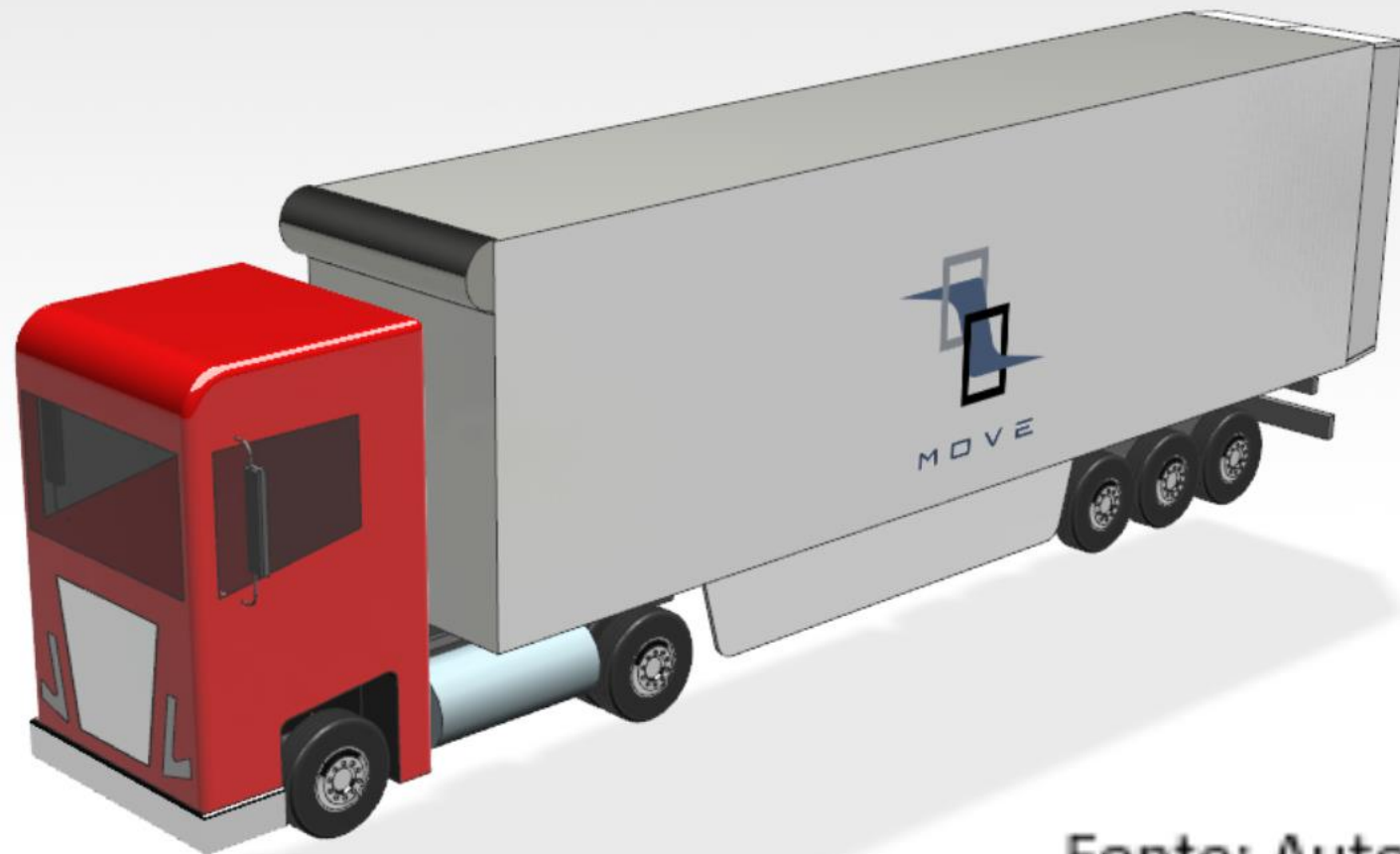
Foram realizadas simulações com:

Apêndice Traseiro (T)

Apêndice Frontal e Traseiro (FT)

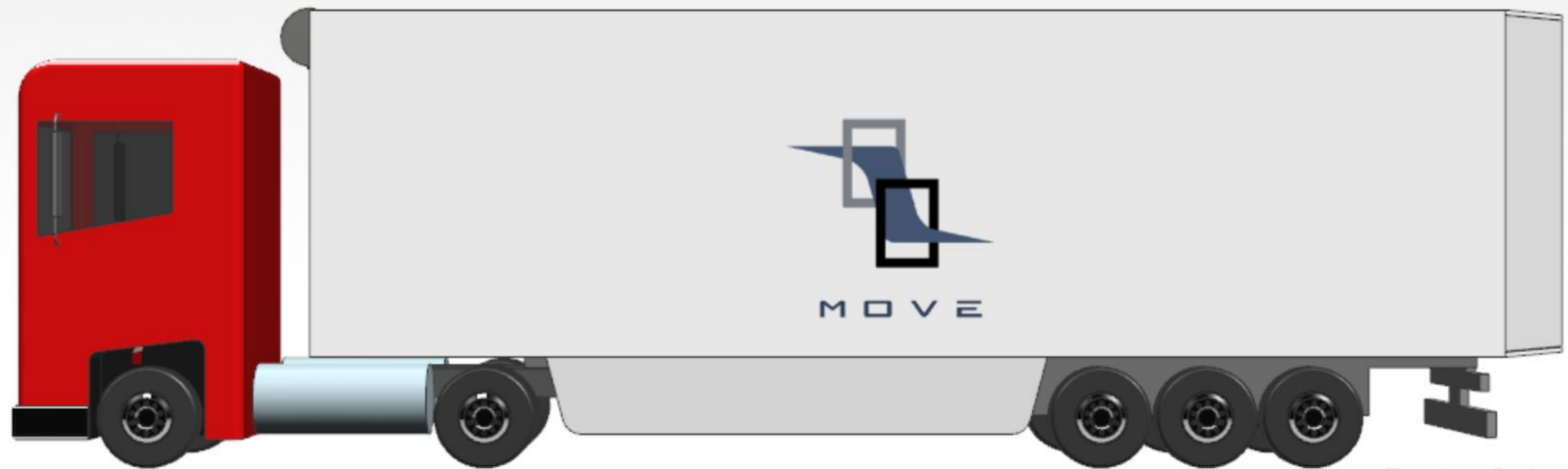
Apêndice Frontal, Lateral e Traseiro (FLT)

SIMULAÇÕES INICIAIS



Fonte: Autores

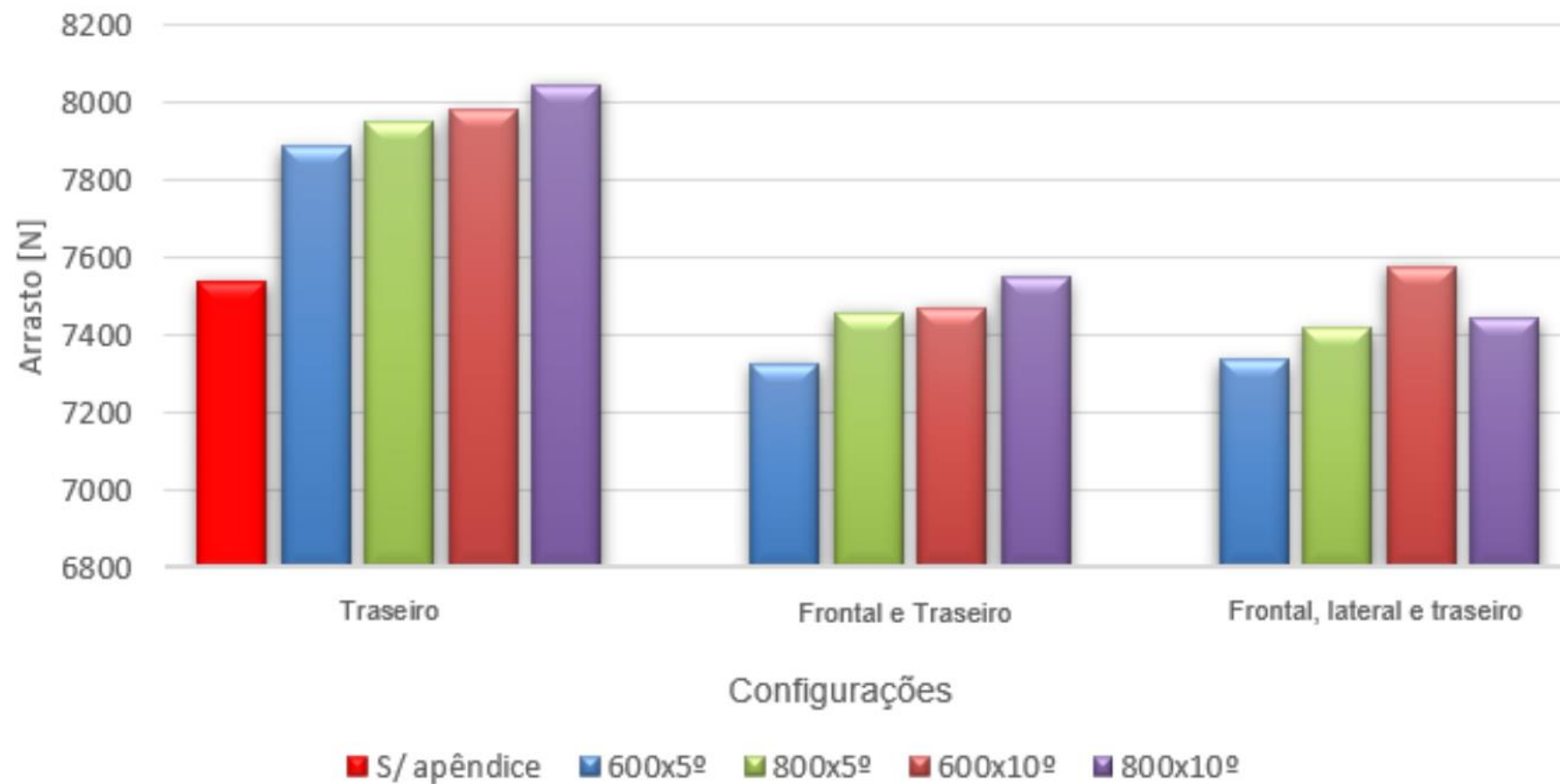
SIMULAÇÕES INICIAIS



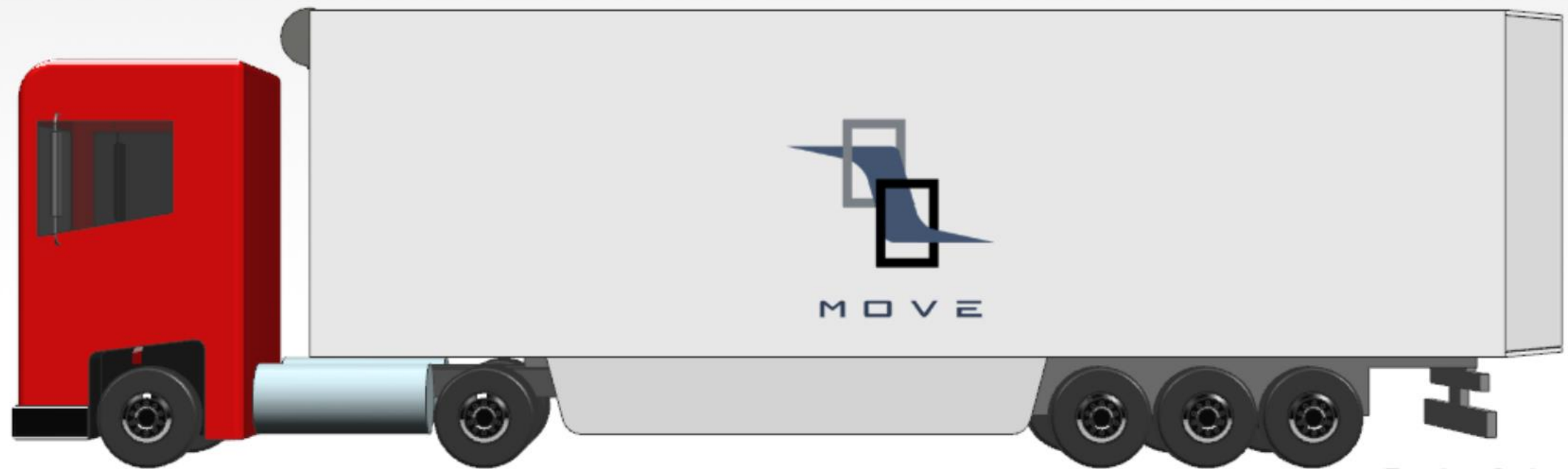
Fonte: Autores

SIMULAÇÃO

Arrasto total por categoria



SIMULAÇÃO



Fonte: Autores

SIMULAÇÃO

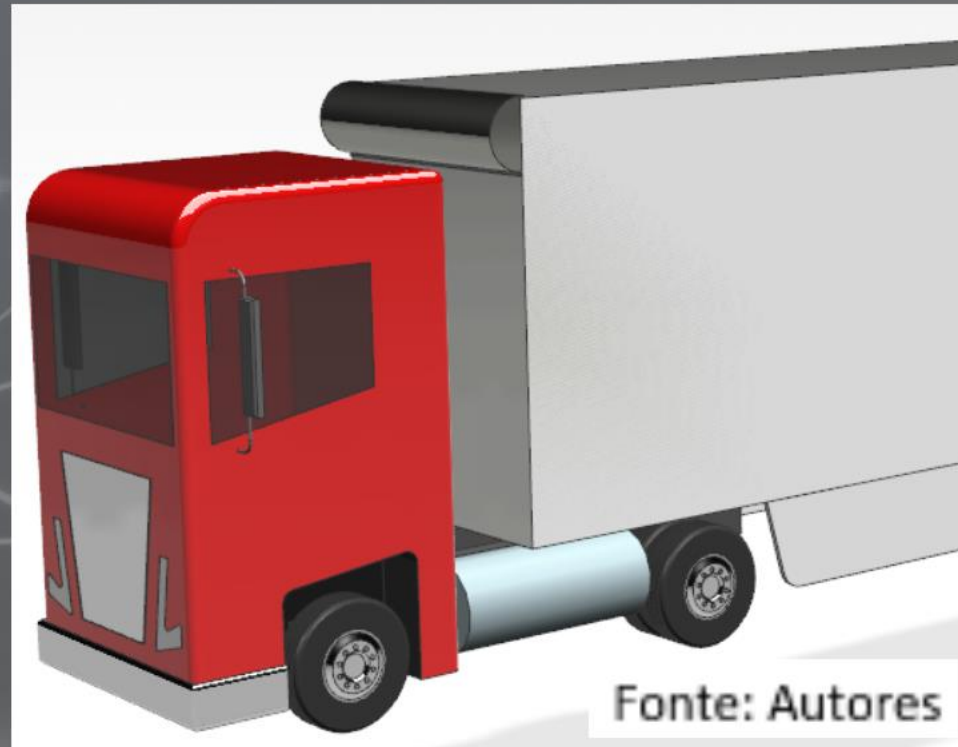


Fonte: Autores

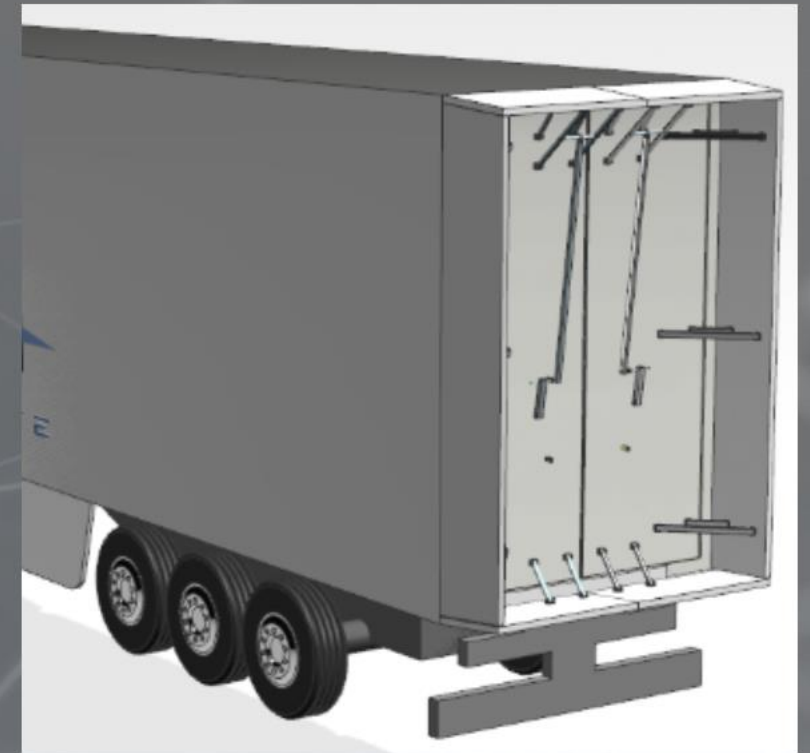
SIMULAÇÃO

Configuração FLTC:

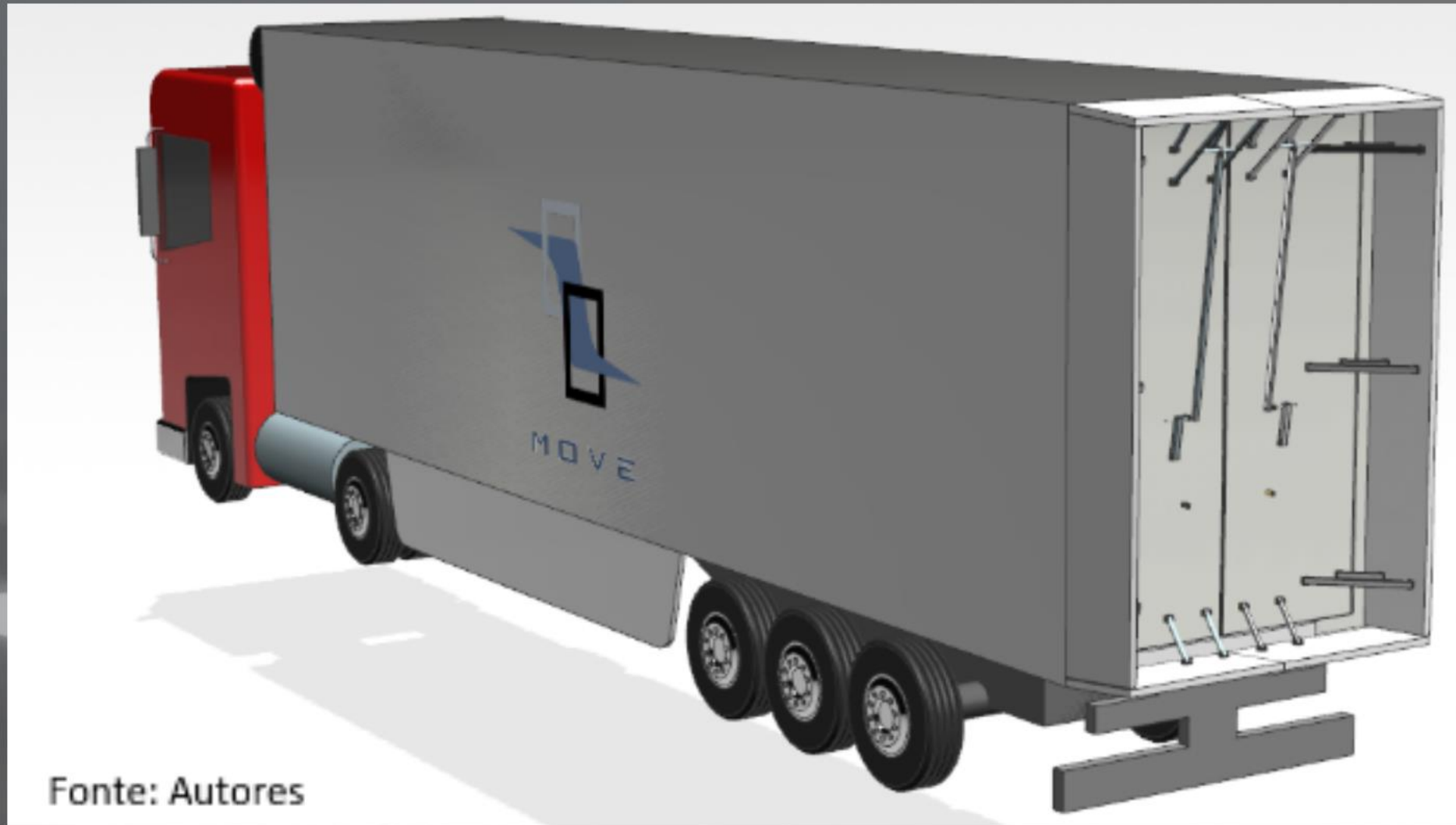
Apêndice frontal,
lateral e
traseiro completo



Fonte: Autores



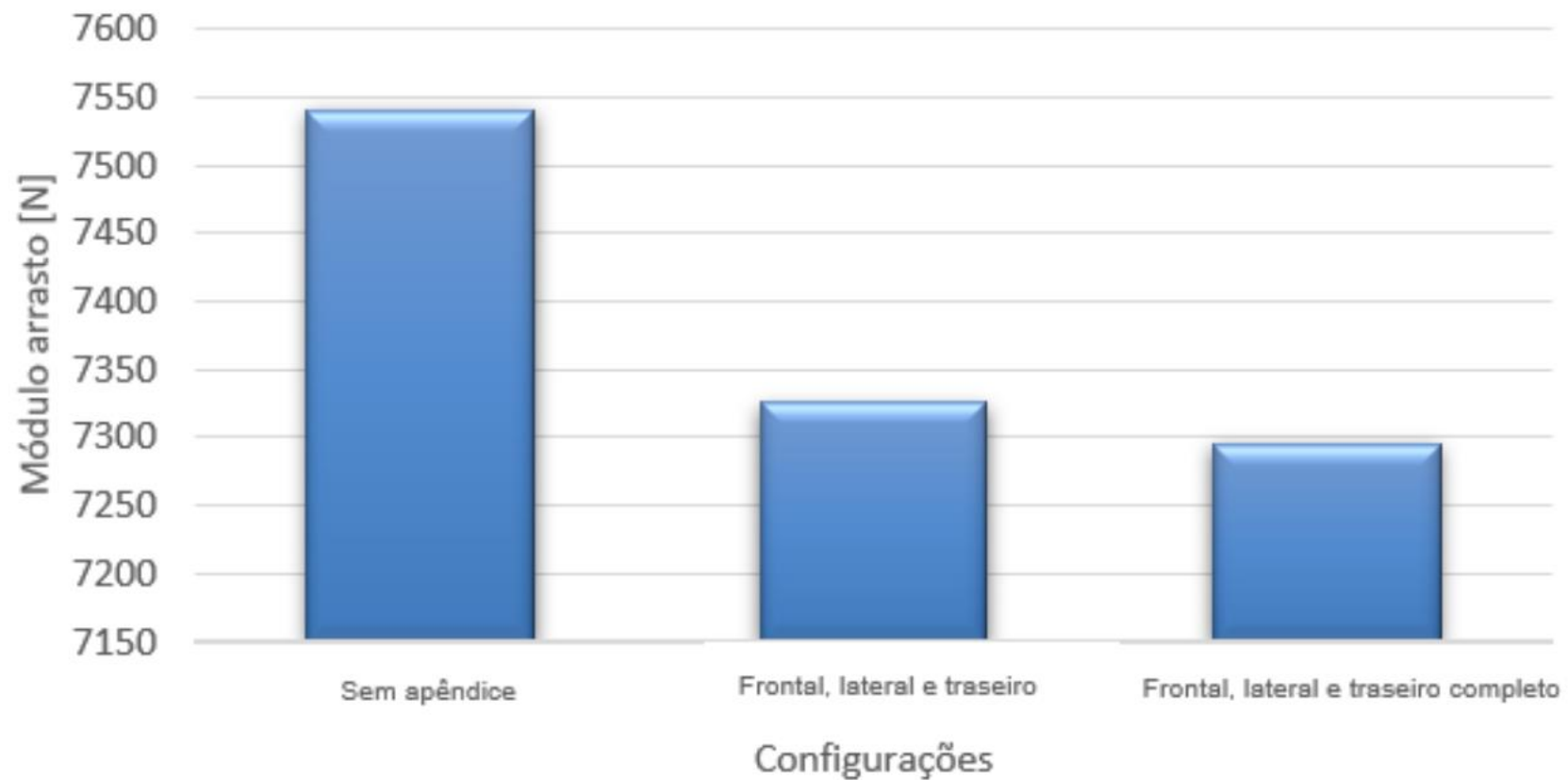
SIMULAÇÃO



Fonte: Autores

SIMULAÇÃO

Arrasto total - melhores configurações



SIMULAÇÃO



Melhor configuração:

Apêndices:

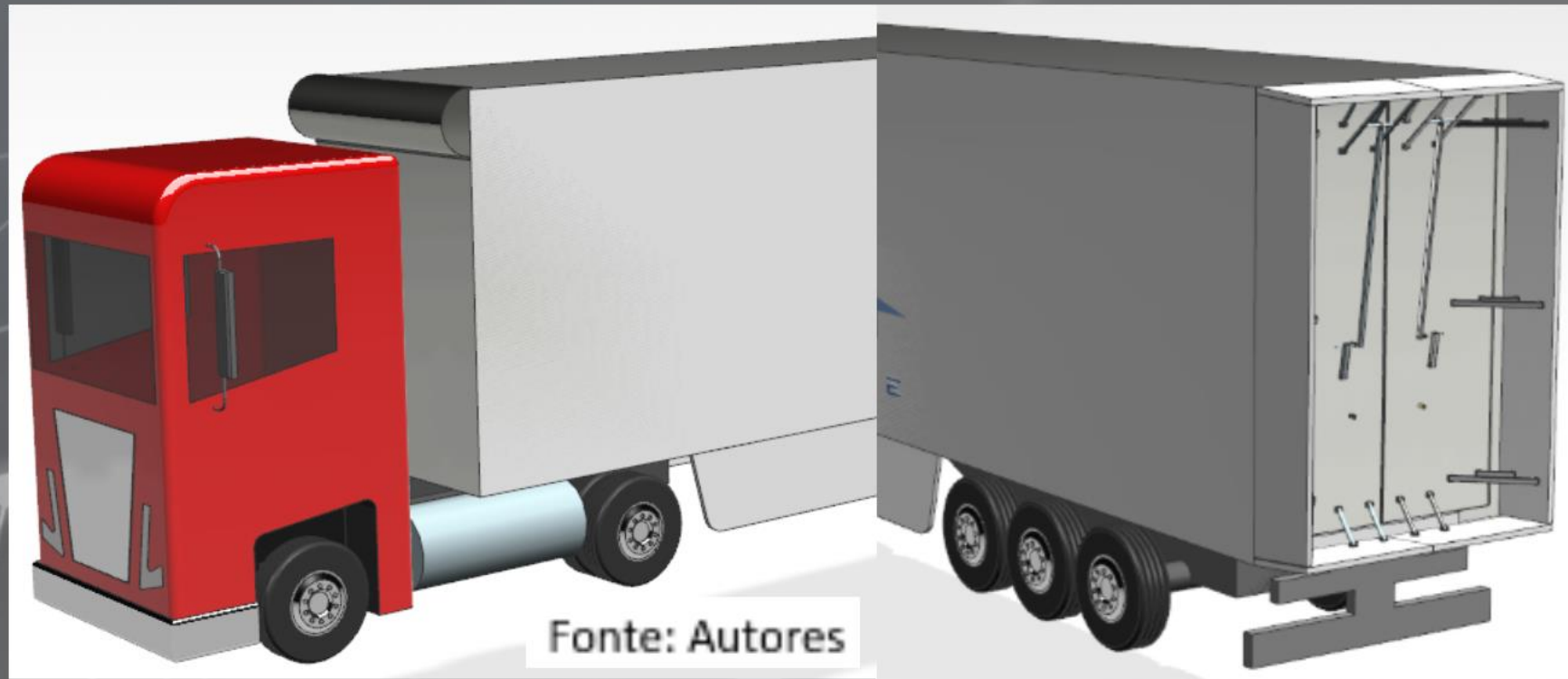
Frontal

Lateral

Traseiro Completo

Comprimento: 600 mm

Ângulo: 5°



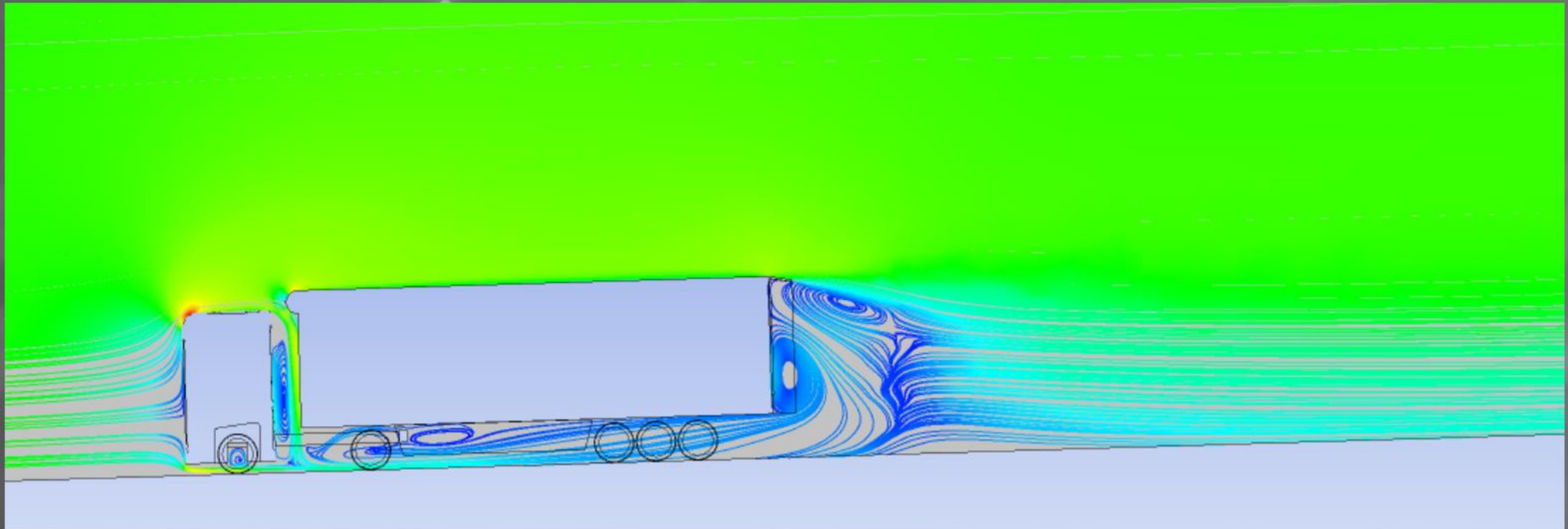
Fonte: Autores

SIMULAÇÃO



Redução do comboio na melhor configuração:

10,62% no caminhão 1

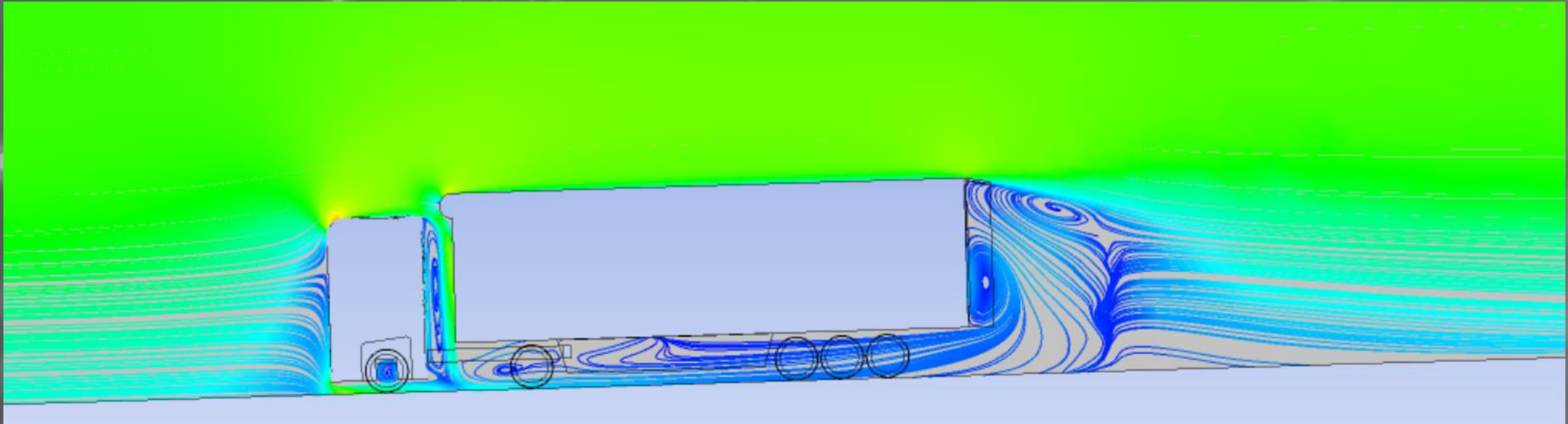


SIMULAÇÃO



Redução no comboio na melhor configuração:

2,71% no caminhão 2

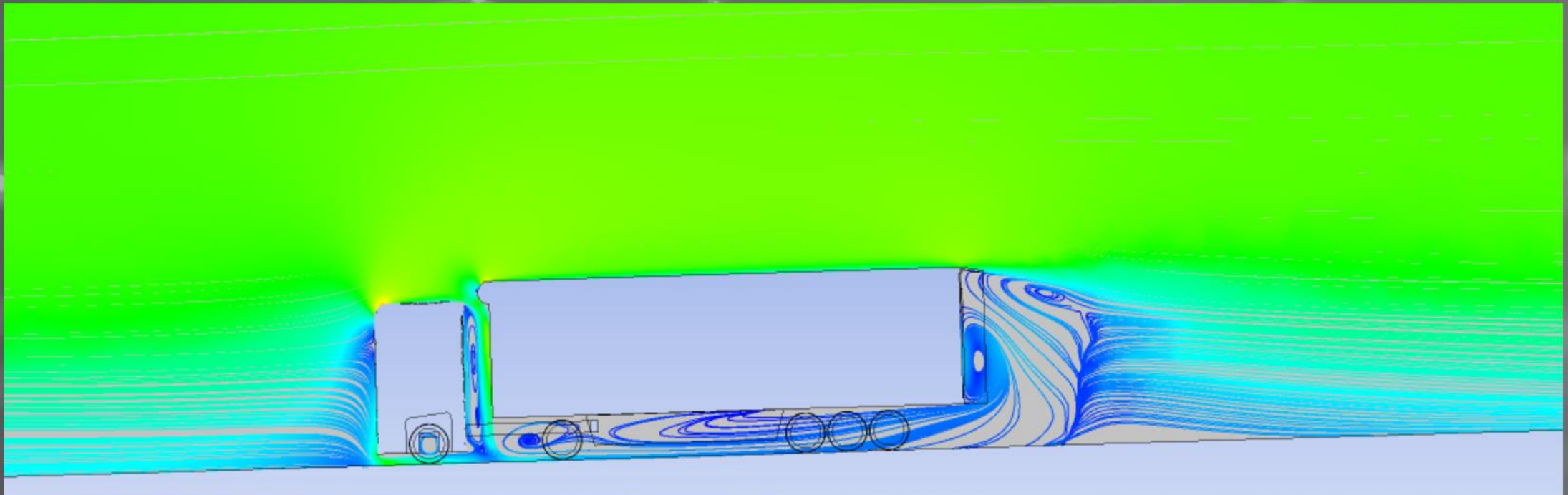


SIMULAÇÃO



Na melhor configuração:

Aumento de 10,5% no caminhão 3, mas possui menor arrasto



SIMULAÇÃO



Melhor configuração:

Redução global: 3,29%

Comparado ao veículo sozinho e sem apêndices,
há redução de 31,27% no arrasto global

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



Consumo médio de 1,7 km/L de diesel

Volume do tanque de 490 litros

Custo do Diesel S-10 de R\$5,681 por litro

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



Autonomia do caminhão de 833 km com o tanque cheio

Custo para abastecer completamente o veículo de R\$2.783,69

Custo por km de R\$3,34

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



$$Farrasto = \frac{1}{2} * Ca * \rho * A * v^2$$

Ca = coeficiente de arrasto

ρ = densidade do ar calculada com condições de pressão e temperatura das simulações = 1,196 kg/m³

A = área frontal do caminhão,
onde tem a incidência contrária do vento

V = velocidade do caminhão

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



$$\frac{\Delta FC}{FC} = \frac{\Delta P}{P} = \eta \times \left(\frac{\Delta C_D}{C_D} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{3\Delta U}{U} \right)$$

ΔFC = variação do consumo de combustível

η = coeficiente de ciclo de direção do motorista em estradas de alta velocidade, adotado esse valor como 0,5

ΔC_D = variação do coeficiente de arrasto

ΔS = variação da área frontal do caminhão com a implementação do apêndice

ΔU = variação da velocidade na estrada, adotado de 0, devido simular em velocidade constante.

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



Com a variação de combustível é possível determinar:

Autonomia de cada veículo

Consumo em km/l

• Custo

Economia

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



Truck 1	
FC	24,65%
Nova km	1038,317 km
Novo cons	2,12 km/L
Custo/km	2,68 R\$
Economia	0,66 R\$/km

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



Truck 2	
FC	19,29%
Nova km	993,6708 km
Novo cons	2,03 km/L
Custo/km	2,80 R\$
Economia	0,54 R\$/km

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



Truck 3	
FC	12,11%
Nova km	933,8671 km
Novo cons	1,91 km/L
Custo/km	2,98 R\$
Economia	0,36 R\$/km

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

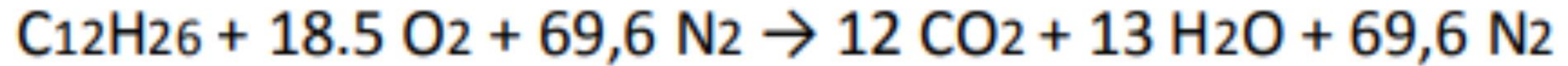


Resultado global das reduções

18,7%



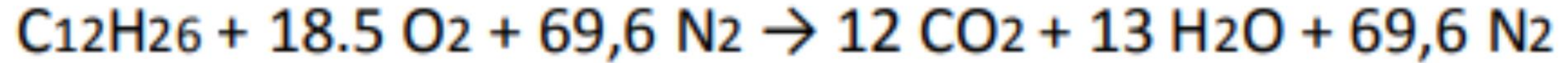
CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



Densidade do Diesel: 0,8350 kg/l

10,3 toneladas de Diesel S-10

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



Valor de CO₂:

123,9 toneladas por ano

Redução de emissão: 18,7%

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



Em 2018, foram emitidos 37 bilhões de toneladas de CO₂, em escala global

Em 2020, foram produzidos 4.361.420 caminhões

O que resultaria uma redução de até 540 milhões de toneladas no mundo

DIMENSIONAMENTO



Material escolhido para os apêndices: ABS

Baixo peso e boa resistência mecânica

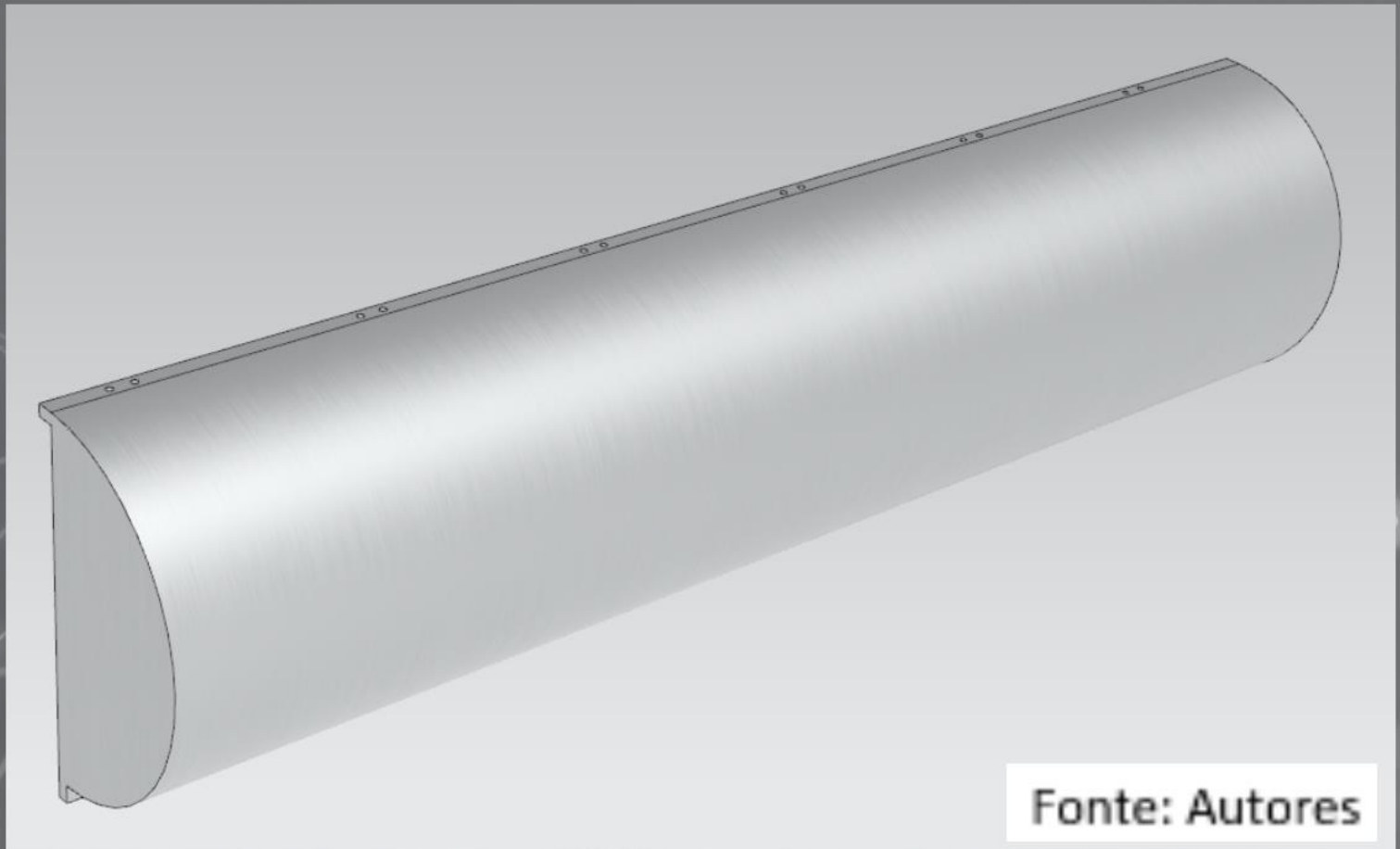
Fixação:

Análise das cargas atuantes

DIMENSIONAMENTO

Apêndice frontal:

Parafusos M8 classe 4.6



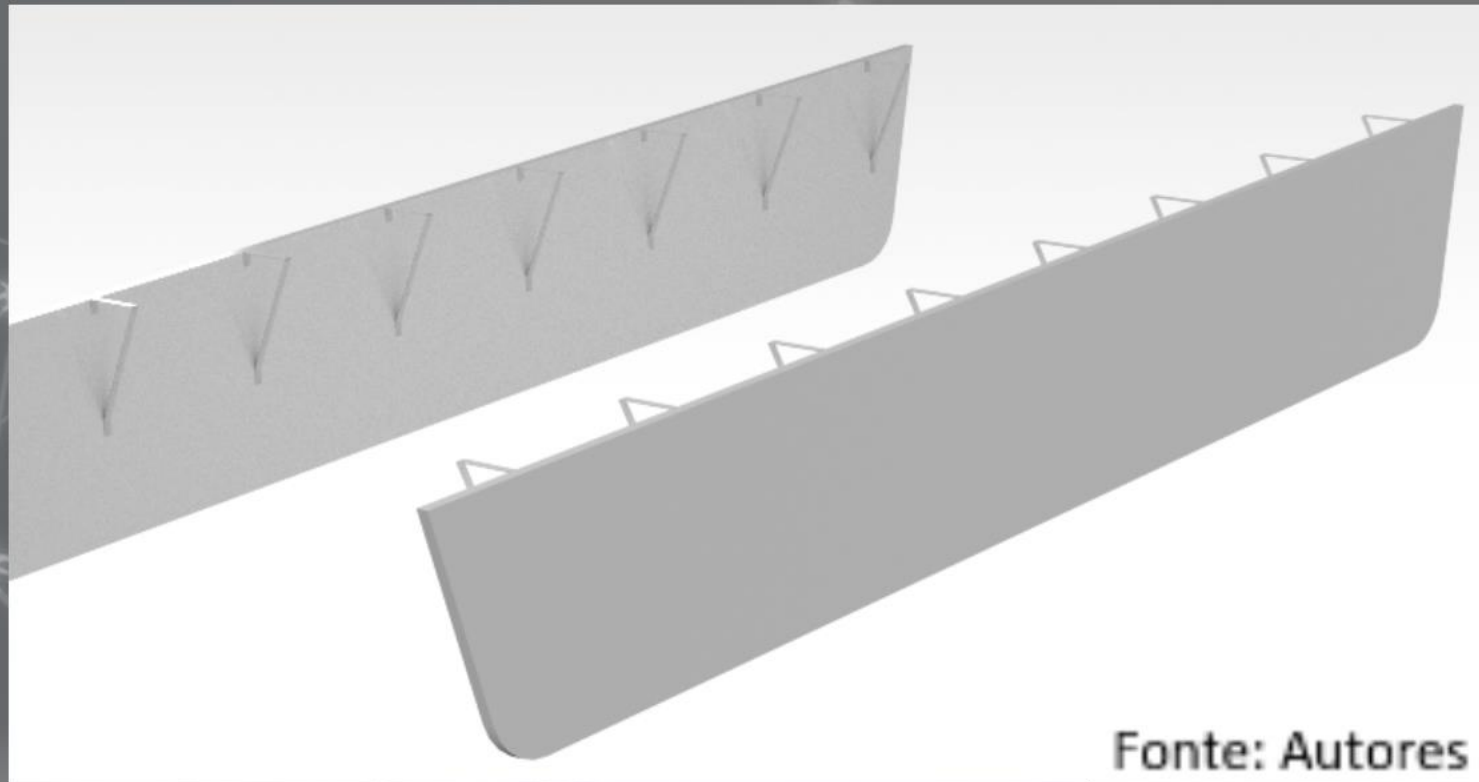
Fonte: Autores

DIMENSIONAMENTO

Saia lateral:

10 suportes de aço carbono

Dois parafusos M8 classe 4.6



Fonte: Autores

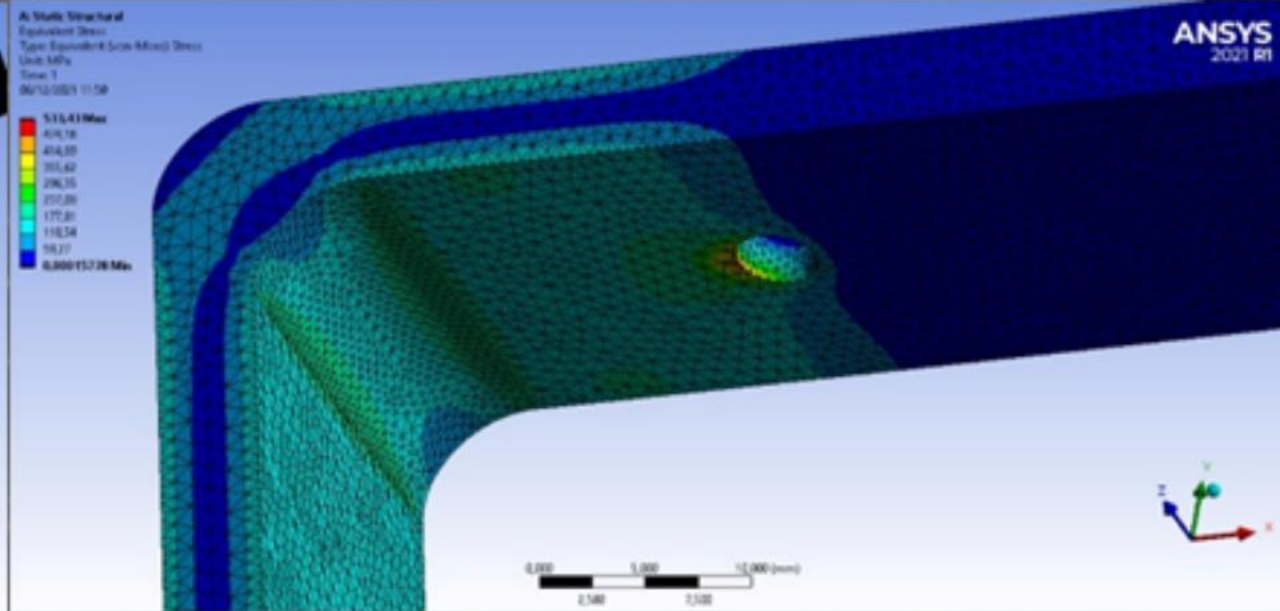
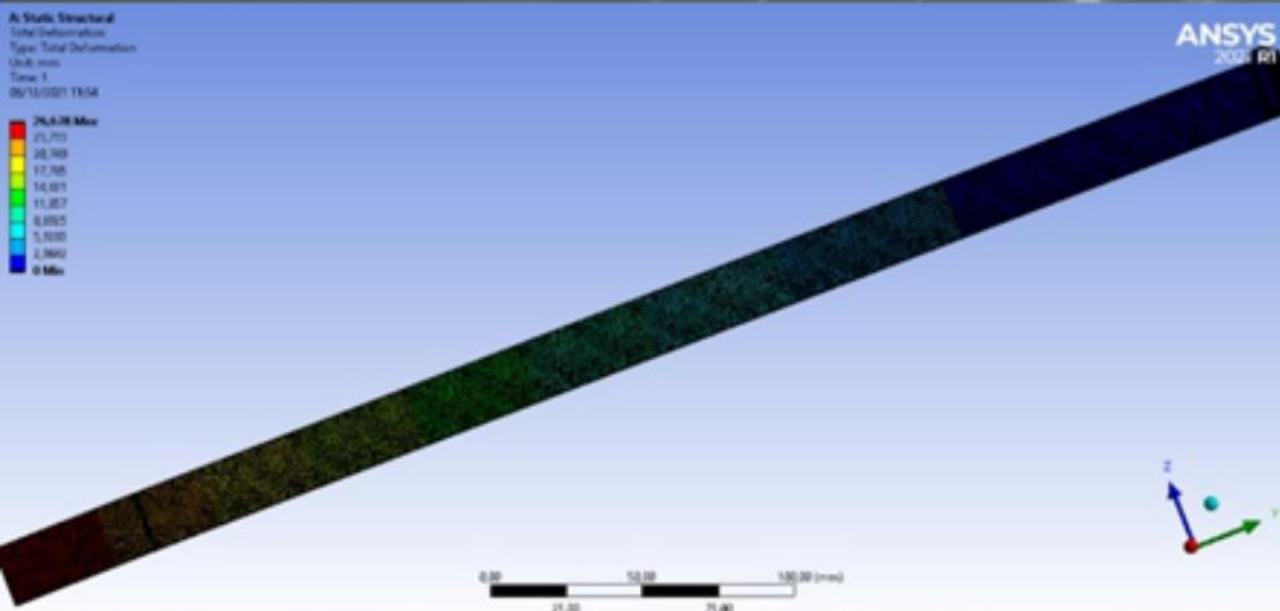
DIMENSIONAMENTO



Saia lateral:

10 suportes de aço carbono

Dois parafusos M8 classe 4.6



DIMENSIONAMENTO



Apêndices traseiros:



Fonte: Autores

DIMENSIONAMENTO

Apêndices traseiros:



DIMENSIONAMENTO



Processo de Fabricação			
Operação	Custo/Hora	tempo (h)	Investimento
Dobragem	R\$ 130,00	1	R\$ 130,00
Laminação	R\$ 90,00	0,5	R\$ 45,00
Moldagem	R\$ 120,00	2	R\$ 240,00
Montagem	R\$ 110,00	3	R\$ 330,00
		Total	R\$ 745,00

Componentes	Quantidade	Custo Unitário	Investimento
Parafuso M8X25	44	R\$ 5,00	R\$ 220,00
Porca Sextavada M8	44	R\$ 1,20	R\$ 52,80
ABS Pellets (kg)	120	R\$ 50,00	R\$ 6.000,00
Chapa de aço astm a36 6000x1/4"	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Arruela Lisa M8	44	R\$ 1,00	R\$ 44,00
Adesivo Epox	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Articulação para porta	18	R\$ 10,00	R\$ 180,00
		Total	R\$ 6.706,80

Projeto e Desenvolvimento			
Item	Tempo (meses)	Custo (mês)	Investimento
Engenheiro Mecânico	3	R\$ 8.696,00	R\$ 26.088,00
Especialista em CFD	3	R\$ 3.805,00	R\$ 11.415,00
		Total	R\$ 37.503,00

DIMENSIONAMENTO



Custo total:

R\$ 59.858,4

Economia anual:

R\$ 70.294,00

Retorno do investimento em 11 meses de operação

AGRADECIMENTOS



Orientador: Fabrizio Leonardi

Prof. Marcelo Otávio dos Santos

Prof. Marko Ackermann

Prof. Sergio Delijaicov