

# Airbag de Cintura

Trabalho de conclusão de curso do grupo Statera

Carlos Ricardo Rosencrantz Neto

Érika Figueiredo Hehnes

Gustavo Moura Cavalcanti

Herbert Alex Gouveia Kammerer

Henrique Oliver Brandão

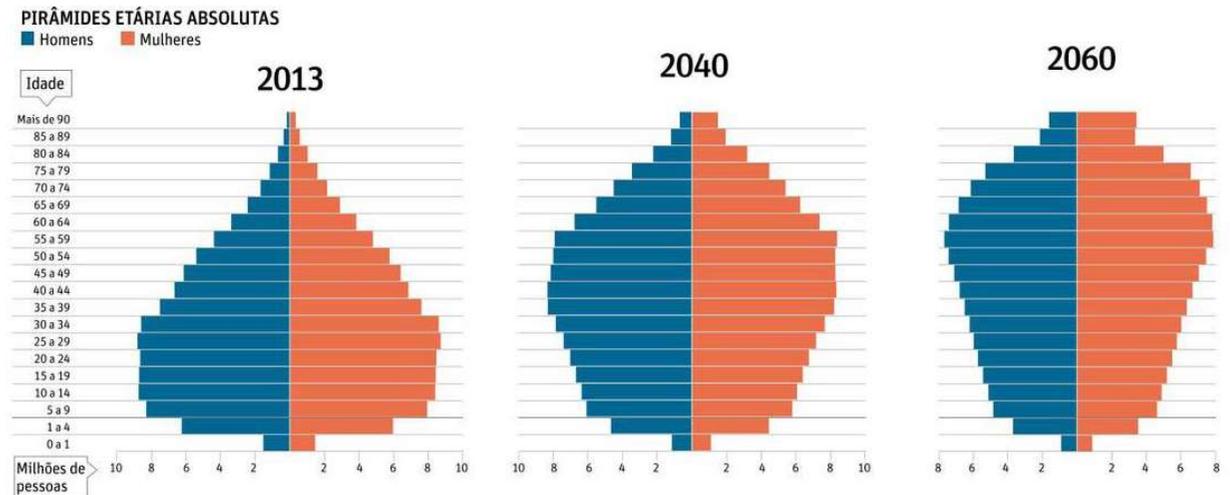
Mario Luis Escobar Gonzalez

Roberto Grecco Filho

Prof. André de Souza Mendes

# Introdução

- Alto índice de lesões oriundas da queda
- Aumento da população idosa
- Carência de tecnologia nacional



Pessoas com mais de 65 anos serão mais de um quarto dos brasileiros em 2060, segundo projeção do IBGE. O percentual desse grupo representa 7,4% do total de pessoas que vivem no país em 2013

Fonte: IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Projeção da População por Sexo e Idade para o Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, 2013.

# Introdução

- Falta de padrão que causa queda
- Lesões de quedas características
  - Fratura no quadril



Fonte: Autor, adaptado de Rubenstein & Josephson, 2006.

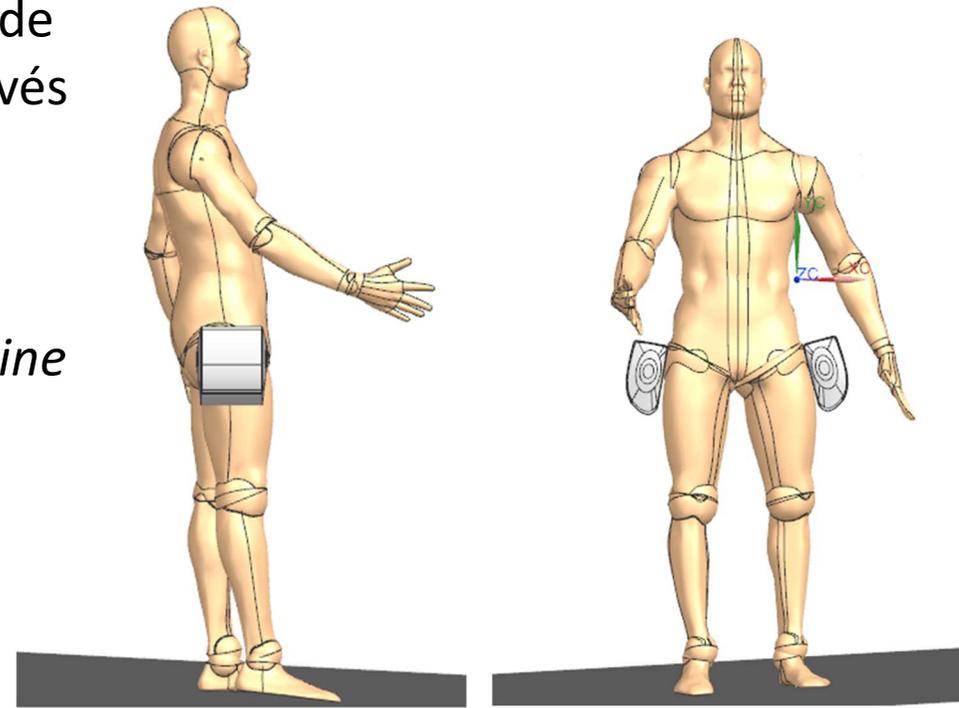
## Objetivo Geral

- Desenvolver um sistema de amortecimento por meio de um airbag que será adaptado em um cinto e protegerá a região do quadril no momento do impacto

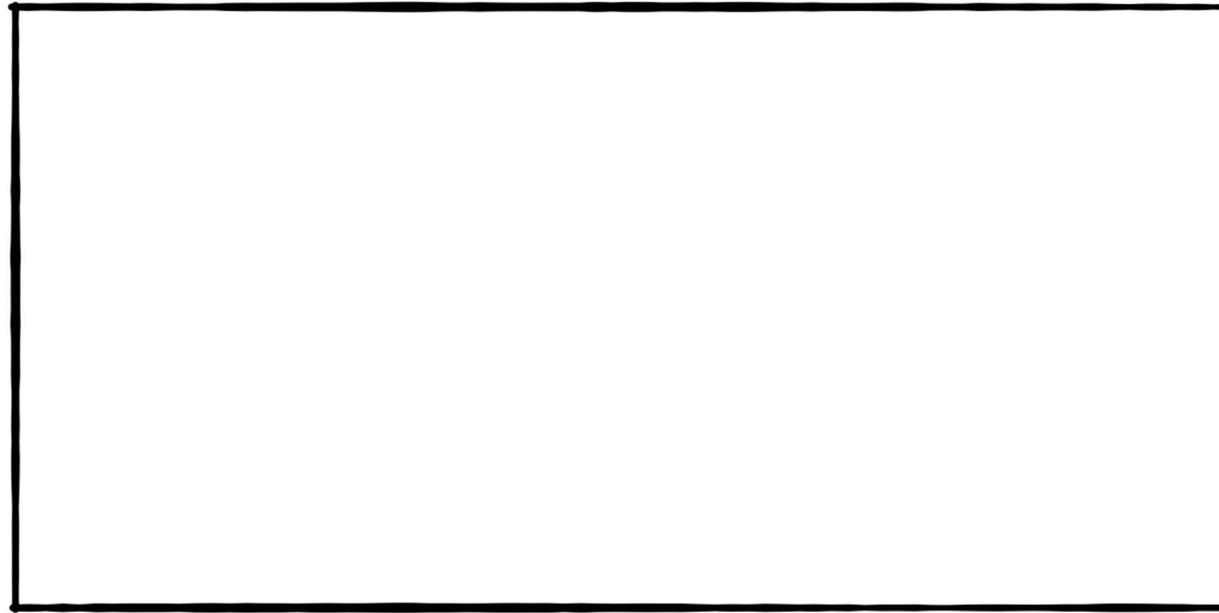


## Objetivo Específico

- Verificar a viabilidade de amortecimento de queda com a utilização de um airbag através de softwares de engenharia
- Verificar a viabilidade de identificação de padrão de queda com algoritmo de *machine learning* através de aprendizagem supervisionada

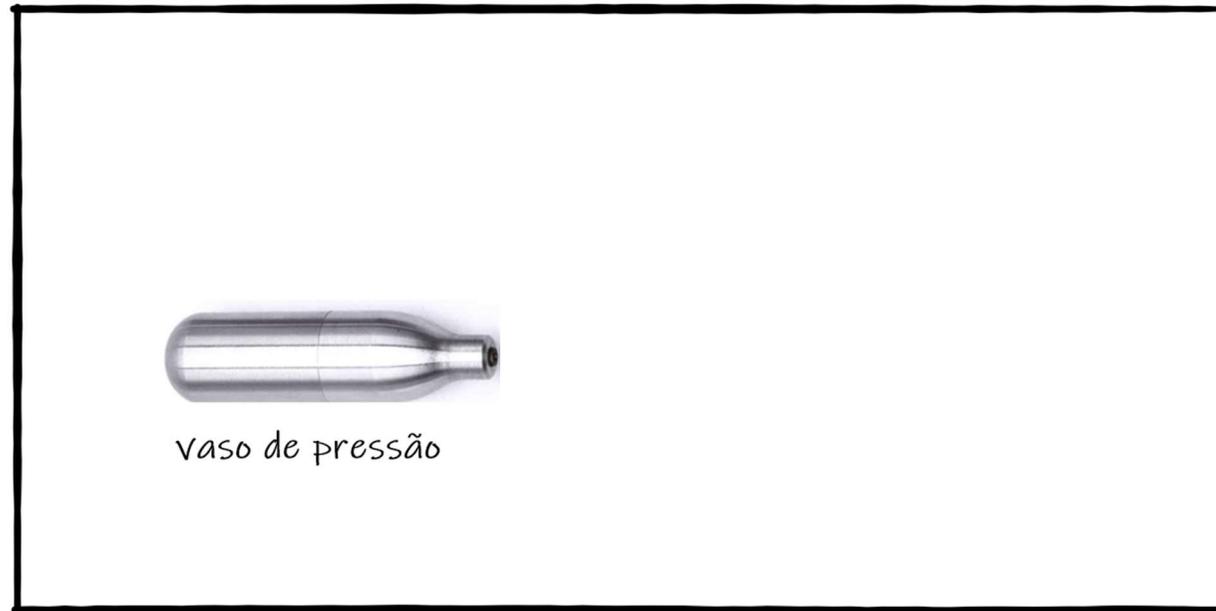


# Componentes do sistema



Dispositivo

# Componentes do sistema



vaso de pressão

Dispositivo

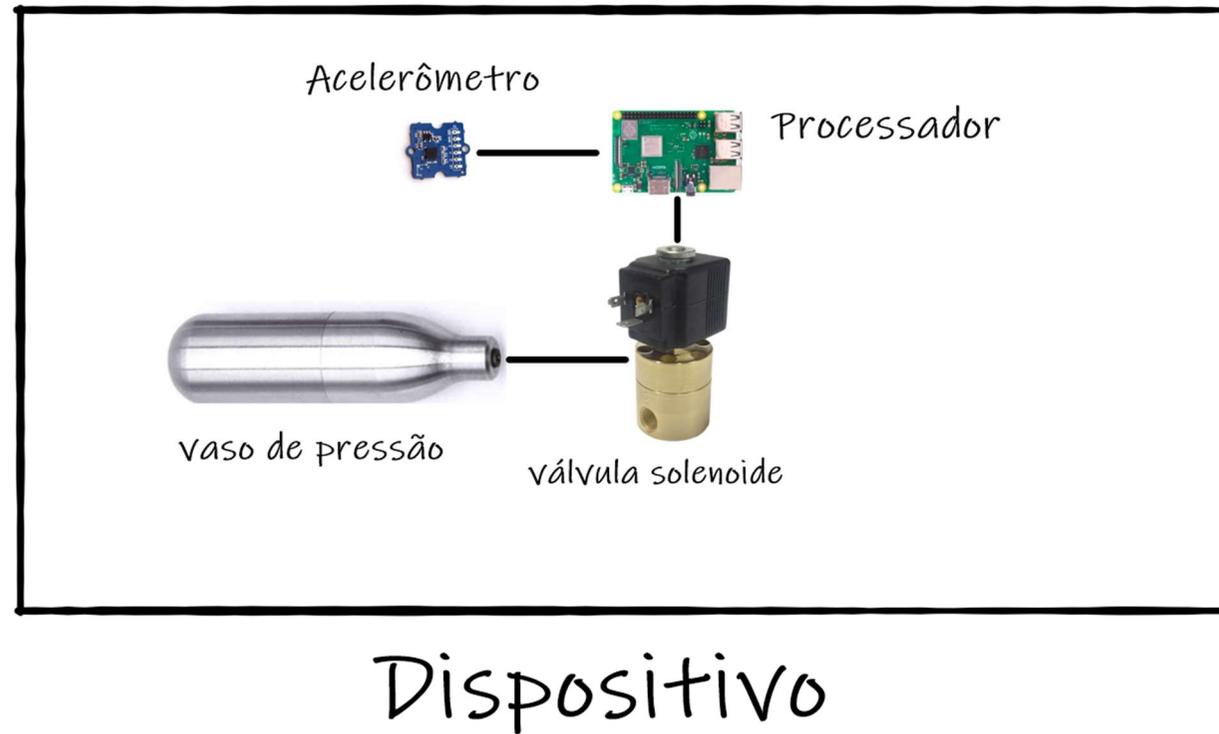
# Componentes do sistema



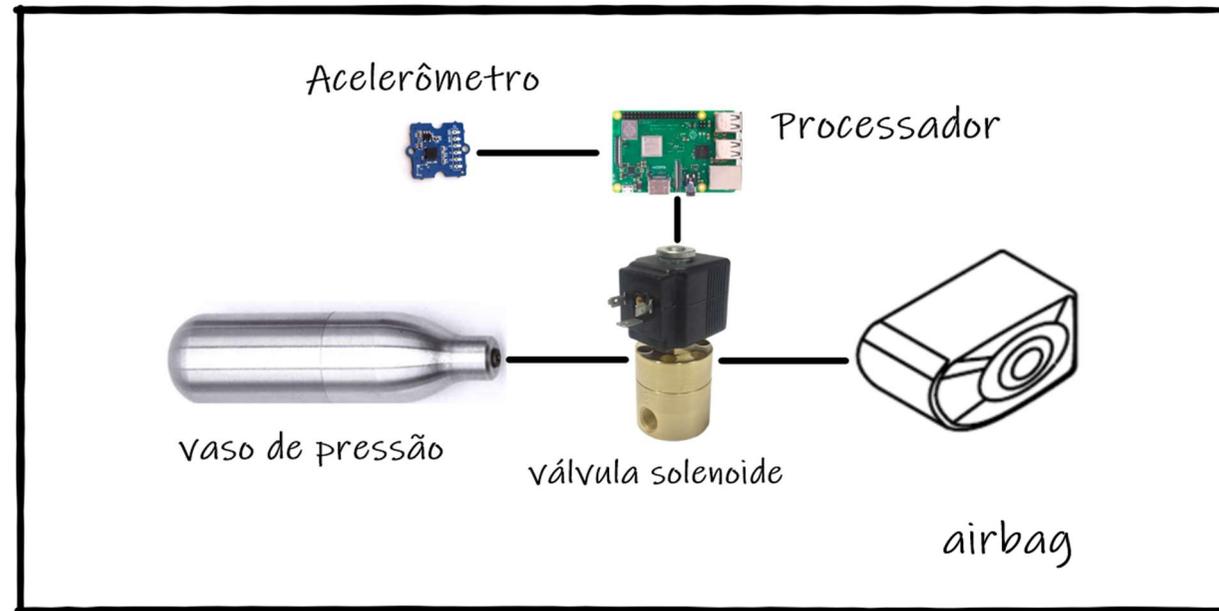
# Componentes do sistema



# Componentes do sistema



# Componentes do sistema

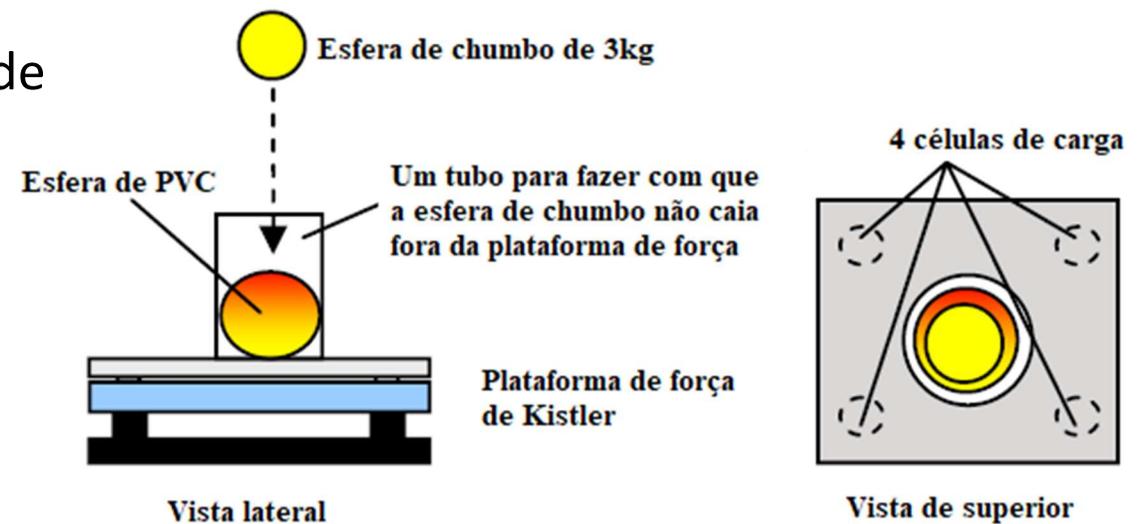


Dispositivo



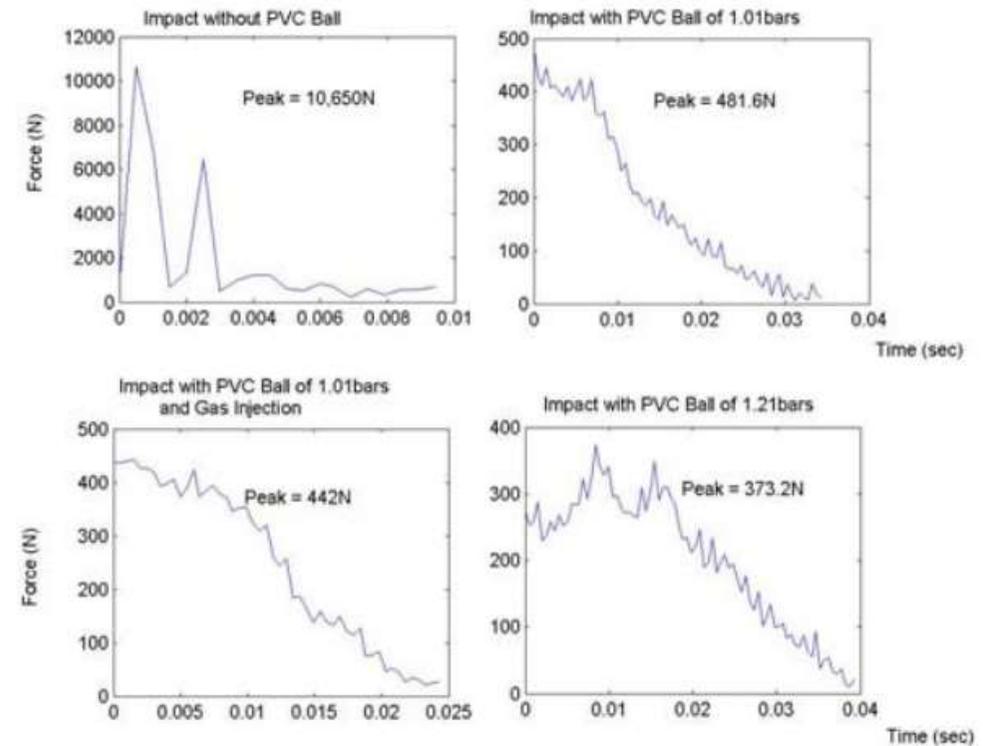
# Experimento de amortecimento

- Foram testadas duas pressões: 1,21 bar e 1,01 bar (escala absoluta). (ZHANG et al. 2006)
- As pressões conseguiram atenuar a força de impacto para menos de 500 N



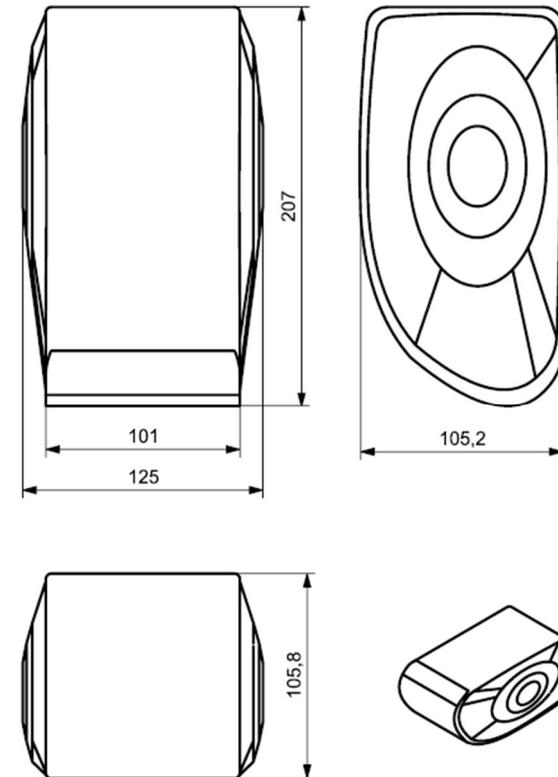
# Experimento de amortecimento

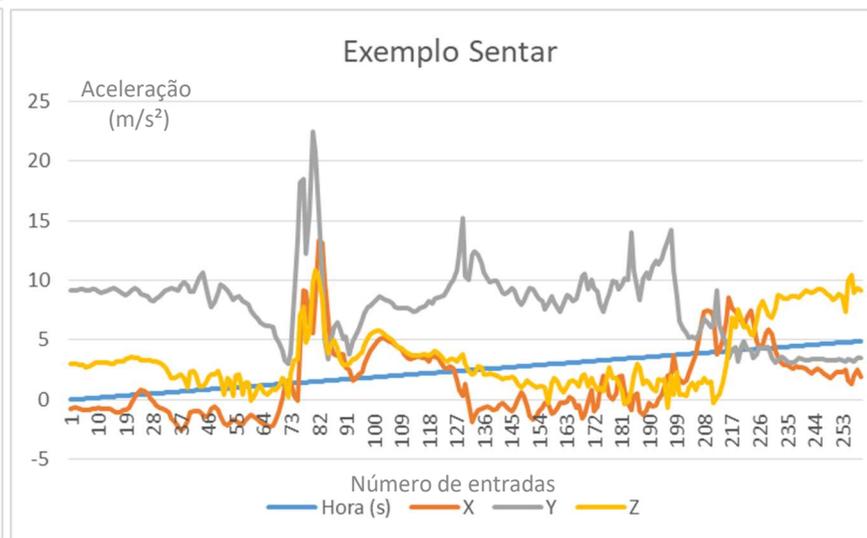
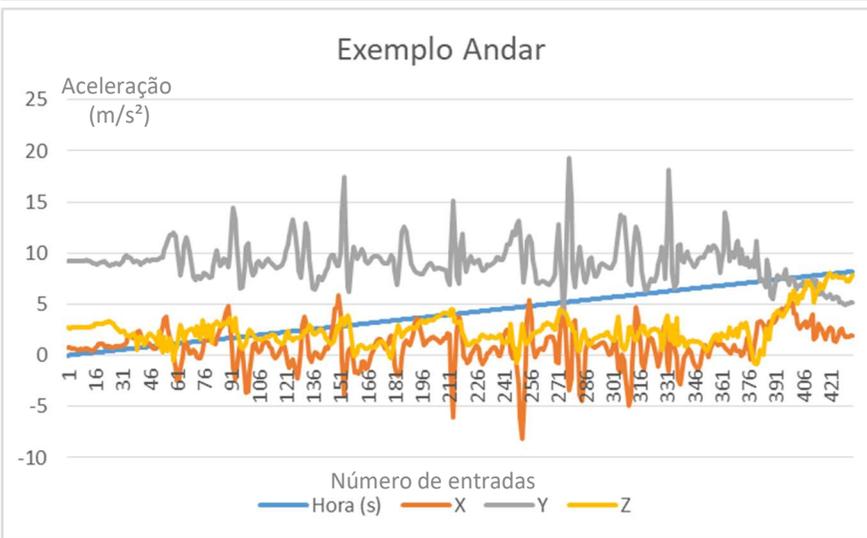
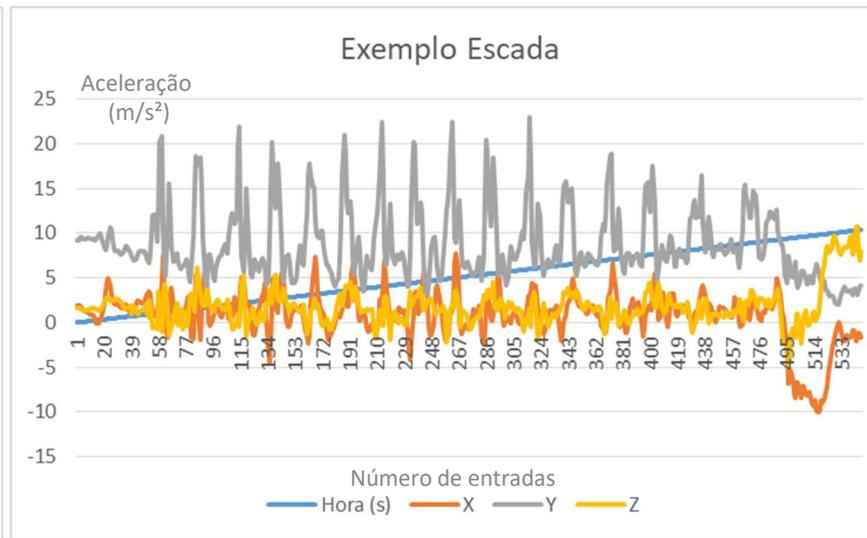
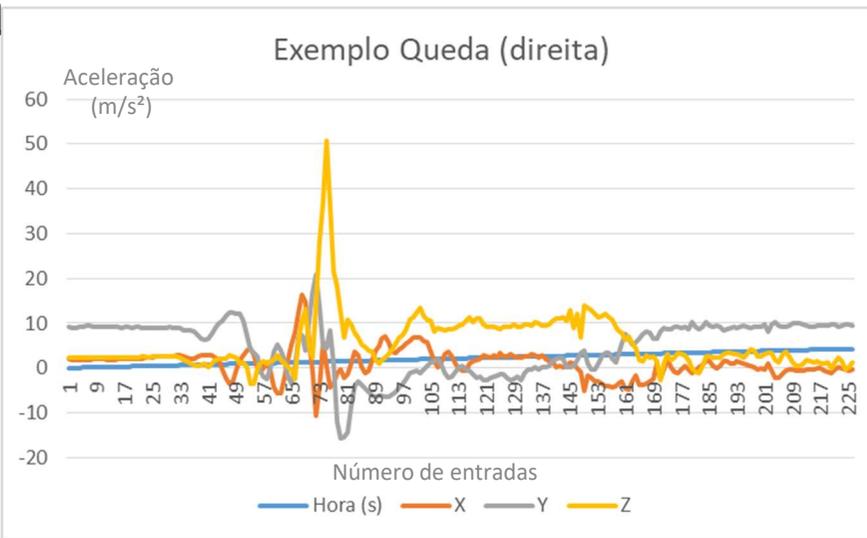
- Foram testadas duas pressões: 1,21 bar e 1,01 bar (escala absoluta). (ZHANG et al. 2006)
- As pressões conseguiram atenuar a força de impacto para menos de 500 N



# Componentes do sistema

- O airbag foi dimensionado através das proporções anatômicas de uma perna adulta.
- Volume: 2000 mL



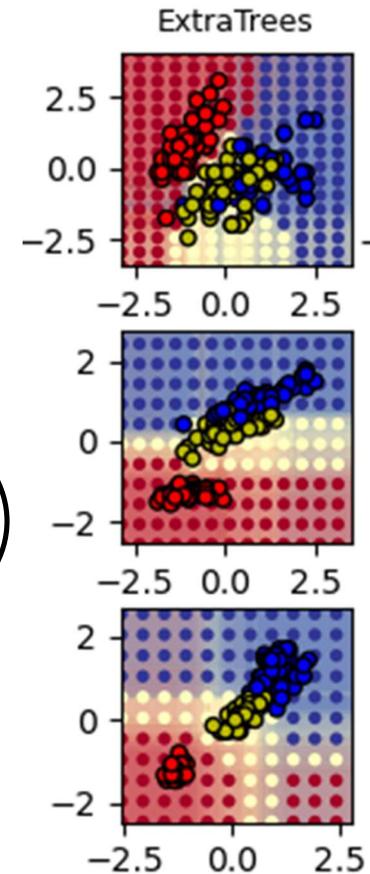
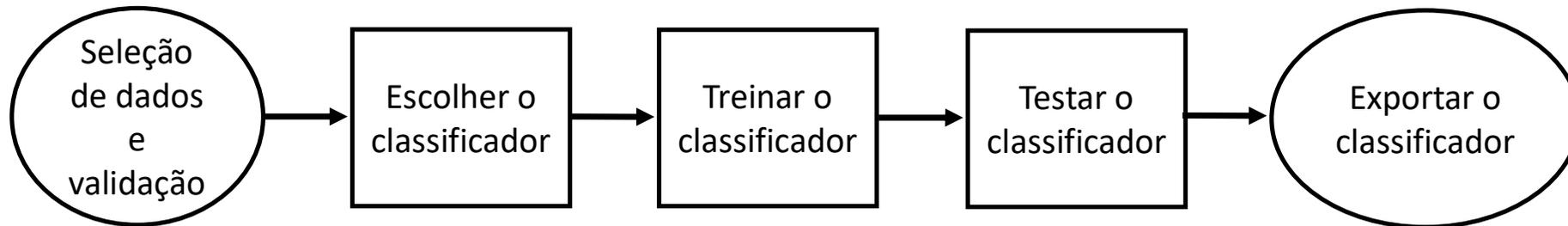


## Dados coletados

<b>Integrante</b>	<b>Dados de quedas</b>	<b>Dados de NÃO queda</b>
1	40	10
2	21	20
3	20	-
4	40	100
5	20	-
6	15	15
<b>TOTAL</b>	<b>156</b>	<b>145</b>

# Funcionamento do sistema

Por meio do aprendizado de máquina supervisionado (machine learning), determina-se o padrão de queda



# Queda x não queda

☆ **4 Ensemble** Accuracy (Validation): **90.9%**  
 Last change: Optimizable Ensemble 405/405 features

▼ Current Model Summary

**Model 4: Trained**

**Training Results**

Accuracy (Validation)	90.9%
Total cost (Validation)	5
Prediction speed	~210 obs/sec
Training time	173.22 sec

**Model Type**

Preset: Optimizable Ensemble  
Learner type: Decision tree

**Optimized Hyperparameters**

Ensemble method: Bag  
Maximum number of splits: 33  
Number of learners: 64  
Number of predictors to sample: 104

**Hyperparameter Search Range**

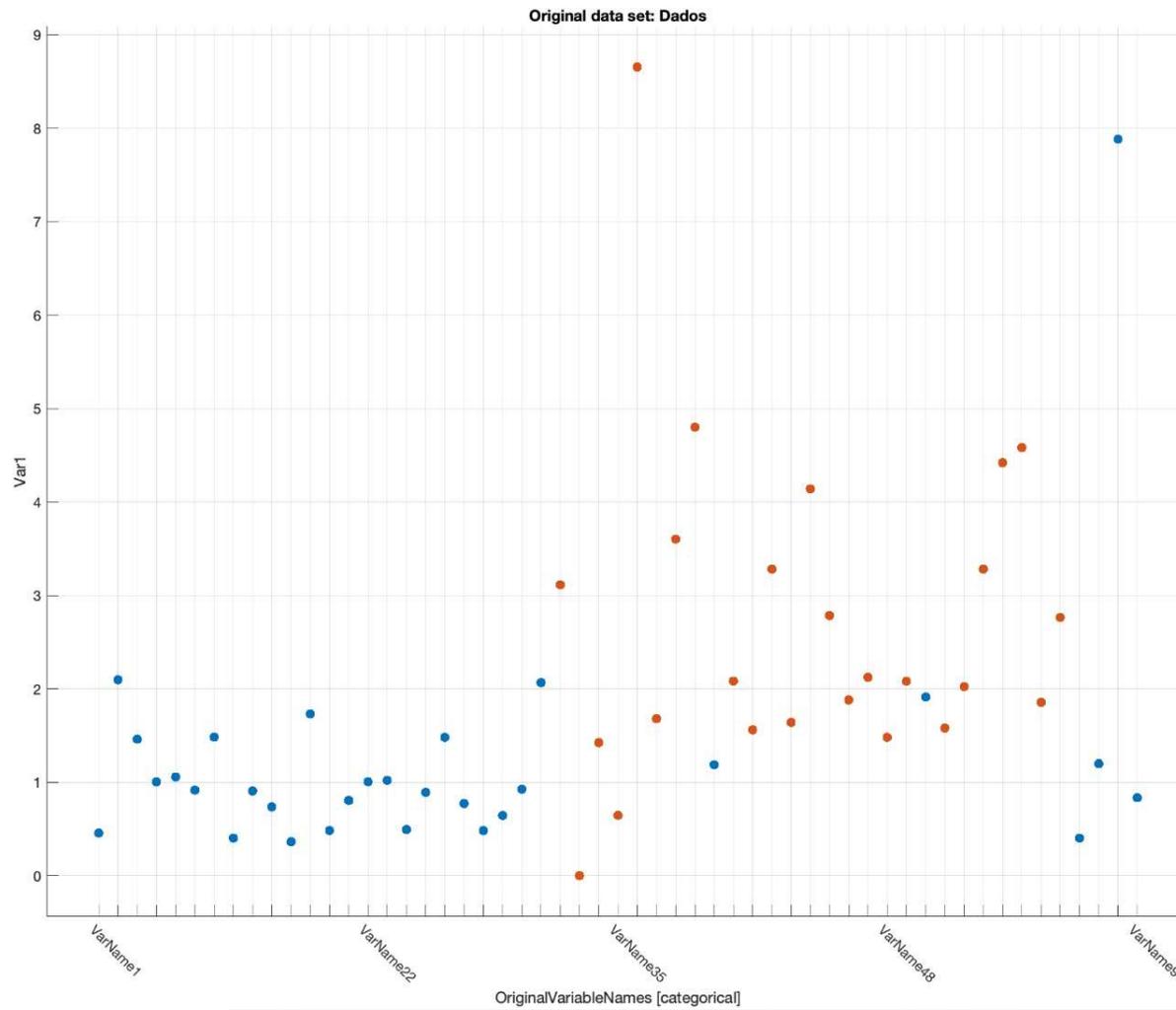
Ensemble method: Bag, GentleBoost, LogitBoost, AdaBoost, RUSBoost  
Number of learners: 10-500  
Learning rate: 0.001-1  
Maximum number of splits: 1-54  
Number of predictors to sample: 1-405

**Optimizer Options**

Optimizer: Bayesian optimization  
Acquisition function: Expected improvement per second plus iterations: 20

☆ <b>1.1 Tree</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Fine Tree	405/405 features
☆ <b>1.2 Tree</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Medium Tree	405/405 features
☆ <b>1.3 Tree</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Coarse Tree	405/405 features
☆ <b>1.4 Logistic Regression</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Logistic Regression	405/405 features
☆ <b>1.5 Naive Bayes</b>	Accuracy (Validation): <b>89.1%</b>
Last change: Gaussian Naive Bayes	405/405 features
☆ <b>1.6 Naive Bayes</b>	Accuracy (Validation): 87.3%
Last change: Kernel Naive Bayes	405/405 features
☆ <b>1.7 SVM</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Linear SVM	405/405 features
☆ <b>1.8 SVM</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Quadratic SVM	405/405 features
☆ <b>1.9 SVM</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Cubic SVM	405/405 features
☆ <b>1.10 SVM</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Fine Gaussian SVM	405/405 features
☆ <b>1.11 SVM</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Medium Gaussian SVM	405/405 features
☆ <b>1.12 SVM</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Coarse Gaussian SVM	405/405 features
☆ <b>1.13 Ensemble</b>	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Boosted Trees	405/405 features
☆ <b>1.14 Ensemble</b>	Accuracy (Validation): <b>89.1%</b>
Last change: Bagged Trees	405/405 features

# Queda x não queda

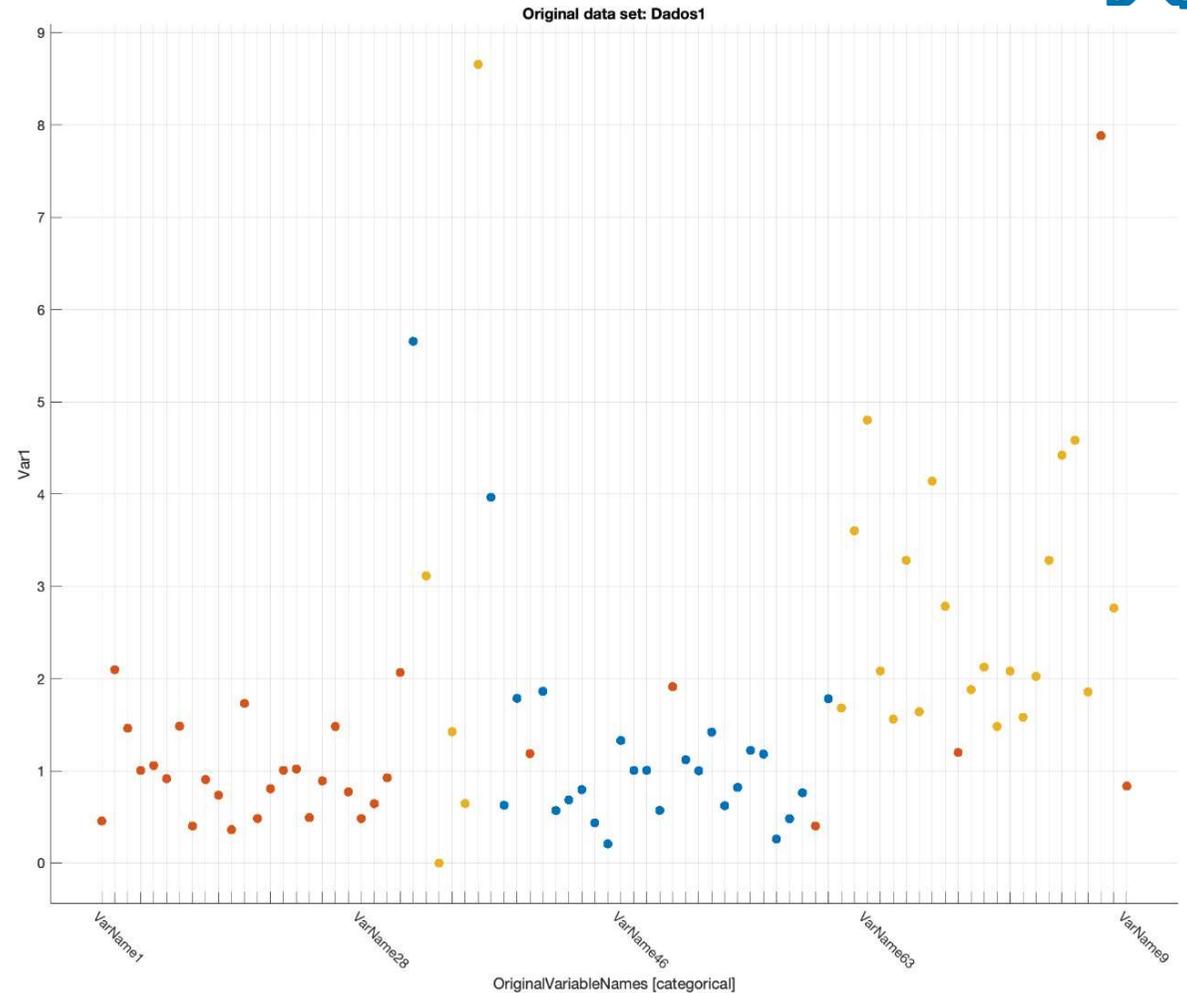


☆ 1.1 Tree	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Fine Tree	405/405 features
☆ 1.2 Tree	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Medium Tree	405/405 features
☆ 1.3 Tree	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Coarse Tree	405/405 features
☆ 1.4 Logistic Regression	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Logistic Regression	405/405 features
☆ 1.5 Naive Bayes	Accuracy (Validation): 89.1%
Last change: Gaussian Naive Bayes	405/405 features
☆ 1.6 Naive Bayes	Accuracy (Validation): <b>90.9%</b>
Last change: Kernel Naive Bayes	405/405 features
☆ 1.7 SVM	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Linear SVM	405/405 features
☆ 1.8 SVM	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Quadratic SVM	405/405 features
☆ 1.9 SVM	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Cubic SVM	405/405 features
☆ 1.10 SVM	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Fine Gaussian SVM	405/405 features
☆ 1.11 SVM	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Medium Gaussian SVM	405/405 features
☆ 1.12 SVM	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Coarse Gaussian SVM	405/405 features

☆ 1.13 Ensemble	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: Boosted Trees	405/405 features
☆ 1.14 Ensemble	Accuracy (Validation): <b>83.6%</b>
Last change: Bagged Trees	405/405 features
☆ 1.15 Ensemble	Accuracy (Validation): 54.5%
Last change: RUSBoosted Trees	405/405 features
☆ 1.16 Neural Network	Accuracy (Validation): 49.1%
Last change: Narrow Neural Network	405/405 features
☆ 1.17 Neural Network	Accuracy (Validation): 47.3%
Last change: Medium Neural Network	405/405 features
☆ 1.18 Neural Network	Accuracy (Validation): 45.5%
Last change: Wide Neural Network	405/405 features
☆ 1.19 Neural Network	Accuracy (Validation): 47.3%
Last change: Bilayered Neural Network	405/405 features
☆ 1.20 Neural Network	Accuracy (Validation): 45.5%
Last change: Trilayered Neural Network	405/405 features

# Queda x escada x não queda

1.1 Tree	Accuracy (Validation): 37.5%
Last change: Fine Tree	405/405 features
1.2 Tree	Accuracy (Validation): 37.5%
Last change: Medium Tree	405/405 features
1.3 Tree	Accuracy (Validation): 37.5%
Last change: Coarse Tree	405/405 features
1.4 Naive Bayes	Accuracy (Validation): 85.0%
Last change: Gaussian Naive Bayes	405/405 features
1.5 Naive Bayes	Accuracy (Validation): <b>86.2%</b>
Last change: Kernel Naive Bayes	405/405 features
1.6 SVM	Accuracy (Validation): 31.2%
Last change: Linear SVM	405/405 features
1.7 SVM	Accuracy (Validation): 31.2%
Last change: Quadratic SVM	405/405 features
1.8 SVM	Accuracy (Validation): 31.2%
Last change: Cubic SVM	405/405 features
1.9 SVM	Accuracy (Validation): 31.2%
Last change: Fine Gaussian SVM	405/405 features
1.10 SVM	Accuracy (Validation): 31.2%
Last change: Medium Gaussian SVM	405/405 features
1.11 SVM	Accuracy (Validation): 31.2%
Last change: Coarse Gaussian SVM	405/405 features
1.12 Ensemble	Accuracy (Validation): 37.5%
Last change: Boosted Trees	405/405 features
1.13 Ensemble	Accuracy (Validation): 82.5%
Last change: Bagged Trees	405/405 features
1.14 Ensemble	Accuracy (Validation): 31.2%
Last change: RUSBoosted Trees	405/405 features



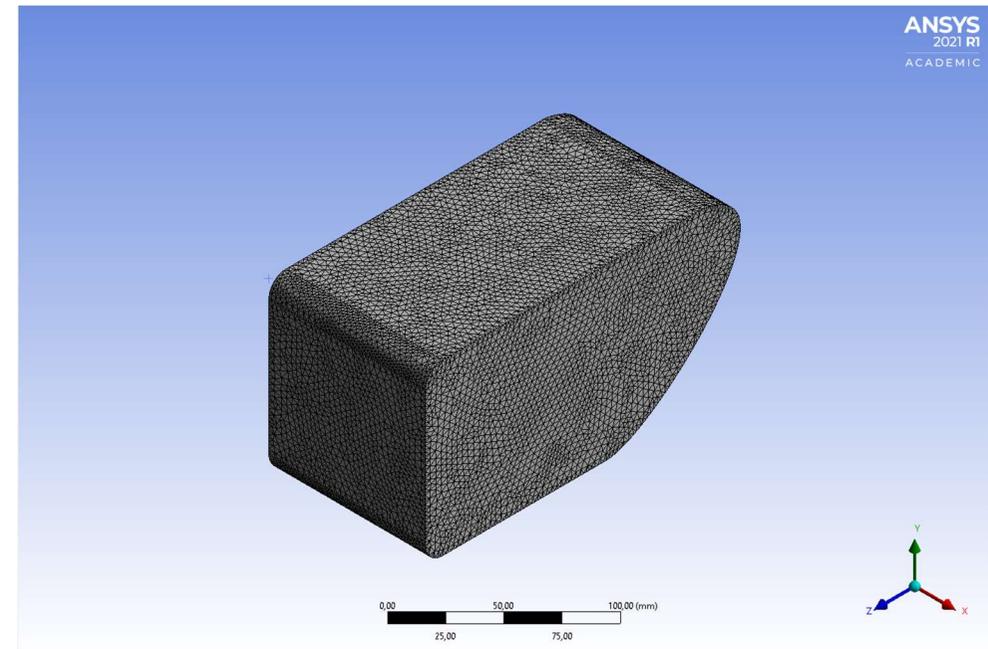
# Simulação do airbag

- **Material: Nylon 6**

Tensão de escoamento à tração [MPa]	45
Tensão de ruptura à tração [MPa]	71
Módulo de elasticidade [GPa]	2
Coefficiente de Poisson	0,4

# Simulação Estática - Malha

- **Propriedades da malha:**
  - Tamanho dos elementos: 3 mm
  - Número de elementos/nós: 57414/114888
  - Método utilizado: Tetraedros

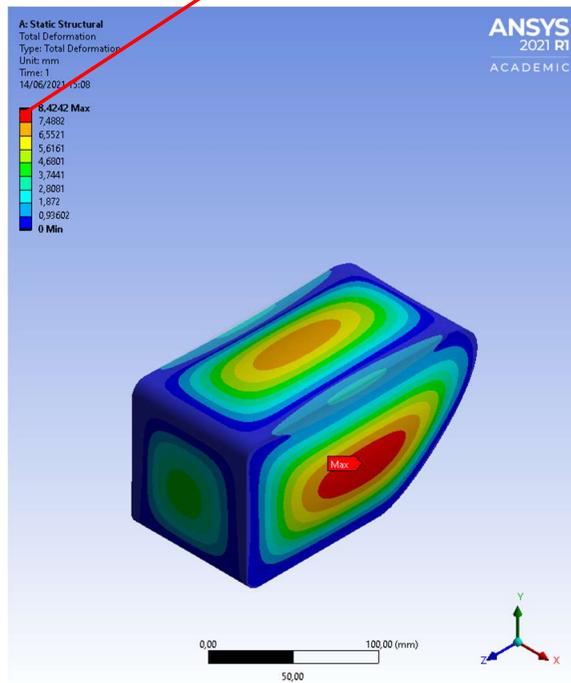


# Simulação Estática- Parâmetros

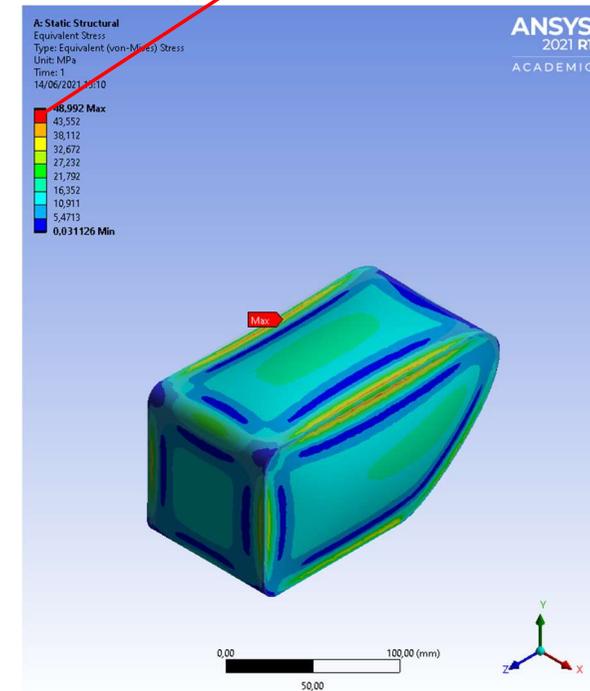
- **Parâmetros de entrada:**
  - Distribuição de uma pressão interna de 113 kPa
  - Fixação do airbag na região de contato com a perna
- **Hipóteses:**
  - Grandes deformações

# Simulação Estática - Resultados

Deformação máxima: 8,4 mm

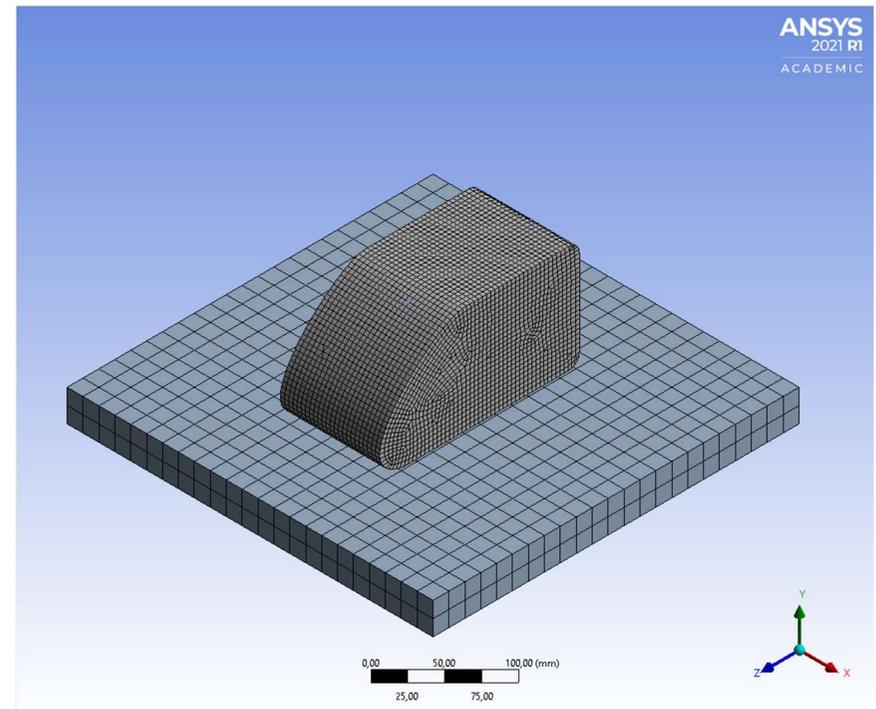


Tensão máxima: 49 MPa



# Simulação de Impacto - Malha

- **Propriedades da malha:**
  - Tamanho dos elementos: 4 mm
  - Número de elementos/nós: 10774/12945
  - Método utilizado: Hexa Dominante (Quad/Tri)



# Simulação de Impacto - Parâmetros

- **Parâmetros de entrada:**

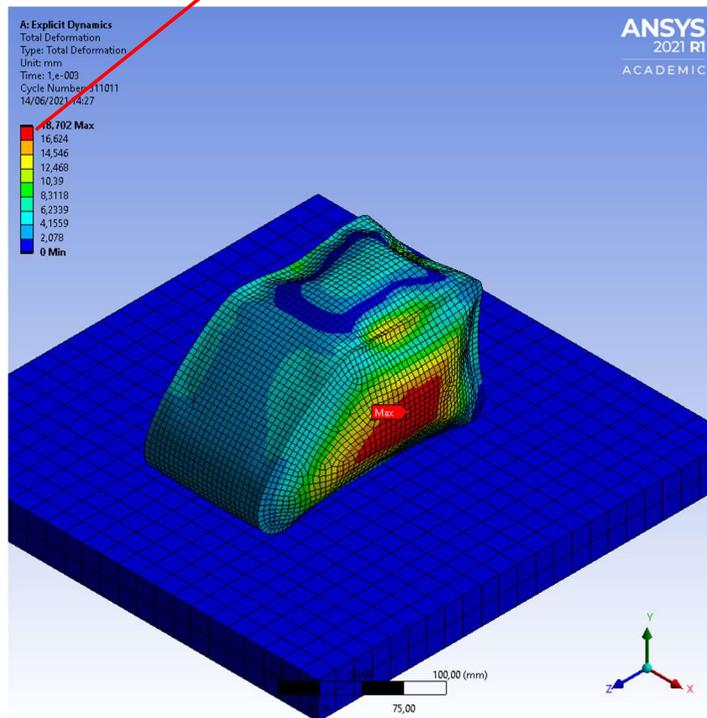
- Massa corporal: 60 kg
- Altura de queda: 0,8 m
- Aceleração da gravidade: 9,8 m/s<sup>2</sup>
- Velocidade final de impacto: 3,96 m/s
- Pressão interna: 113 kPa
- Força distribuída na superfície superior: 600 N
- Distância entre solo e airbag: 2 mm

- **Hipóteses:**

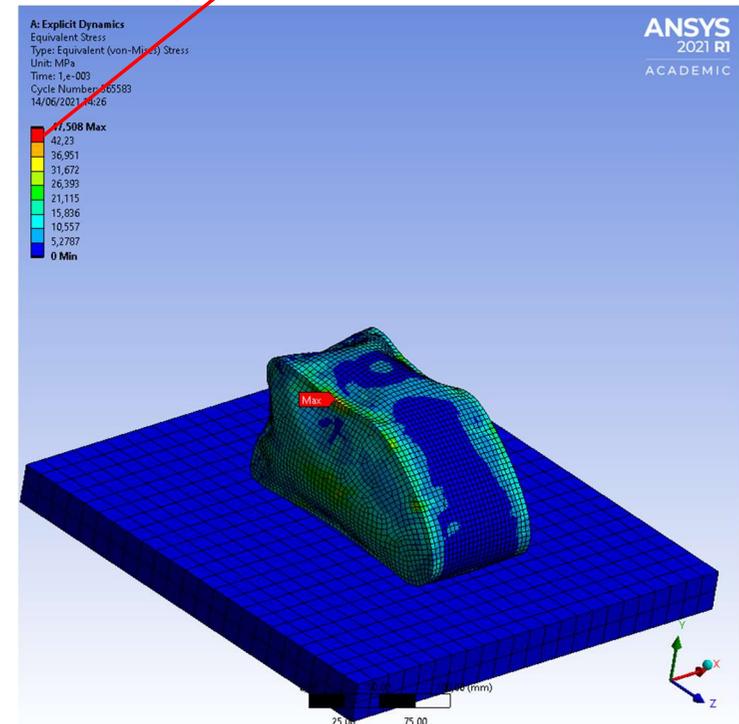
- Energia potencial totalmente transformada em energia cinética
- End Time: 0,001s

# Simulação de Impacto - Resultados

Deformação máxima: 18,7 mm



Tensão máxima: 47,5 MPa



# Conclusões

## Queda x Não Queda

Algoritmo: árvore de decisão "ensemble"

Acurácia: 90,9%

## Queda x Escada

Algoritmo: Naive Bayes

Acurácia: 90,9%

## Queda x Não Queda x Escada

Algoritmo: Naive Bayes

Acurácia: 86,2%

## Produtos Similares

- Helite® <https://en.helite.com/hipguard/>
- Wolk® <https://www.wolkairbag.com/product/wolk-plus/>
- Tango® <https://www.tangobelt.com/>



# Vantagens

- Primeiro desenvolvido em território nacional 
- Preço mais acessível para a população
- Comparado com outro dispositivo antiqueda, como uma bengala, pode ser usado em qualquer terreno

# Trabalhos Futuros

- Adquirir ensaios de queda e não queda com acelerômetro mais preciso
- Realizar a montagem de um protótipo para que seja possível testá-lo em campo
- Estudar se o equipamento seria confortável para o usuário e se seria aceito pelo público idoso
- Verificar a estanqueidade da válvula solenoide, com possível perfuração no instante da ativação

Agradecemos a atenção!

