

## SoftMed

Maca com sistema atenuador  
de vibrações

# Objetivo

## Maca

- ✓ **Atenuar as vibrações que impactam prejudicialmente o corpo humano em ambulâncias do SAMU.**
- ✓ **Através de um sistema de suspensão na estrutura da maca.**
- ✓ **A fim de atenuar a massa da maca e do paciente.**



# História

Linha do tempo

1861 - 1865



1900



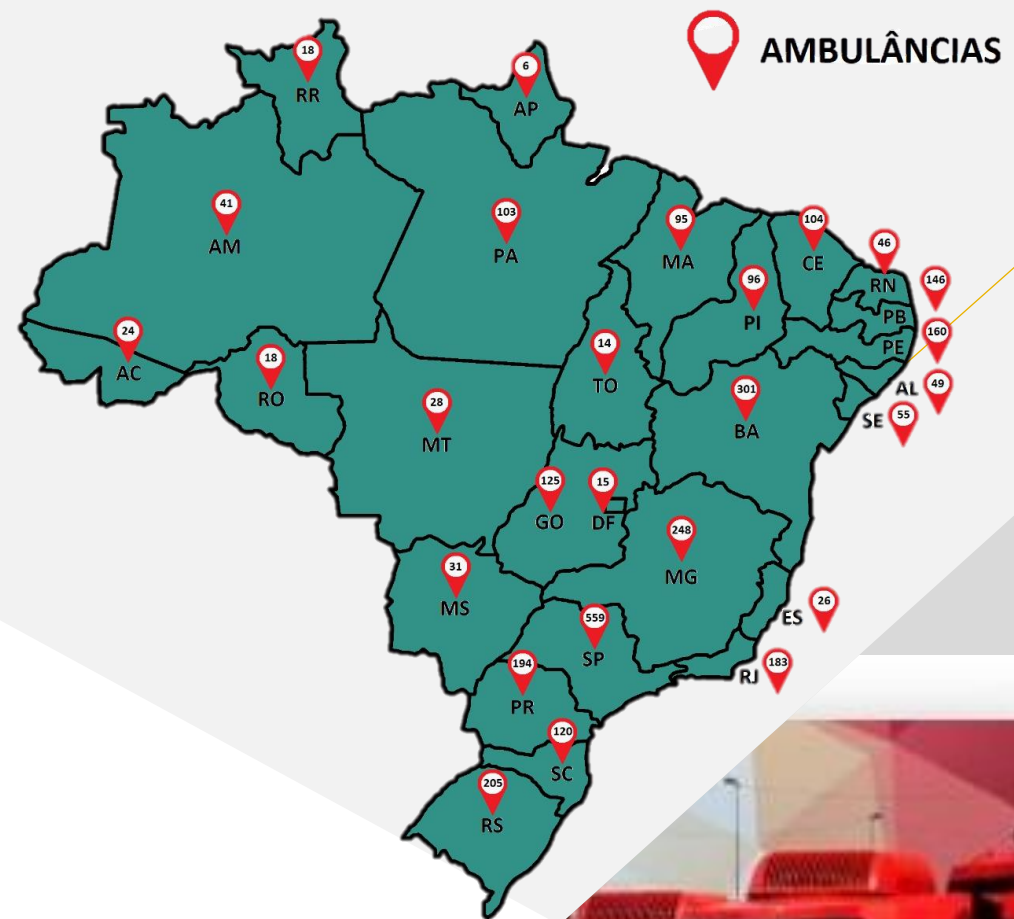
2021



# Contextualização

## SAMU

- ✓ Sua frota é composta por motolâncias, aeromédicos, ambulanchas e ambulâncias.
- ✓ Cobre cerca de 85% da população brasileira e funciona 24h.
- ✓ Com objetivo de socorrer rapidamente pacientes para serviços de urgência ou emergência.



# Motivação

## Frequências de vibrações

- ✓ São mais pesadas e desconfortáveis comparadas a veículos de passeio.
- ✓ Terrenos acidentados e até esburacados.
- ✓ A vibração induzida pela superfície tem um grande efeito na função vital do corpo humano.



Fonte: SBN Notícias, 2021



Fonte: MS Hoje, 2016



Fonte: Minuto Barra, 2021

# Problemática

ISO 2631-1: 1997 Frequências de vibrações

*Na aceleração constante de  $1 \text{ m.s}^{-2}$ :*

✓ De 0,3 a 0,5 Hz:

Aparecimento de Náuseas.

✓ De 3 a 4 Hz:

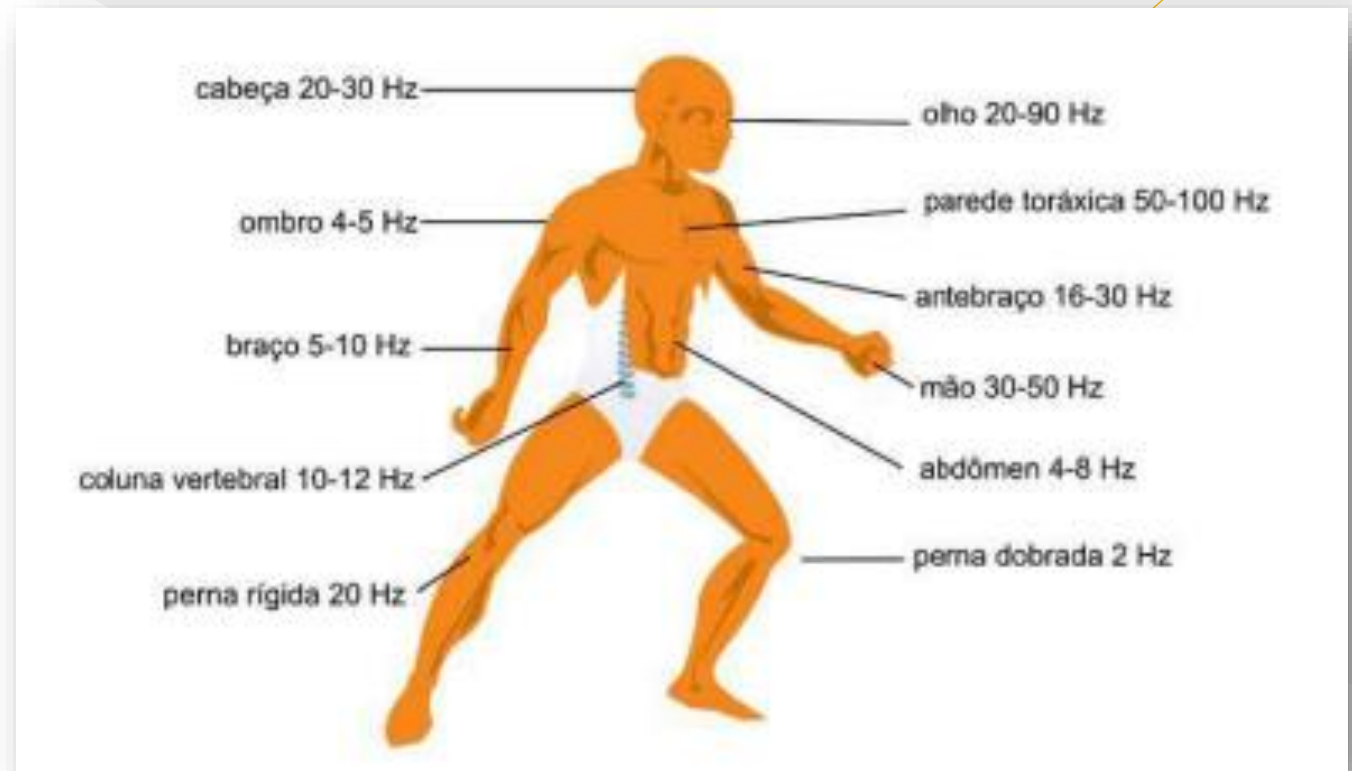
Afeta a respiração.

✓ De 9 a 10 Hz:

Dificuldades com a visão.

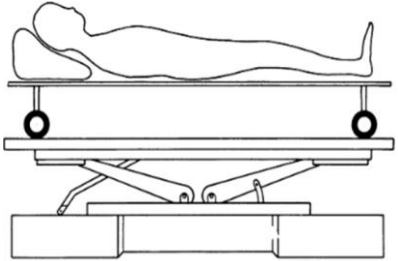
✓ De 13 a 20 Hz:

Dores de cabeça e problemas de locução.



# Benchmarking

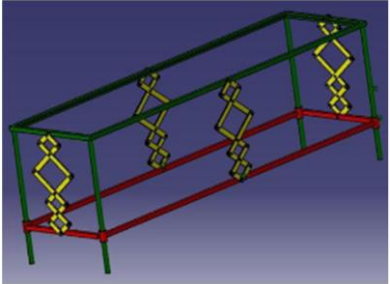
## Maca Flutuante



Fonte: British Medical Journal, 1976, 2, 405 – 407, 1976

- ✓ Desenvolvido para reduzir frequências conhecidas por causar enjoo e ressonância no corpo, mantendo o paciente na horizontal.

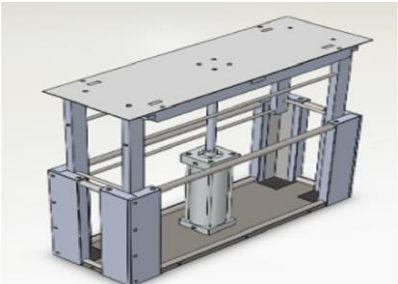
## Estrutura em X



Fonte: International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 14, Number 14, 2019

- ✓ Focada na atuação de apenas um grau de liberdade e tem design simples inspirado em relações trigonométricas.

## Sistema Pneumático



Fonte: Santa Clara University, EUA, 2018

- ✓ Sistema pneumático, fixo, sob a maca e altura total do sistema deve ser pelo menos igual à altura do cilindro pneumático no fim de curso.

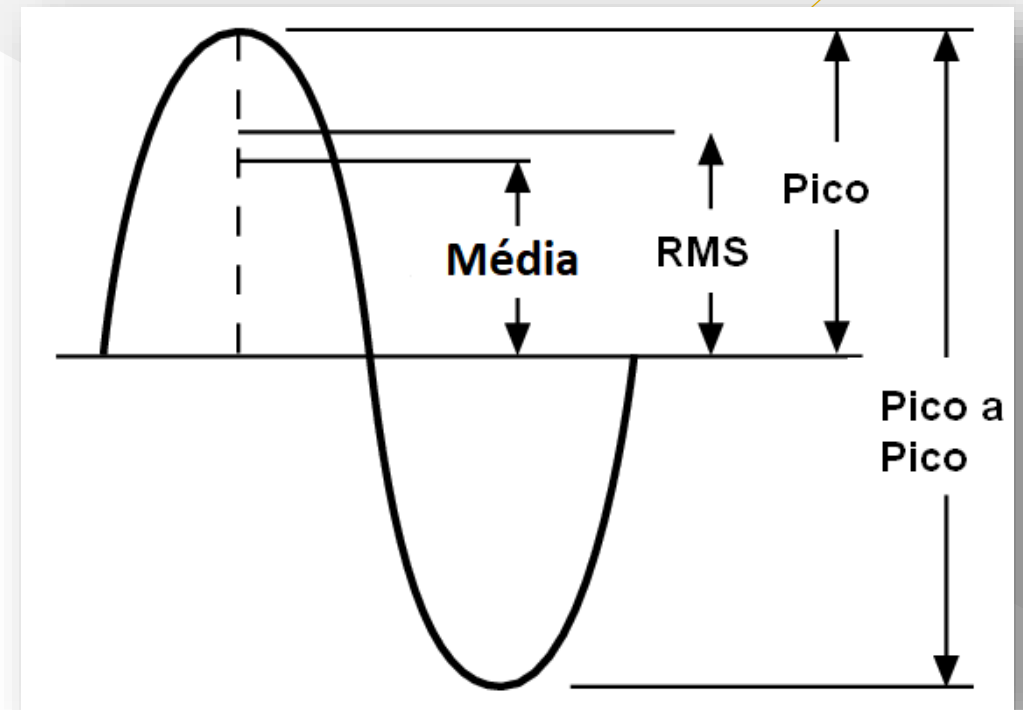
# Conforto Humano

## RMS

**RMS (Raiz Média Quadrática):** é definida como a raiz quadrada da média aritmética dos elementos ao quadrado.

Para conforto humano, considera-se a aceleração RMS, relaciona a energia contida, revelando o potencial de dano da vibração.

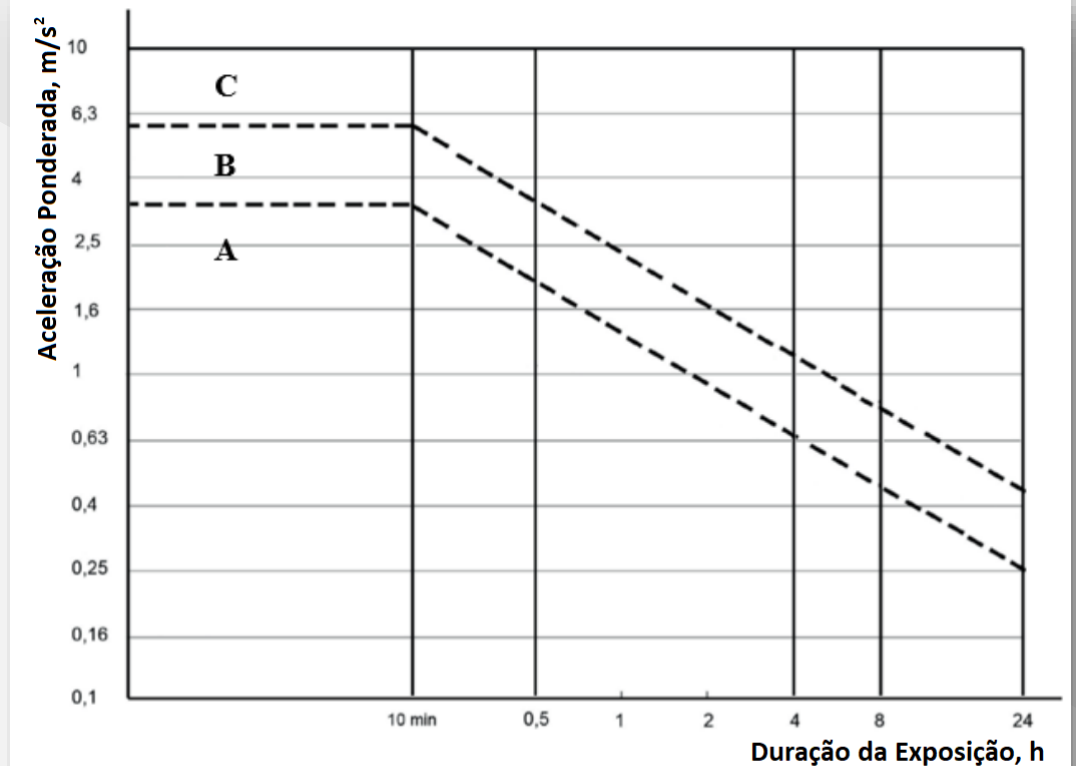
$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) \cdot dt}$$



# Conforto Humano

ISO 2631-1 (1997)

- ✓ A área A, é a região mais segura, ou seja, os níveis de vibração em que a pessoa é exposta não afeta a sua saúde.
- ✓ A área B, é uma região de mais cautela, os níveis de vibração nessa área já causam um certo desconforto e um risco a saúde.
- ✓ A área C, é a região de maior risco, pois os níveis de vibração em que a pessoa é exposta trazem riscos efetivos para a saúde.



Fonte: Autores "adaptado da" Norma ISO 2631-1 (1997,p.33)

# Esforços Atuantes

## Corpo Humano

Na Análise dos Fatores Antropométricos em Biomecânica, realizado pelo Prof. Dr. André Luiz Felix Rodacki, ele nos mostra:

- ✓ Figura 1 - Centros de massa relativos ao comprimento dos segmentos corporais.
- ✓ Figura 2 - Comprimentos dos segmentos corporais expressos como fração da estatura.
- ✓ Tabela 1 - Massa relativa dos segmentos corporais.

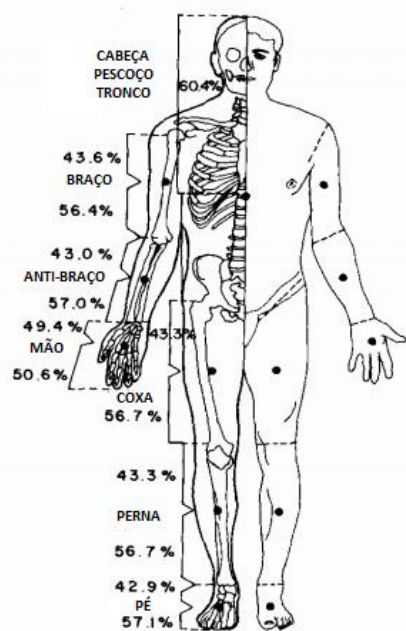


Figura 1

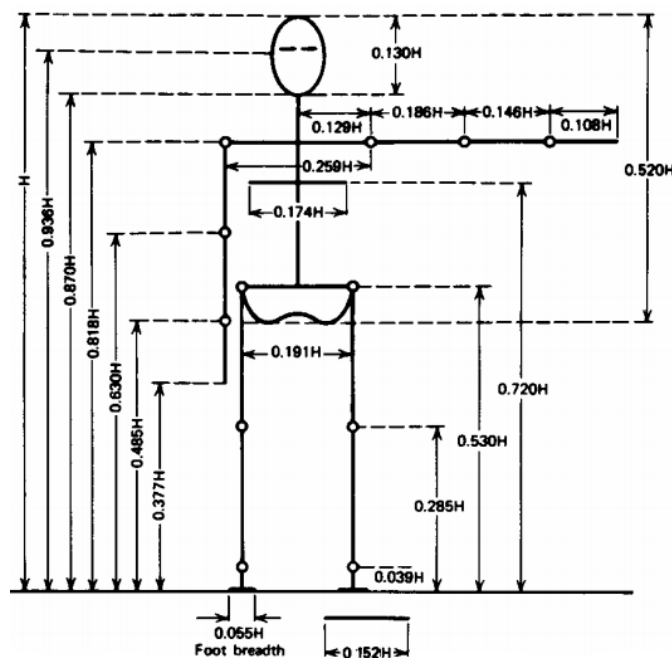


Figura 2

Tabela 1

Segmento corporal	Massa relativa				
	Fischer (1906)	Clouser (1969)	Vários	Jensen* (1969)	Jensen** (1986)
Mão		0.0070	0.0060 <sup>1</sup>	0.0900	0.0800
Antebraço		0.0160	0.0160 <sup>1</sup>	0.0170	0.0170
Braço	0.0280	0.0260	0.0280 <sup>1</sup>	0.0320	0.0350
Antebraço e mão	0.0260	0.0230	0.0220 <sup>1</sup>		
Membro superior	0.0540	0.0490	0.0500 <sup>1</sup>		
Pé	0.0210	0.0150	0.0145 <sup>1</sup>	0.0210	0.0210
Perna	0.0450	0.0440	0.0465 <sup>1</sup>	0.0530	0.0560
Coxa	0.1100	0.1050	0.1000 <sup>1</sup>	0.1100	0.1210
Pé e perna	0.0660	0.0580	0.0610 <sup>1</sup>		
Membro inferior	0.1760	0.1610	0.1610 <sup>1</sup>		
Cabeça e percoço			0.0810 <sup>1</sup>		
Tórax			0.2160 <sup>2</sup>		
Abdomem			0.1390 <sup>3</sup>		
Pelve			0.1420 <sup>3</sup>		
Tórax e abdomem			0.3550 <sup>3</sup>		
Abdomem e pelve			0.2810 <sup>2</sup>		
Tronco	0.4520	0.5070	0.4970 <sup>1</sup>	0.4170	0.4160
Tronco, cabeça e pescoço			0.5780 <sup>1</sup>		
Cabeça, braços e tronco			0.6780 <sup>1</sup>		

<sup>1</sup> Dempster via Miller & Nelson; <sup>2</sup> Dempster via Plagenhoef; <sup>3</sup> Dempster via Plagenhoef from living subjects; \* Crianças de 12 anos \*\* Crianças de 15 anos.

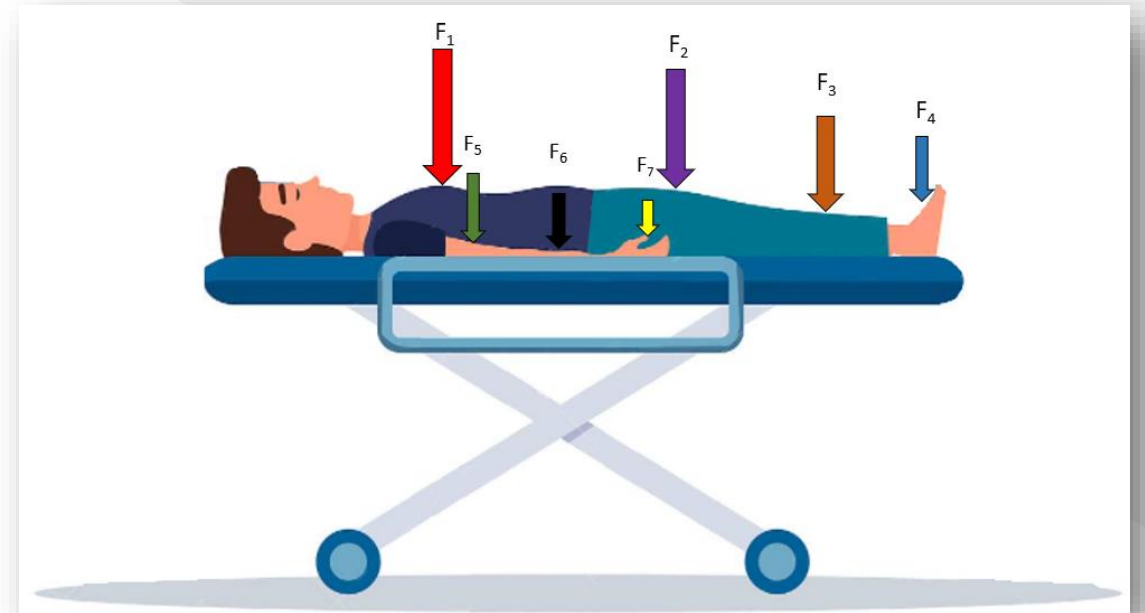
# Esforços Atuantes

## Corpo Humano

Para os cálculos das forças adotou-se os seguintes dados:

- ✓ Massa Equivalente (Pessoa + Maca) – 140kg
- ✓ Gravidade –  $9,8 \text{ m/s}^2$
- ✓ Para cálculo das forças ( $F_2$  até  $F_7$ ), considerou-se 02 coxas, 02 pernas, 02 pés, 02 braços, 02 antebraços e 02 mãos.

Cálculo das Forças			
#	Massa relativa (%)	Força (N)	
Cabeça, pescoço e tronco	0,5780	$F_1=$	793,02
Coxas	0,1	$F_2=$	274,40
Pernas	0,0465	$F_3=$	127,60
Pés	0,0145	$F_4=$	39,79
Braços	0,028	$F_5=$	76,832
Antebraços	0,016	$F_6=$	43,904
Mãos	0,006	$F_7=$	16,464



# Matriz de Decisão

Método de Amortecimento

Critérios	Passivo	Semi-ativo	Ativo	Média dos pesos
Viabilidade de espaço	7,000	5,000	4,000	0,226
Custo	8,000	5,000	2,000	0,209
Manutenção	8,000	4,000	3,000	0,250
Estabilidade	5,000	8,000	10,000	0,314
<b>TOTAL</b>	<b>6,832</b>	<b>5,691</b>	<b>5,214</b>	<b>1,000</b>

# Soluções

Bucha



Fonte: Newtec borrachas, 2021

Magneto-Reológico



Fonte: [www.prp.unicamp.br/pibic/congressos/xixcongresso/paineis/094730.pdf](http://www.prp.unicamp.br/pibic/congressos/xixcongresso/paineis/094730.pdf)

Mola + Amortecedor



Fonte: [www.natrilhacertabikes.commercesuite.com.br](http://www.natrilhacertabikes.commercesuite.com.br)

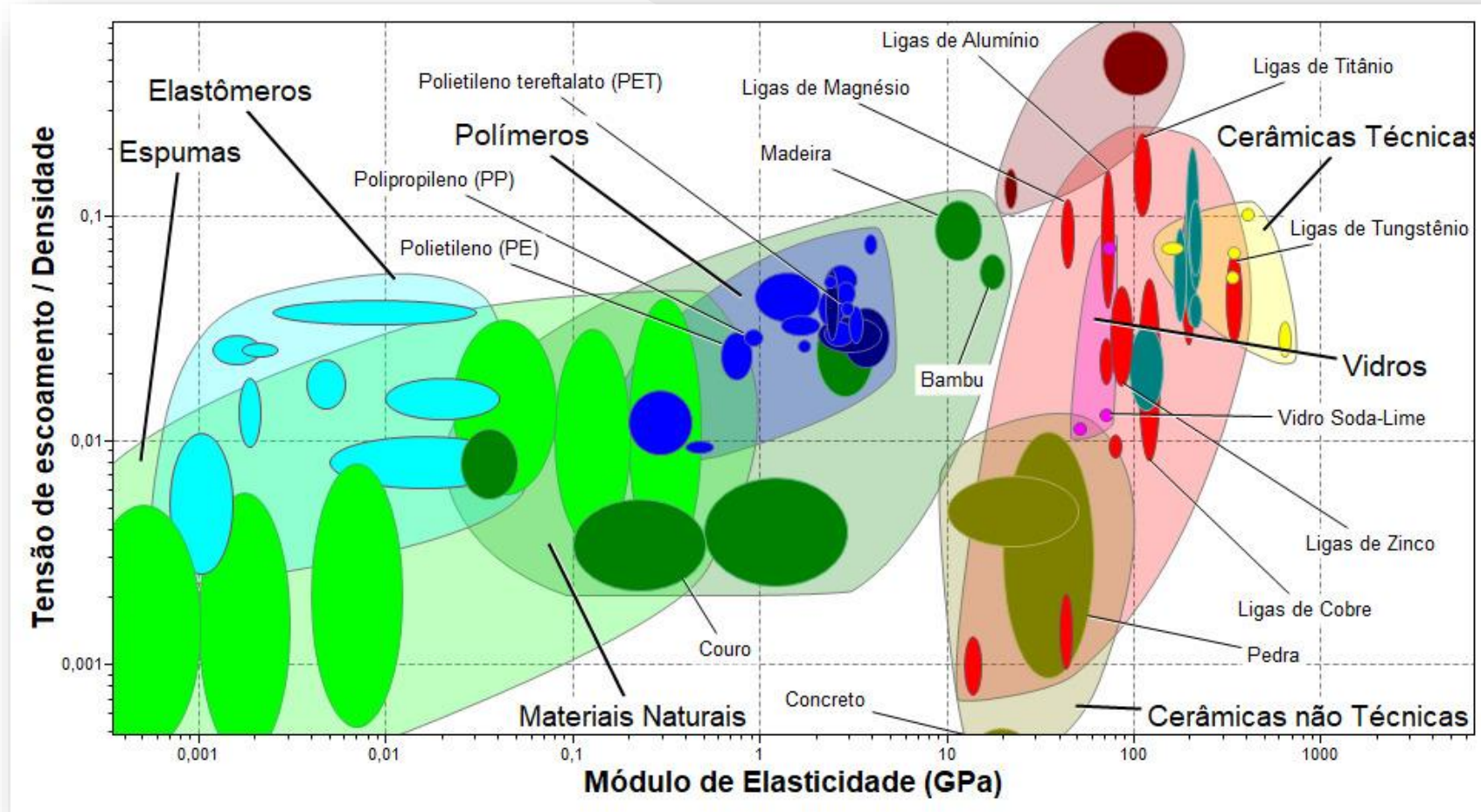
# Matriz de Decisão

Método de Amortecimento

Critérios	Bucha	Magneto-Reológico	Amortecedor + Mola	Média dos pesos
Viabilidade de espaço	7,000	4,500	5,000	0,159
Custo	5,500	3,000	7,000	0,241
Manutenção	6,000	4,000	7,000	0,129
Alívio de massa	7,000	3,000	6,000	0,180
Estabilidade	4,500	9,000	6,000	0,292
<b>TOTAL</b>	5,781	5,118	6,211	1,000

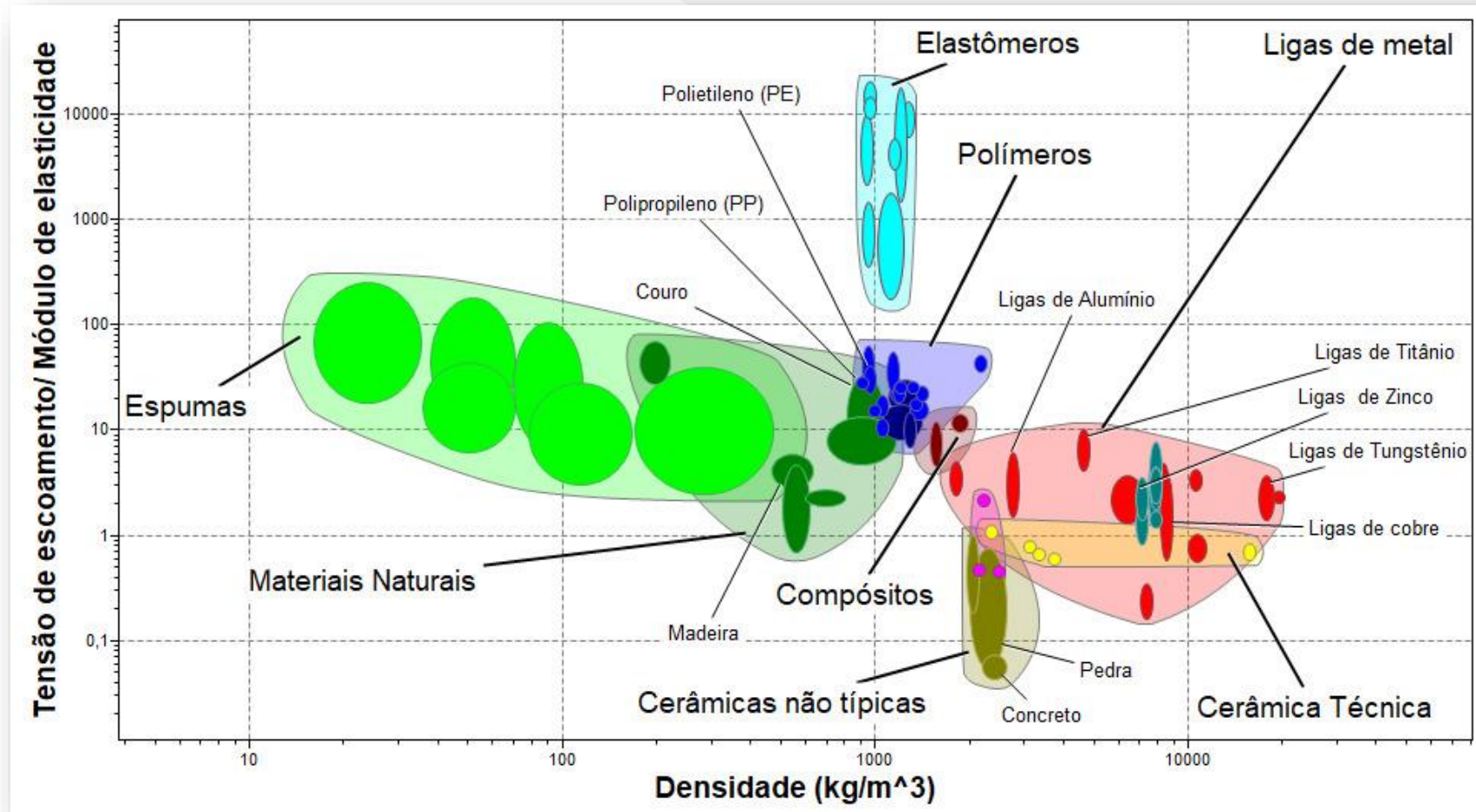
# CES Edupack

$$\text{Análise } \frac{\sigma}{\rho} \times E$$



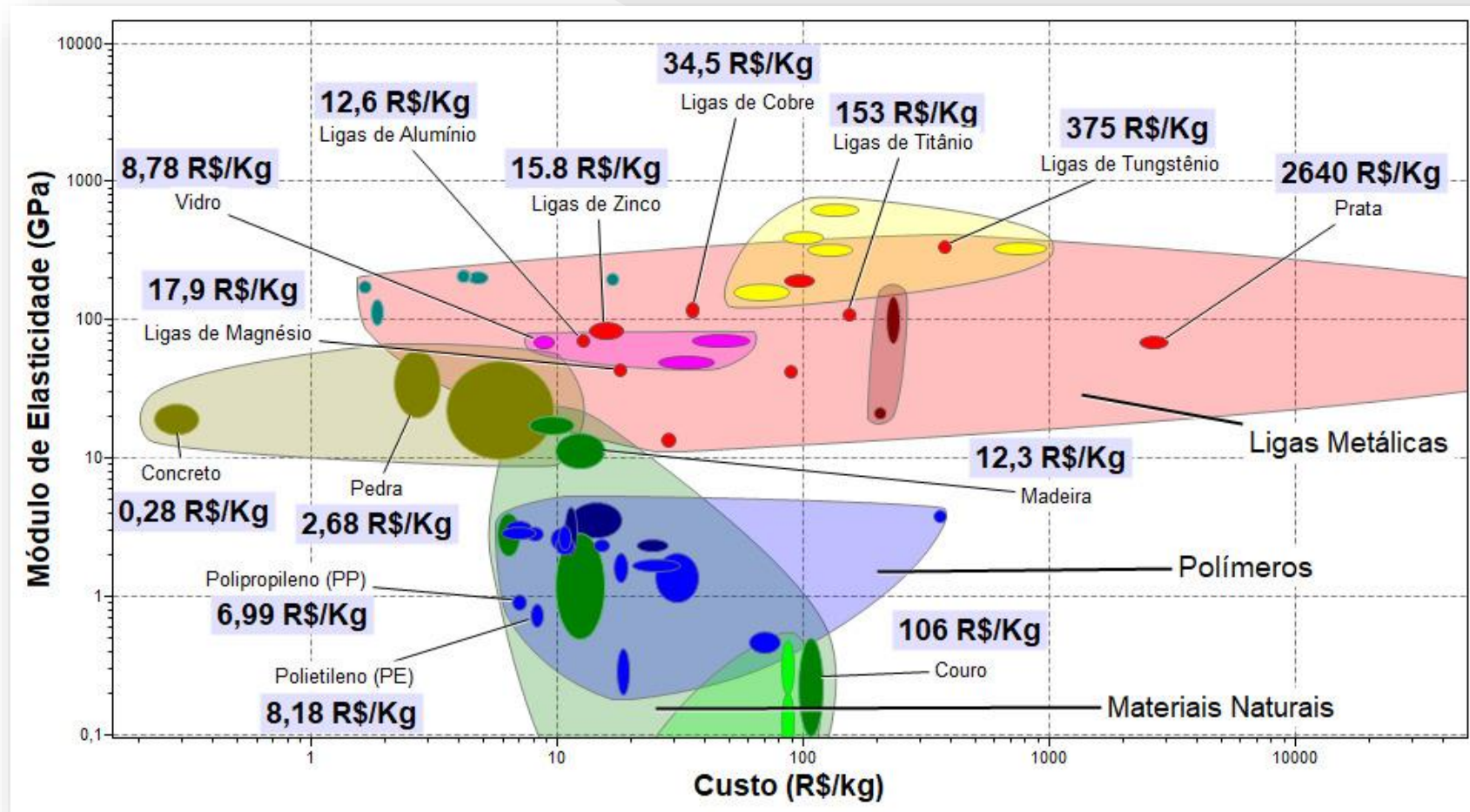
# CES Edupack

Análise  $\frac{\sigma}{E} \times \rho$



# CES Edupack

## Análise E x Custo



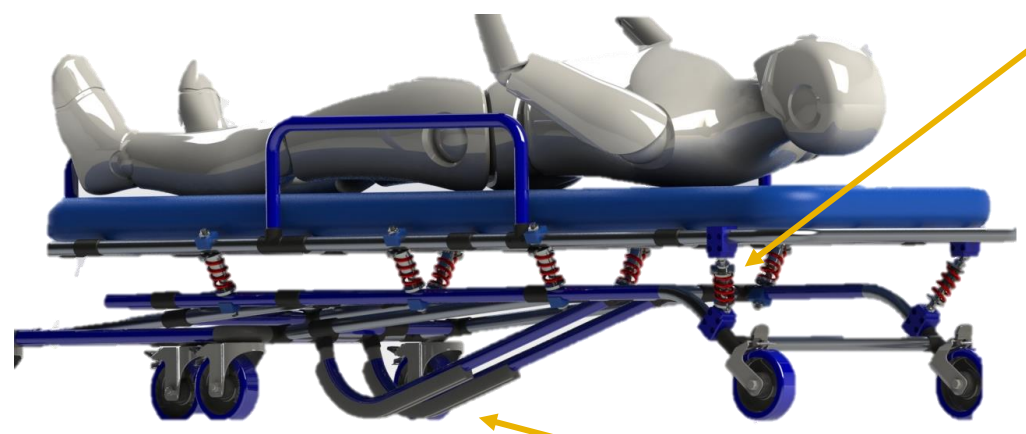
# Matriz de Decisão

Materiais

Critérios	Alumínio	Polipropileno (PP)	Polietileno (PE)	Média dos pesos
Resistência	6,500	5,000	5,000	0,128
Custo	5,000	6,000	7,500	0,381
Rigidez	8,000	4,000	3,000	0,269
Densidade	4,000	6,000	6,000	0,222
<b>TOTAL</b>	<b>5,777</b>	<b>5,334</b>	<b>5,638</b>	<b>1,000</b>

# Projeto

Solução proposta



Atenuador



Borracha NBR



# Referência

NBR 14561:2000 - Veículos para atendimento a emergências médicas e resgate

- ✓ Valores padronizados para Pranchas e macas

**Tabela 2 - Pranchas e macas**

**Dimensões em centímetros**

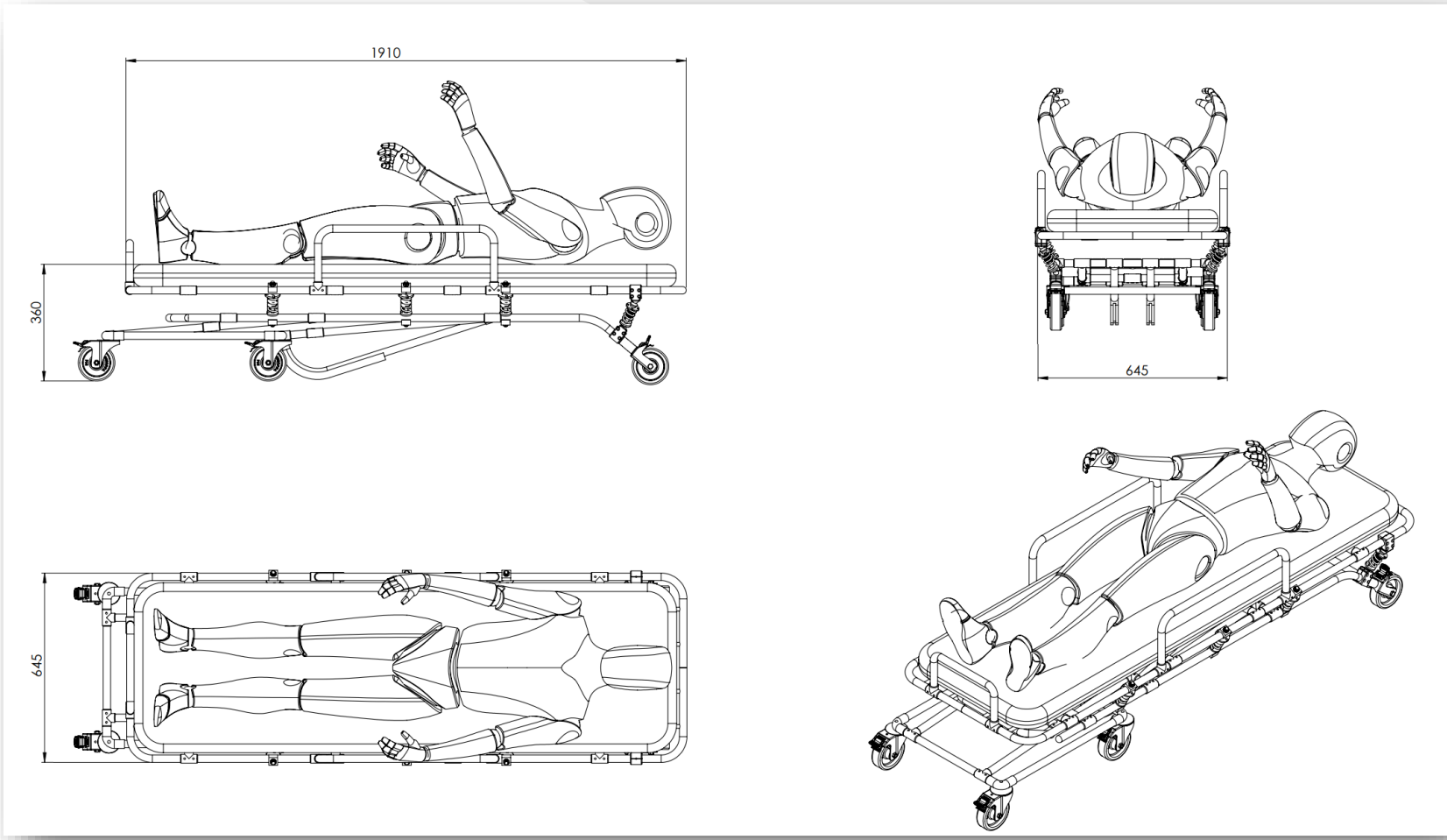
Pranchas e macas	Comprimento mínimo	Largura mínima	Altura máxima recolhida
Modelo 1 - Maca com rodas (recolhível e pantográfica)	191	56	38 <sup>1)</sup>
<del>Modelo 2 - Maca com rodas (recolhível e escamoteável com rodízio frontal adicional)</del>	<del>203</del>	<del>56</del>	<del>25</del>
Modelo 3 - Maca dobrável ou combinada maca/cadeira	189	48	21
Modelo 4 - Maca modelo Marinha (apoiada sobre o piso)	215	60	19
Modelo 5 - Maca modelo Exército e OTAN <sup>2)</sup>	90	23	17

<sup>1)</sup> Medida até o topo do colchão com espessura de 76 mm.

<sup>2)</sup> As dimensões das macas padrão Exército e OTAN estão de acordo com a padronização STANAG nº 2040 da Organização do Tratado do Atlântico Norte

# Desenho Técnico

## Cotas Principais

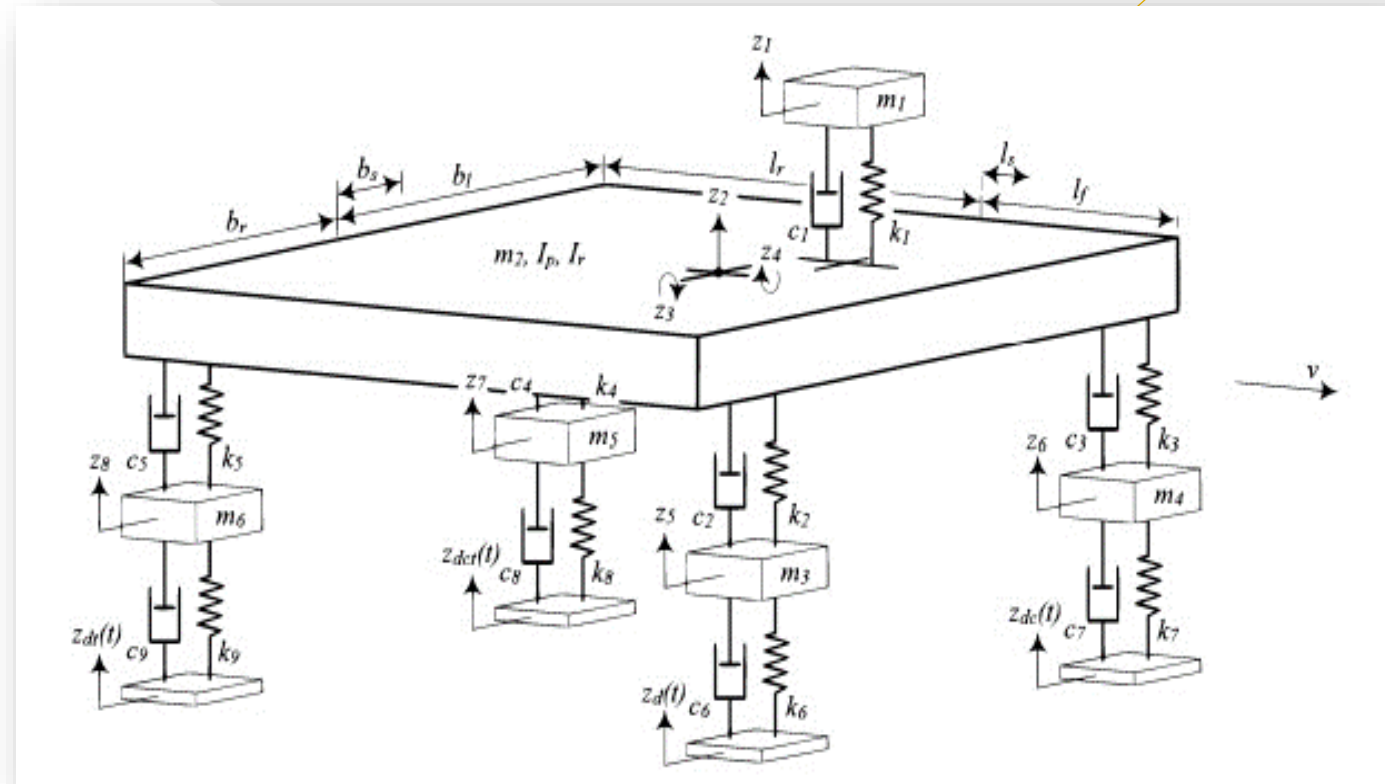


# Modelo do projeto

Múltiplos grau de liberdade

Modelo matemático contendo:

- ✓ Rigidez e constante de amortecimento do pneu;
- ✓ Rigidez e constante de amortecimento da suspensão;
- ✓ Rigidez e constante de amortecimento da maca.

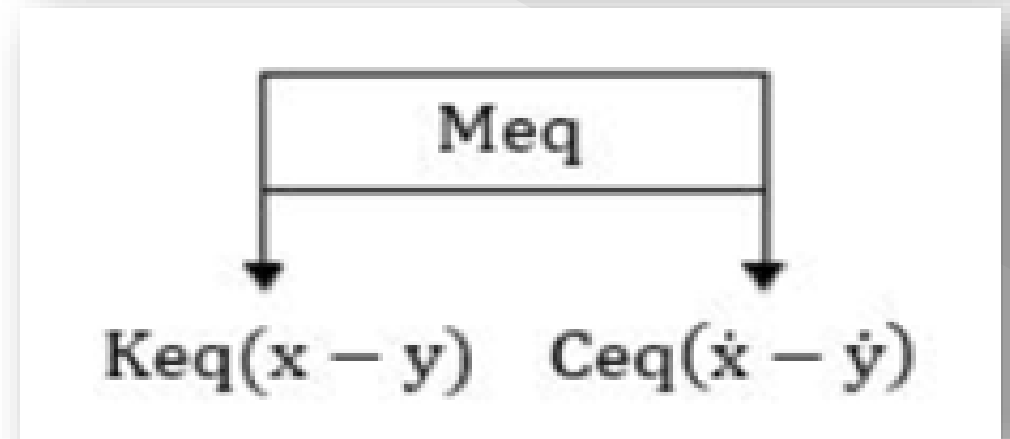
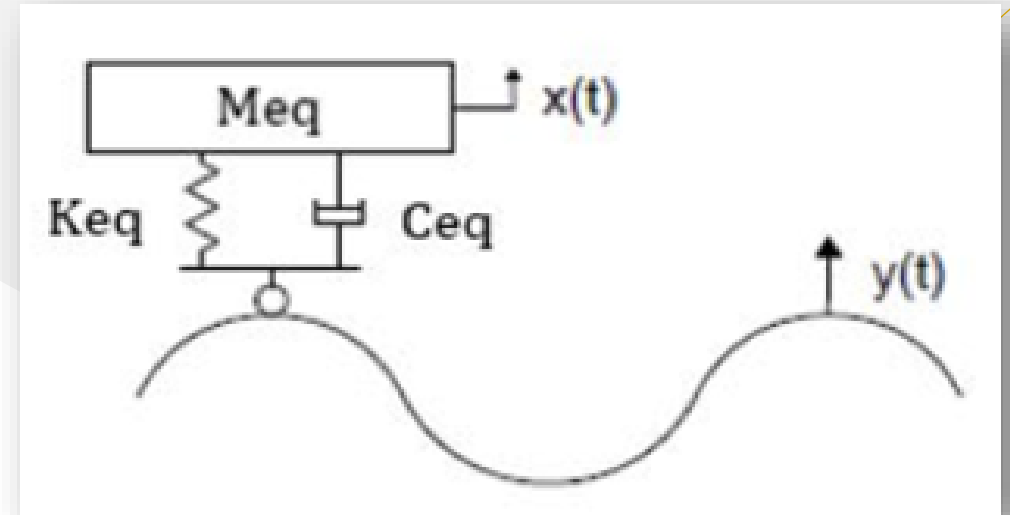


# Simplificação 1GL

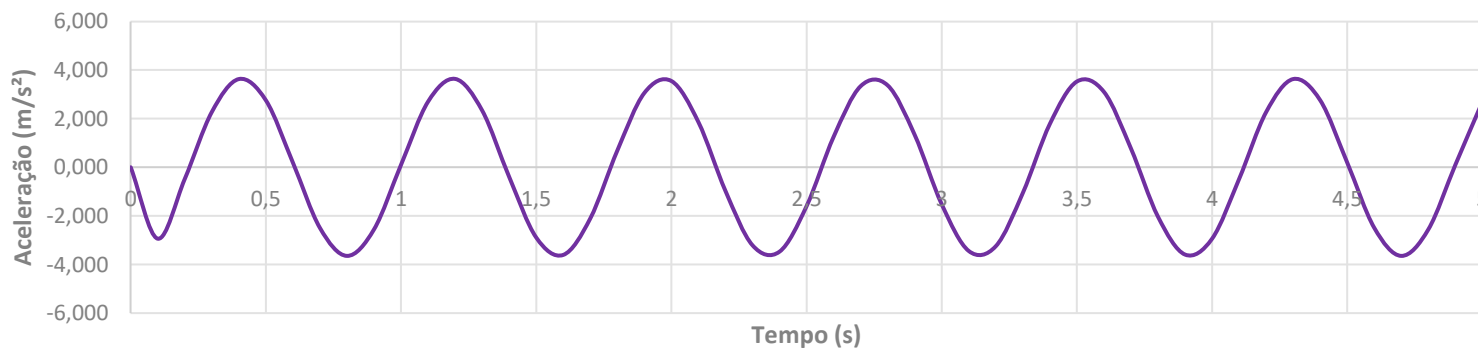
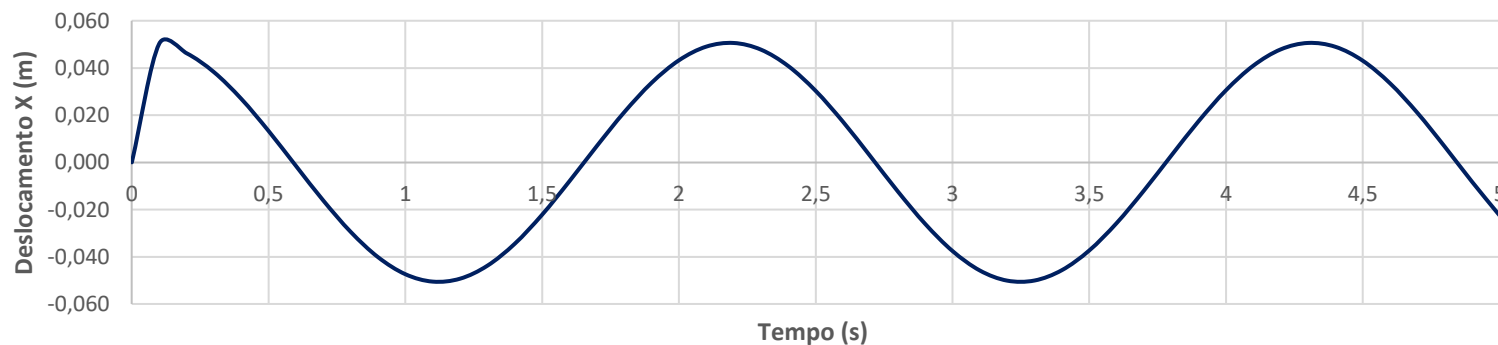
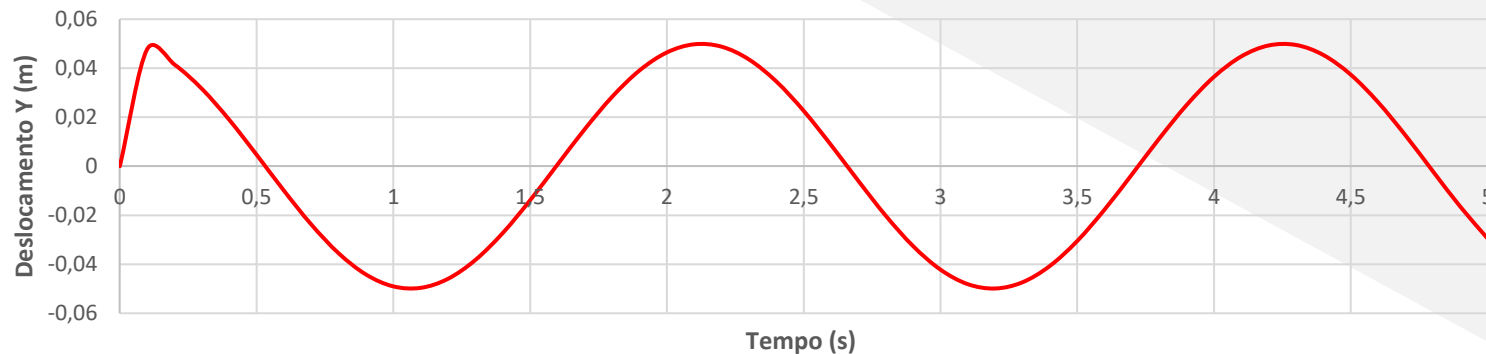
DCL

Modelo simplificado:

- ✓ Considerado um modelo de 1 GL e que o assoalho da ambulância excite a maca como se fosse a via;
- ✓ Assumindo-se que o movimento da base seja harmônico;
- ✓  $y(t) = Y_0 \cos(\omega t)$



# Simplificação 1GL



## Chassis twists road (“Costela de vaca”)

Amplitude (m)	0,050
Velocidade (km/h)	5,500
Velocidade (m/s)	1,528
Frequência Angular (rad/s)	2,954
Período (s)	2,127
RMS (m/s <sup>2</sup> )	2,534
Reações devido a vibração - ISO 2631-1	Extremamente desconfortável

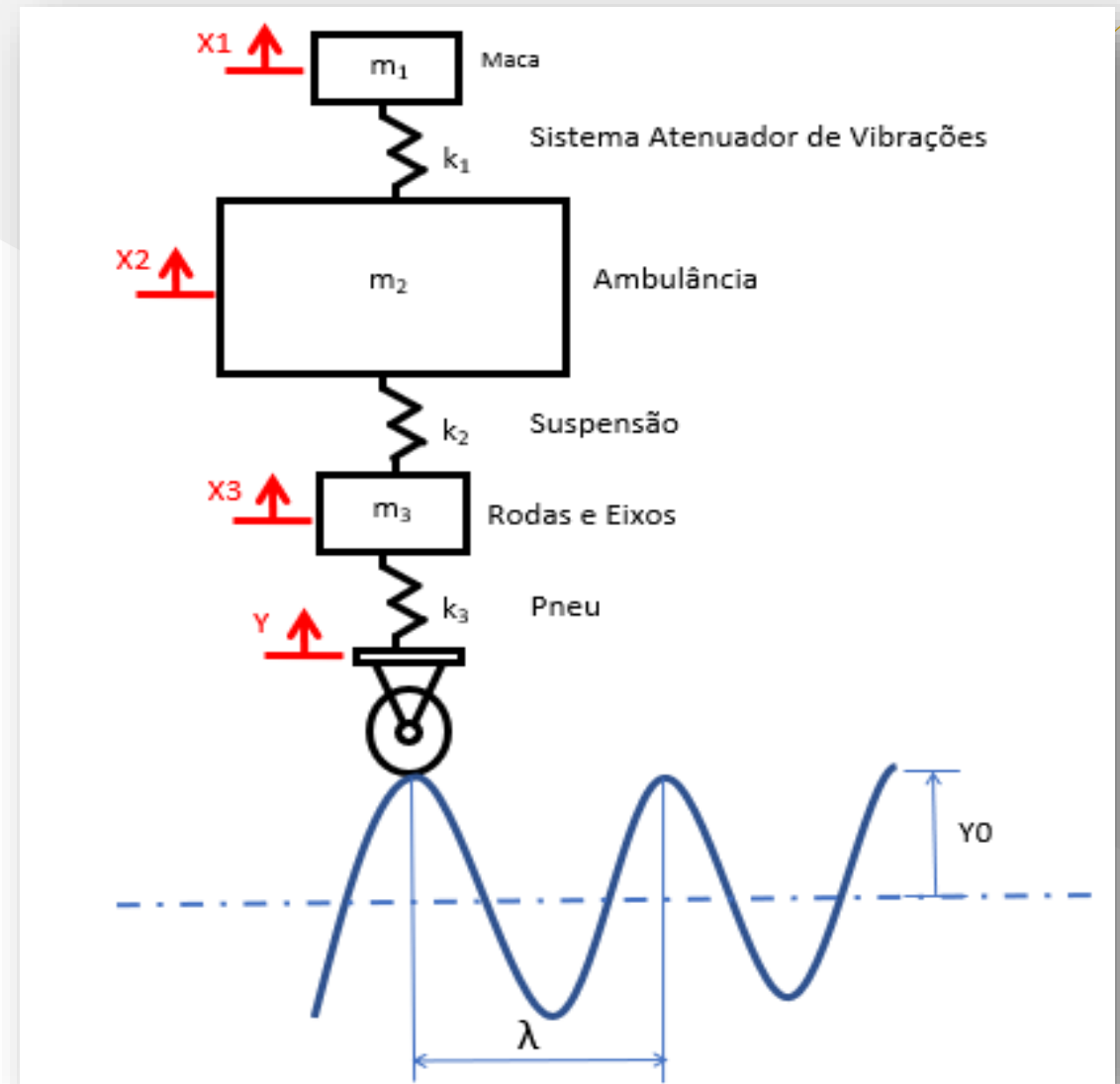
# Simplificação 3GL

Modelo não amortecido

Modelo simplificado:

- ✓ Rigidez do pneu;
- ✓ Rigidez da suspensão;
- ✓ Rigidez da maca.

Descartou-se o amortecimento para calculá-lo no Matlab em breve.



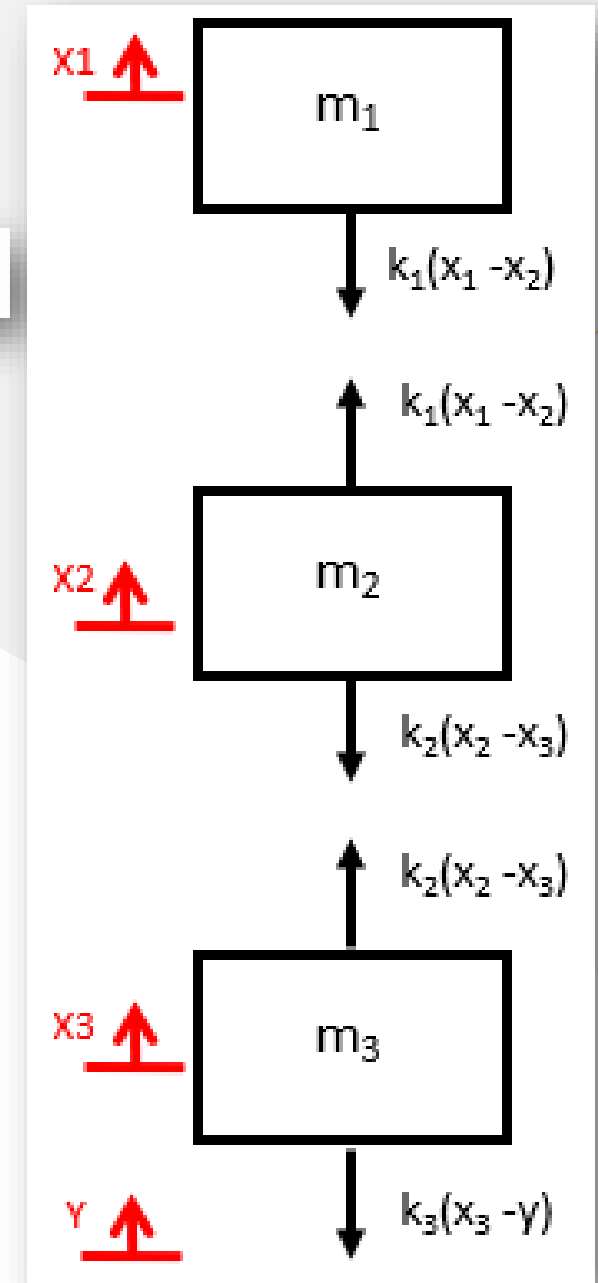
# Simplificação

DCL Modelo não amortecido

$$X1 > X2 > X3 > Y$$

Modelo simplificado:

- ✓  $m_1$  = massa da maca
- ✓  $K_1$  = rigidez da maca
  
- ✓  $m_2$  = massa do veículo
- ✓  $K_2$  = rigidez da suspensão
  
- ✓  $m_3$  = massa das rodas e eixos.
- ✓  $K_3$  = rigidez do pneu



# Dados de entrada das simulações

Condição crítica

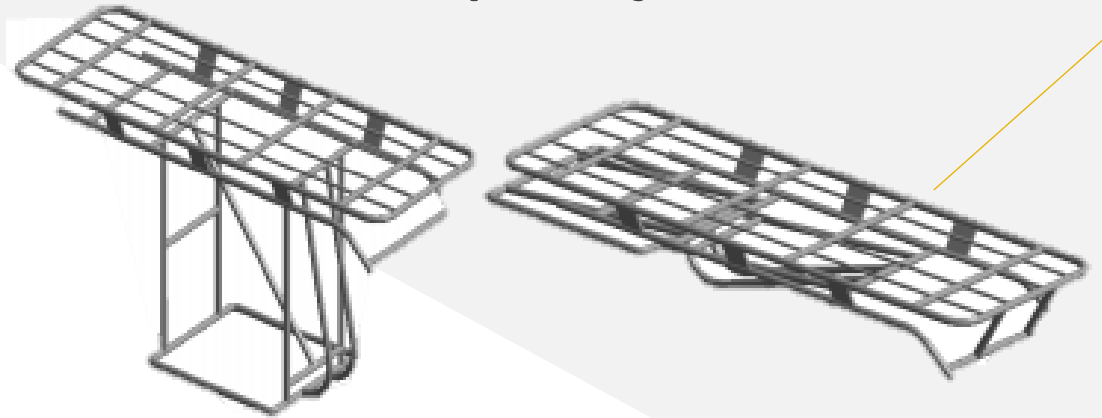
LOMBADA		
<b>V</b>	15	Km/h
<b>Y<sub>0</sub></b>	0,08	m
<b>a<sub>MÁX</sub></b>	24,36	m/s <sup>2</sup>
<b>Força</b>	1372	N

# Simulação

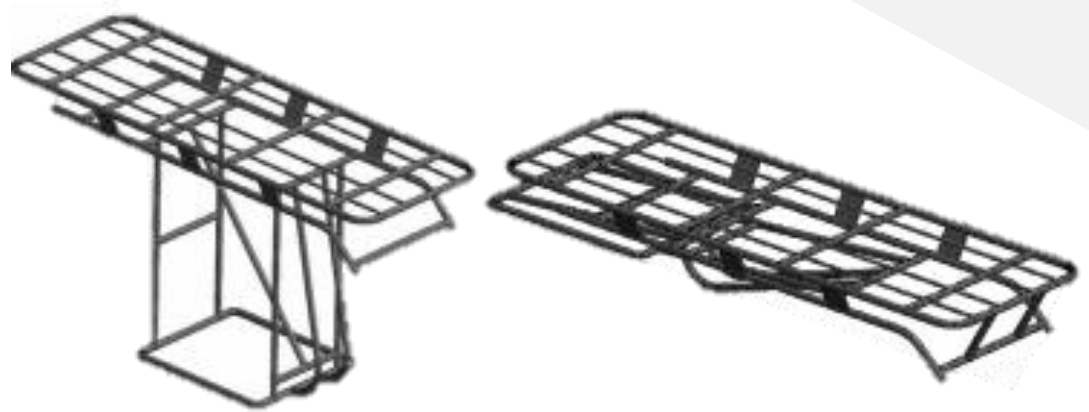
Simulação estática da maca **sem** atenuador



✓ Simplificação

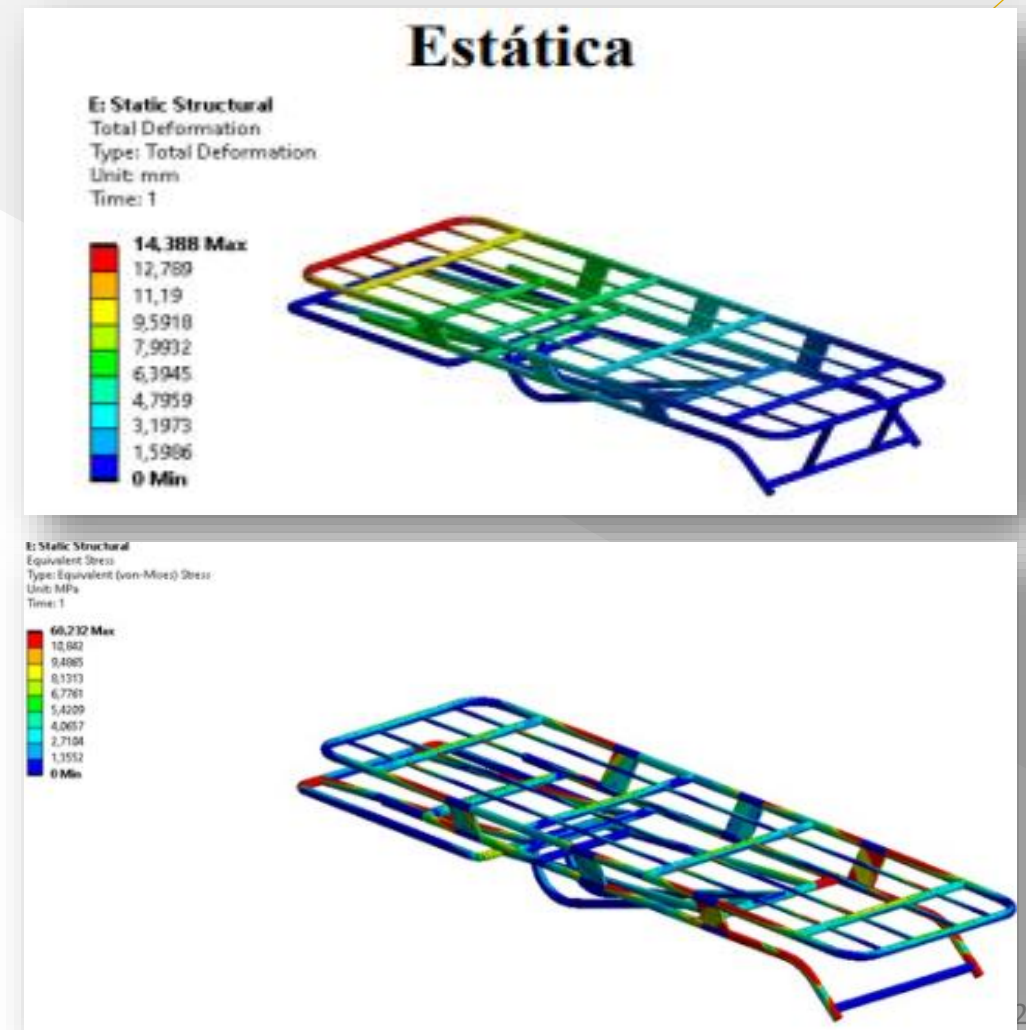
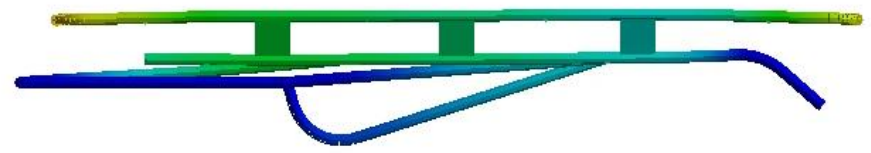
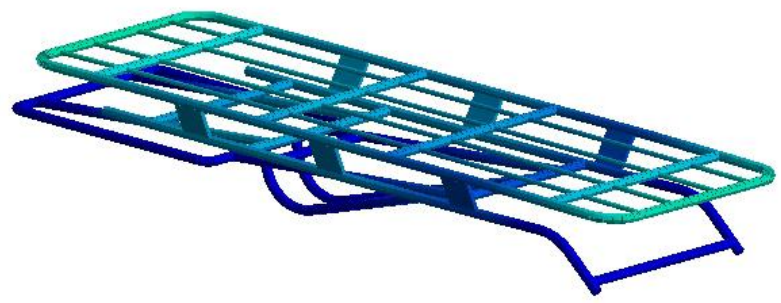


✓ Discretização



# Simulação

Resultados simulação estática da maca sem atenuador

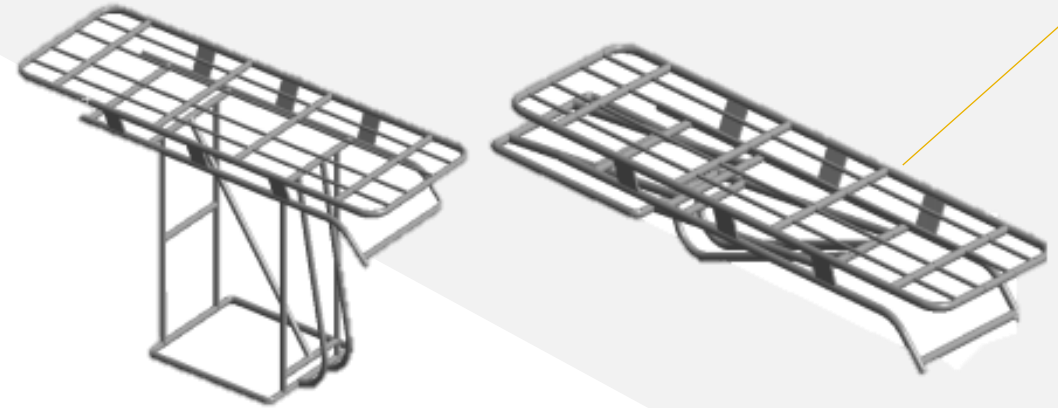


# Simulação

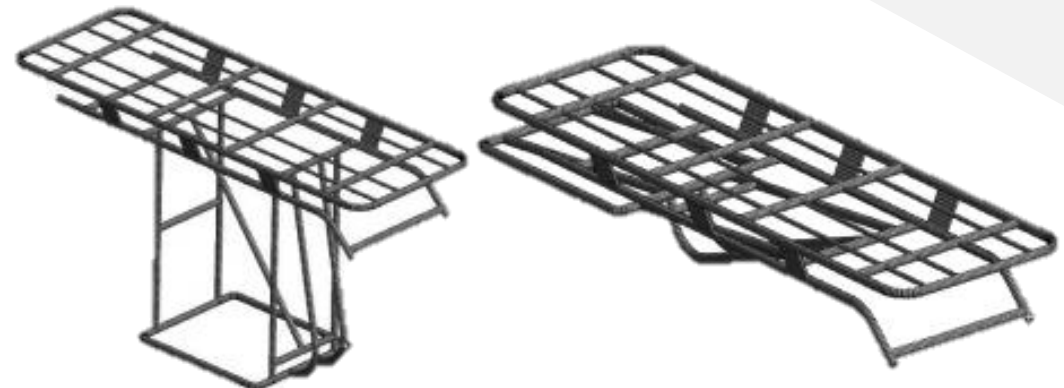
Simulação estática da maca **com** atenuador



✓ Simplificação



✓ Discretização

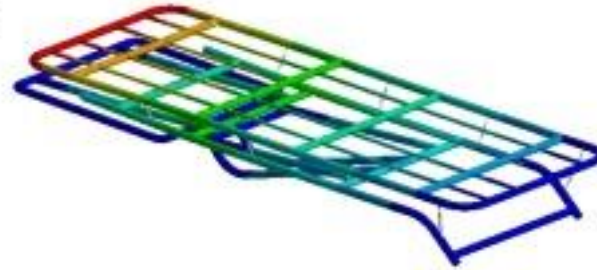
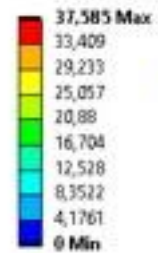


# Simulação

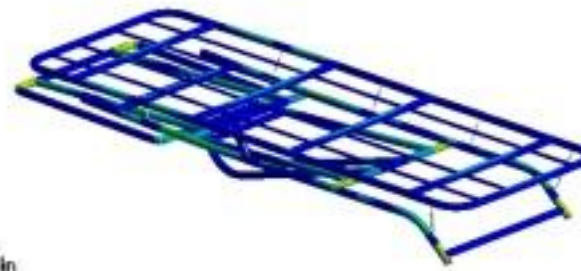
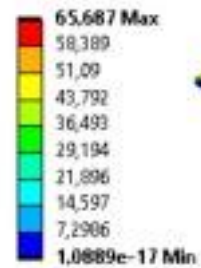
Resultados simulação estática da maca com atenuador

## Estática

**E: Static Structural**  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Time: 1

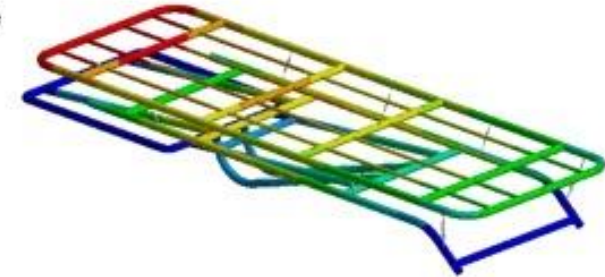
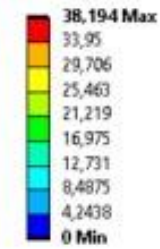


**E: Static Structural**  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1

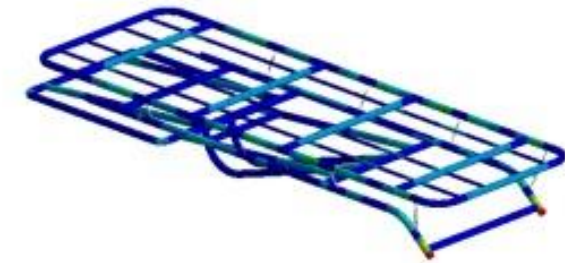
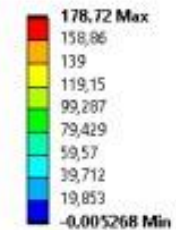


## Transiente

**F: Transient Structural**  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Maximum Over Time



**F: Transient Structural**  
Maximum Combined Stress  
Type: Maximum Combined Stress  
Unit: MPa  
Maximum Over Time

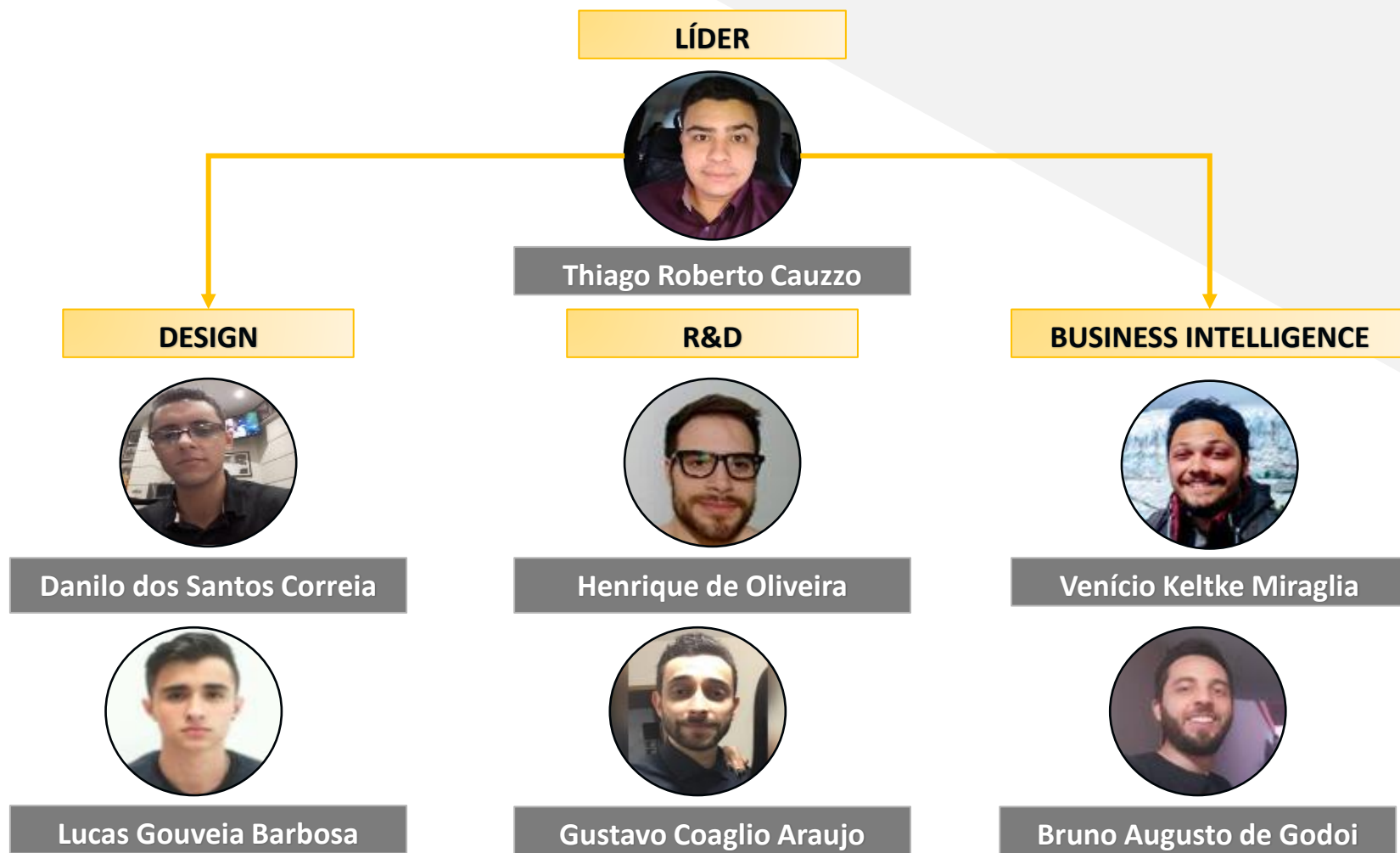


# Simulação

## Comparação das simulações

- ✓ Na primeira simulação, não foi considerada a oscilação de base, uma vez que o sistema deve ser melhor definido via Matlab;
- ✓ A força foi aplicada no paciente para se entender, inicialmente a resposta da estrutura, ao esforço;
- ✓ Após definidas as forças induzidas pela oscilação de base dimensionaremos o sistema atenuador.

# Organograma



**ORIENTADOR**

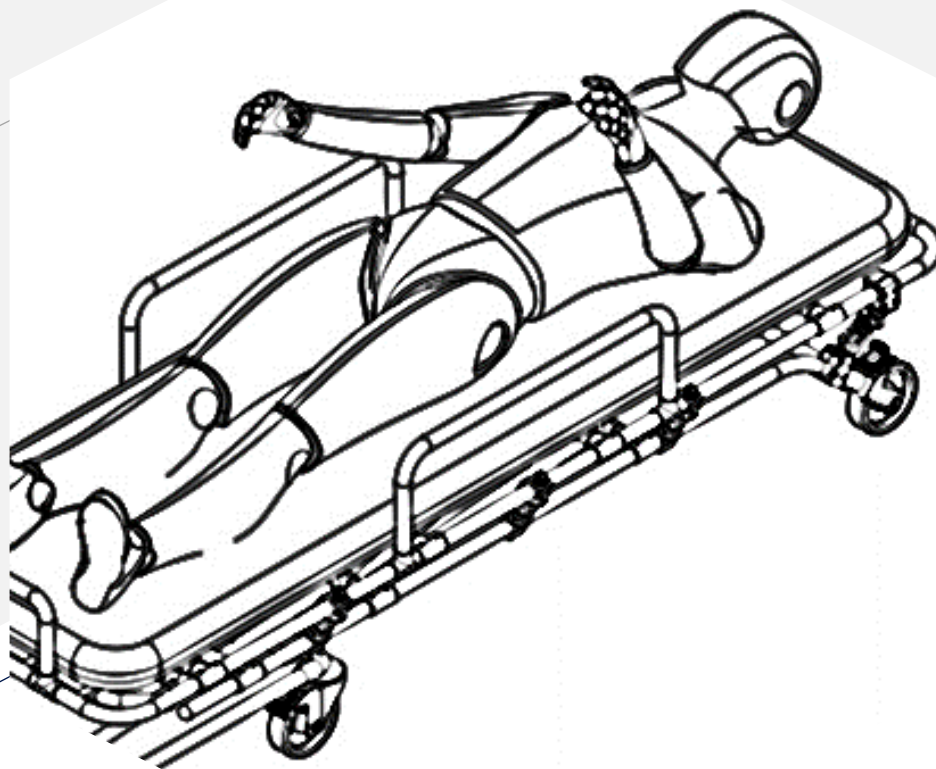


Mauricio de Carvalho Silva

**CO-ORIENTADOR**



Arnaldo Forgas Jr



**Nosso muito obrigado.**

