

Nº 179233

**Utilização de simulações numéricas para investigação da interação entre dutos e solos marinhos moles e ultramoles**

**João Pedro Silva Pereira**

*Palestra apresentada no  
Pipelines: Inovação e Futuro,  
2024, São Paulo. 30 slides*

*A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.*

**PROIBIDO REPRODUÇÃO**

# Utilização de simulações numéricas para investigação da interação entre dutos rígidos e solos marinhos moles e ultramoles

João Pedro Silva Pereira

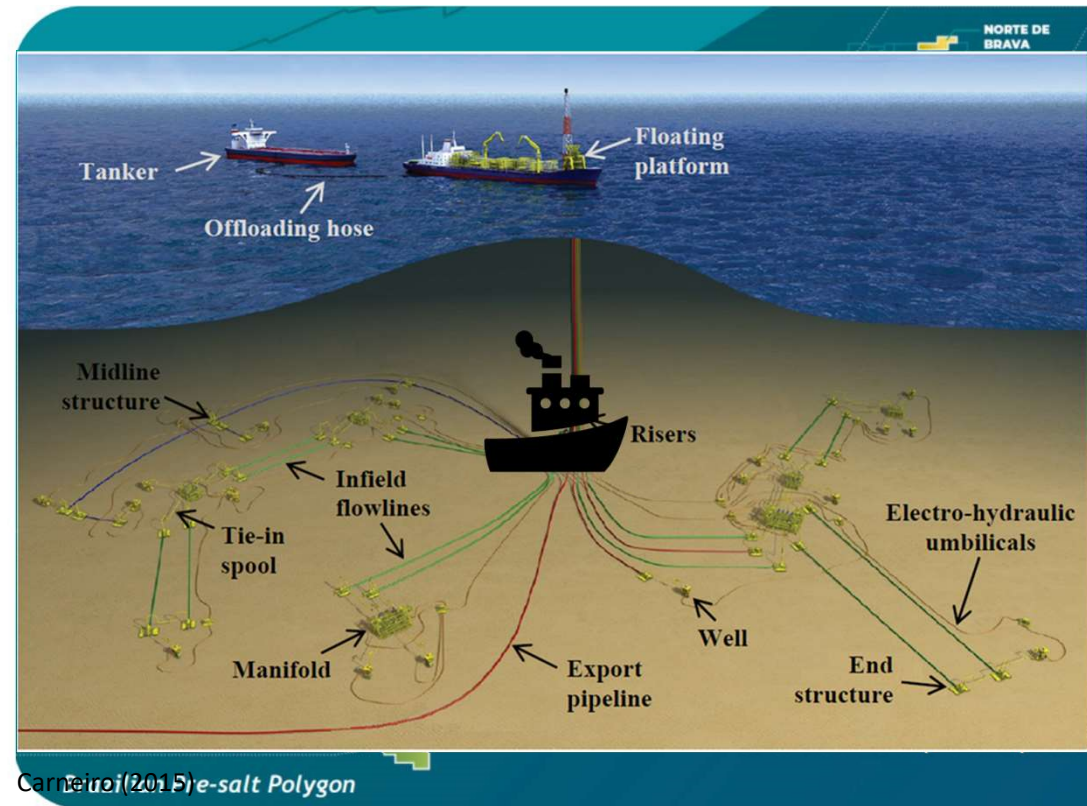
Seção de Obras Civas, IPT

São Paulo, 11 de outubro de 2024



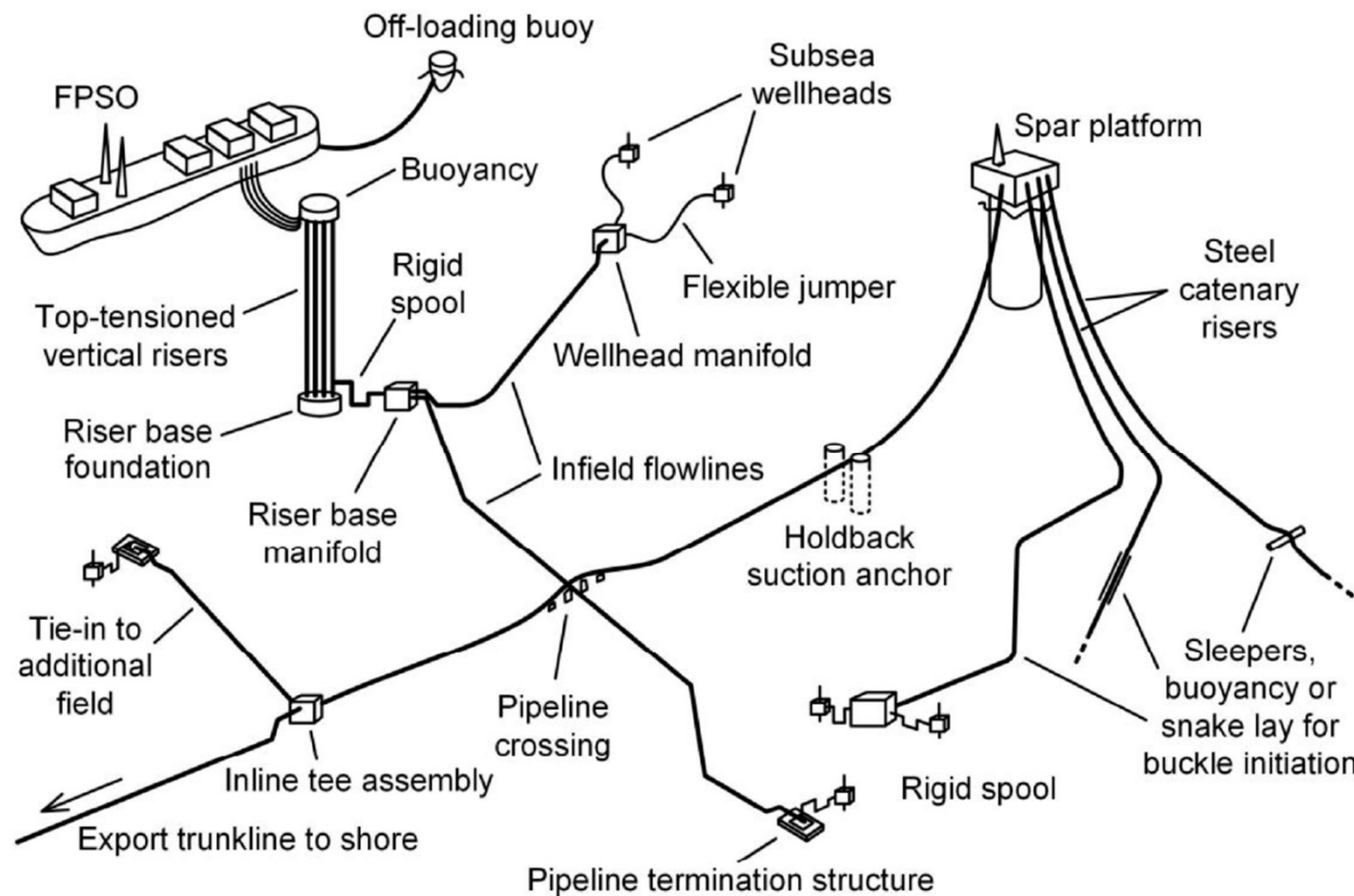
## Produção em águas (ultra)profundas

- Lâminas d'água > 1500 m (Pré-Sal)
- Infraestrutura submarina
- Inúmeros equipamentos apoiados sobre o leito marinho



PPSA (2023)

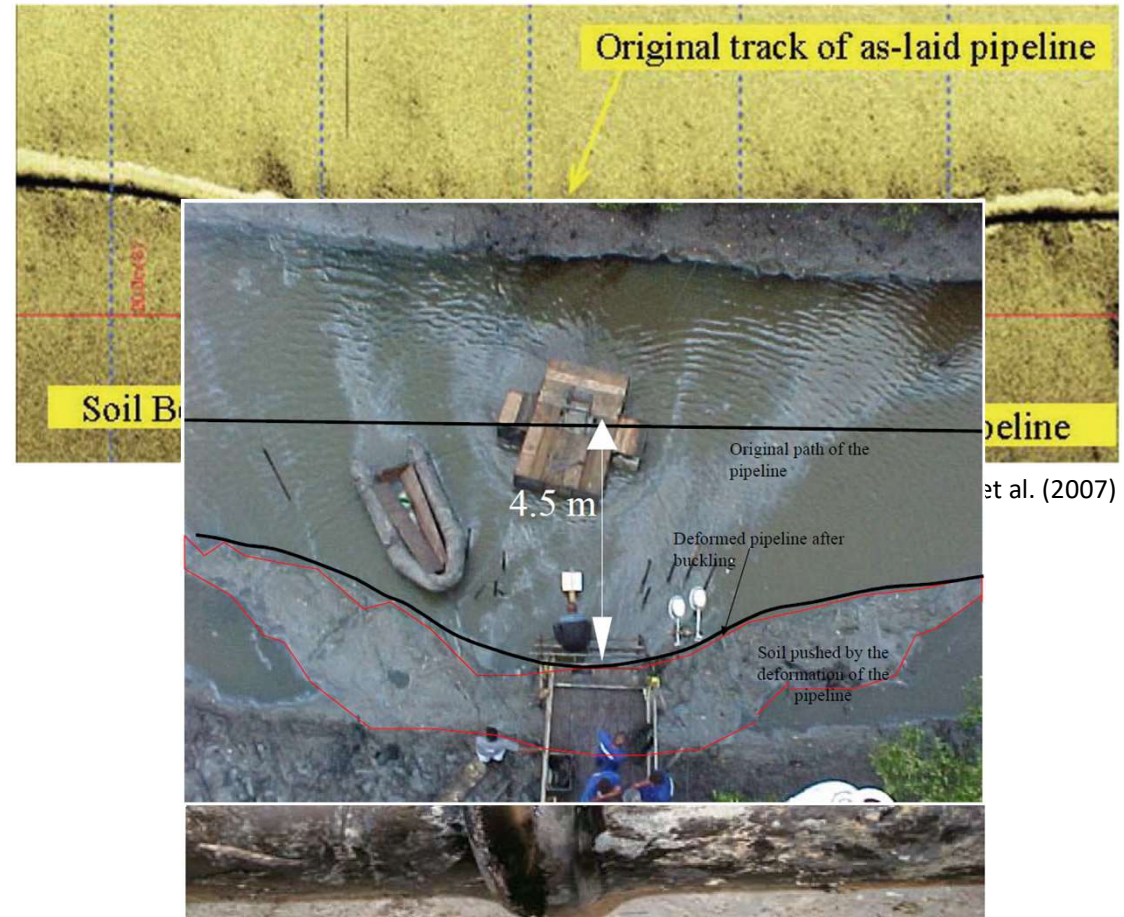
# Produção em águas (ultra)profundas



White et al. (2017)

## Interação solo - duto

- Movimentações axiais e laterais durante sua vida útil
- *Pipeline walking e lateral buckling*
- Coeficientes de atrito entre o duto e o solo correspondem às maiores incertezas de projeto



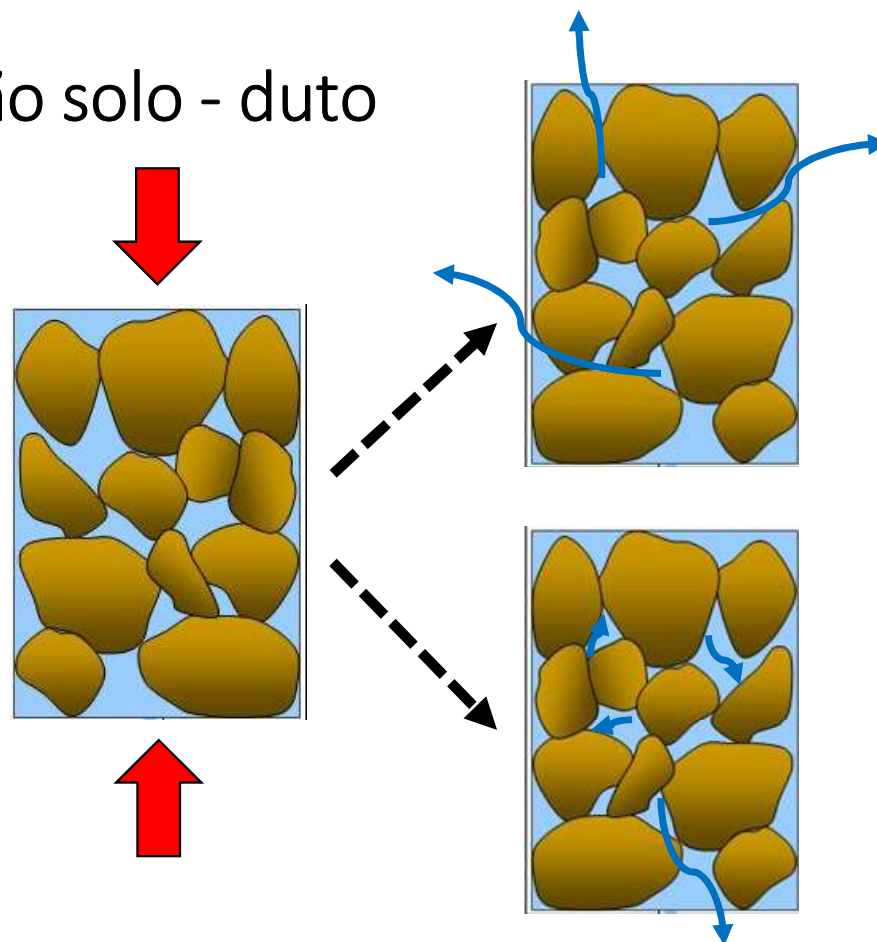
Costa et al. (2002)

# Dutos apoiados sobre solo **MOLE/ULTRAMOLE** ?

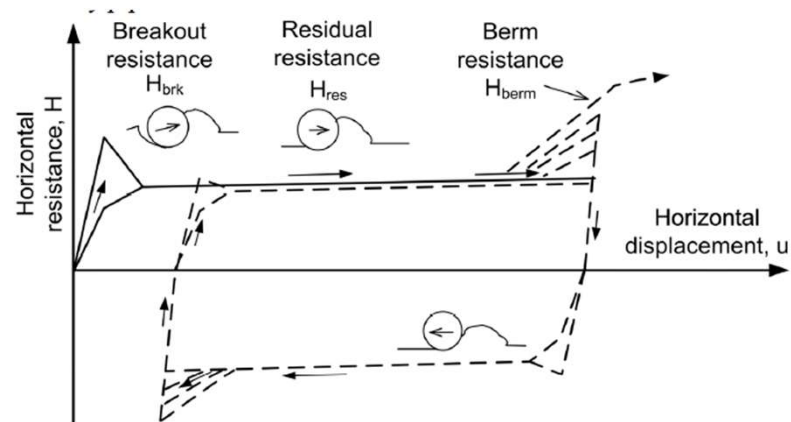
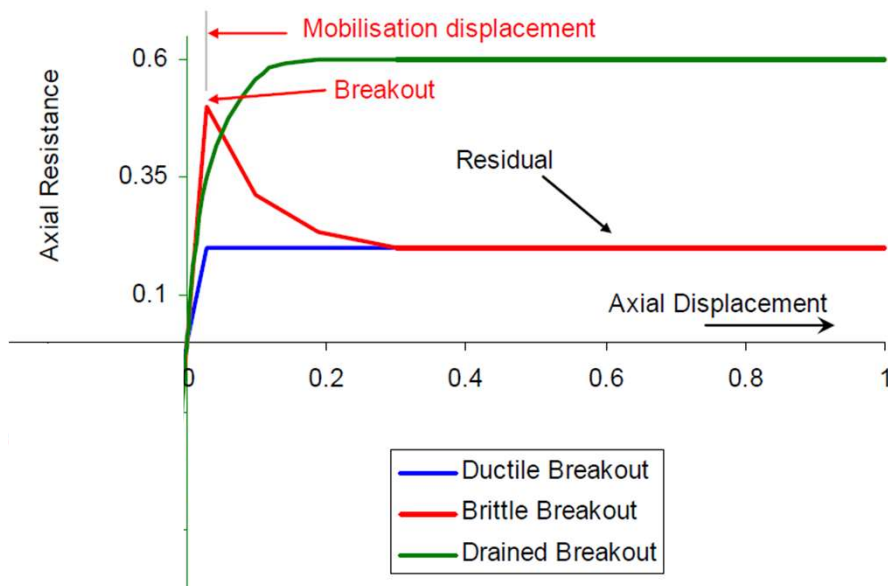


## Principais condicionantes interação solo - duto

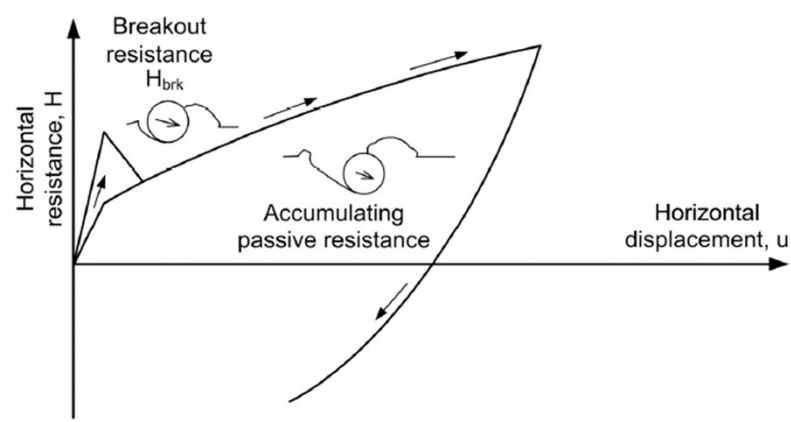
- Parâmetros do duto (peso, diâmetro e revestimento)
- Perfil de resistência do solo
- Tempo de solitação do solo (Resposta Drenada/Não Drenada)



# Comportamento esperado solo - duto



(a) "Light" pipe



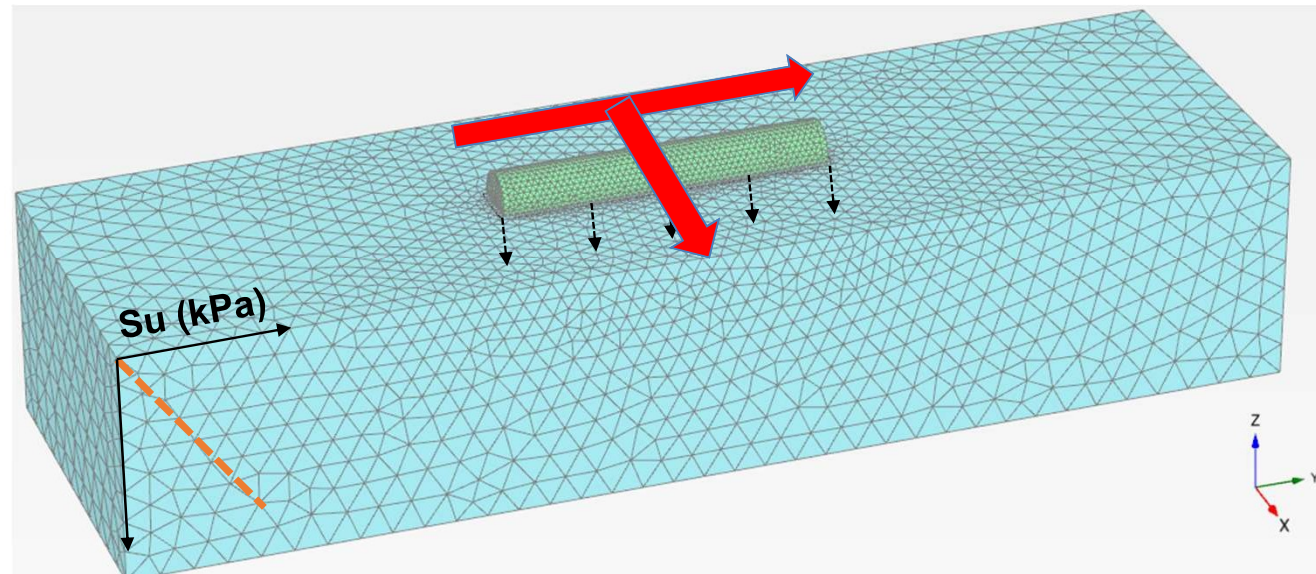
(b) "Heavy" pipe

Bruton et al. (2008)

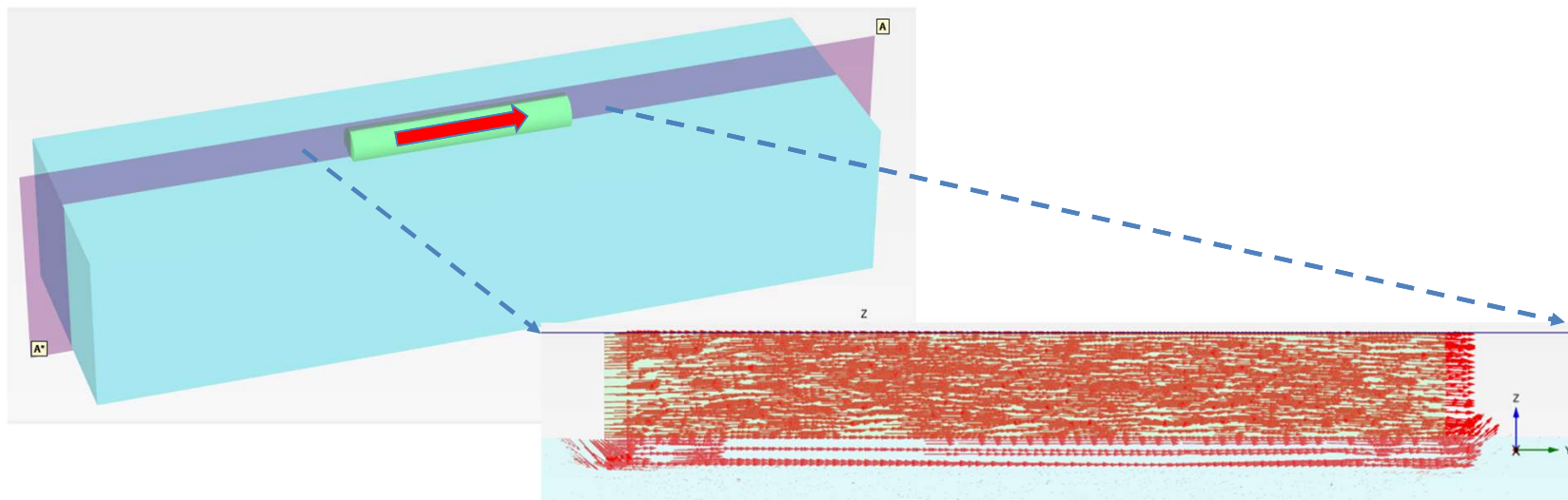


## Utilização de modelos numéricos

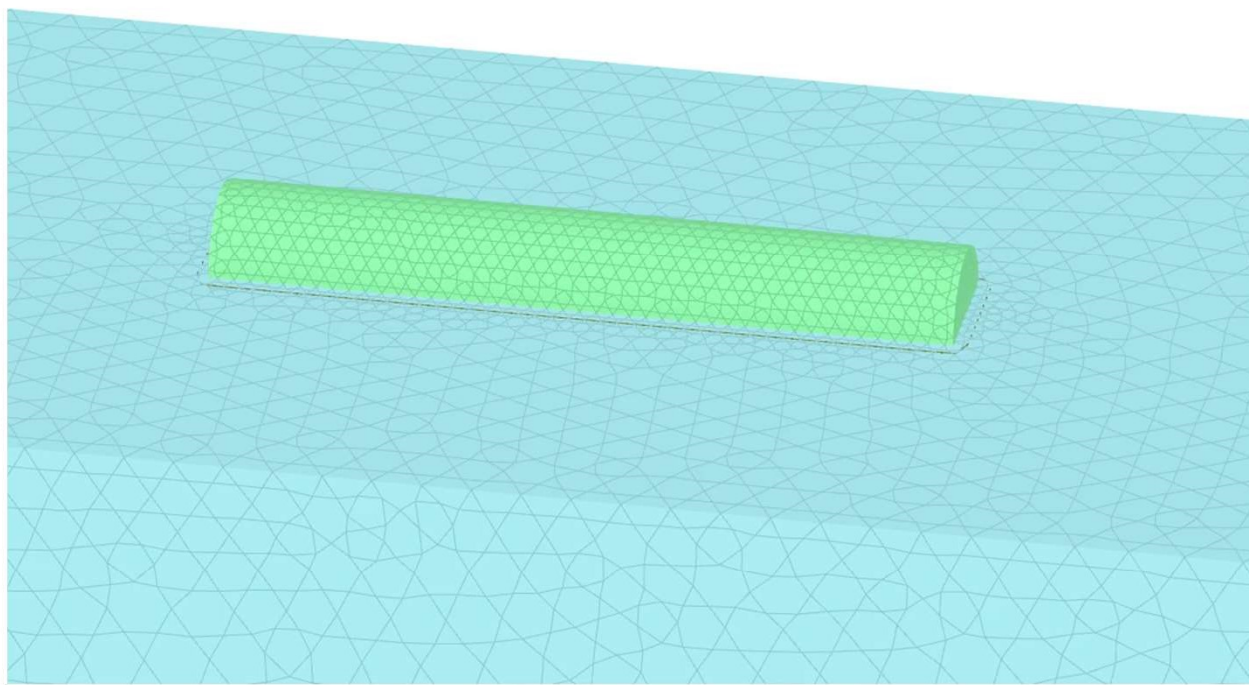
- Dados de entrada consistentes
- Simulação da interação usando o Método dos Elementos Finitos (além de inúmeras outras abordagens numéricas!)
- Avaliações paramétricas



## Simulação Numérica do Arrasto Axial



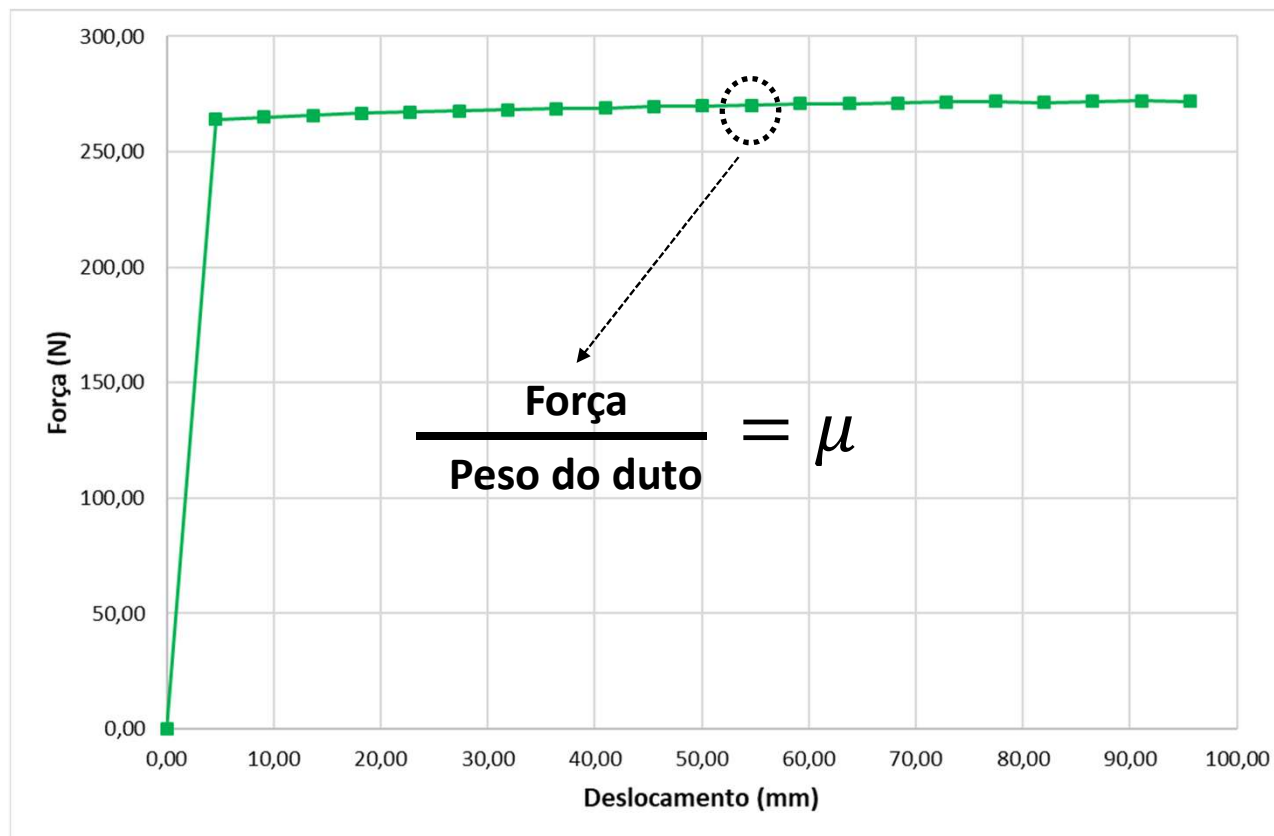
## Simulação Numérica do Arrasto Axial



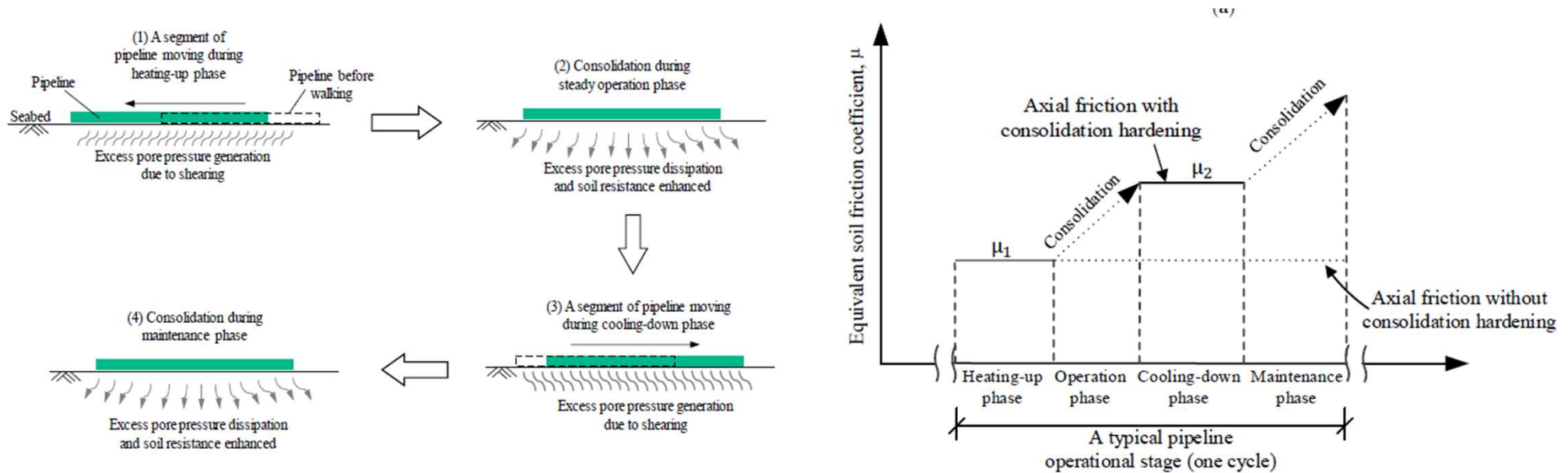
Deformed mesh |u| (scaled up 2,00 times) (Step 3)

Maximum value =  $0,9490 \cdot 10^{-3}$  m (at Node 5393)

## Simulação Numérica do Arrasto Axial

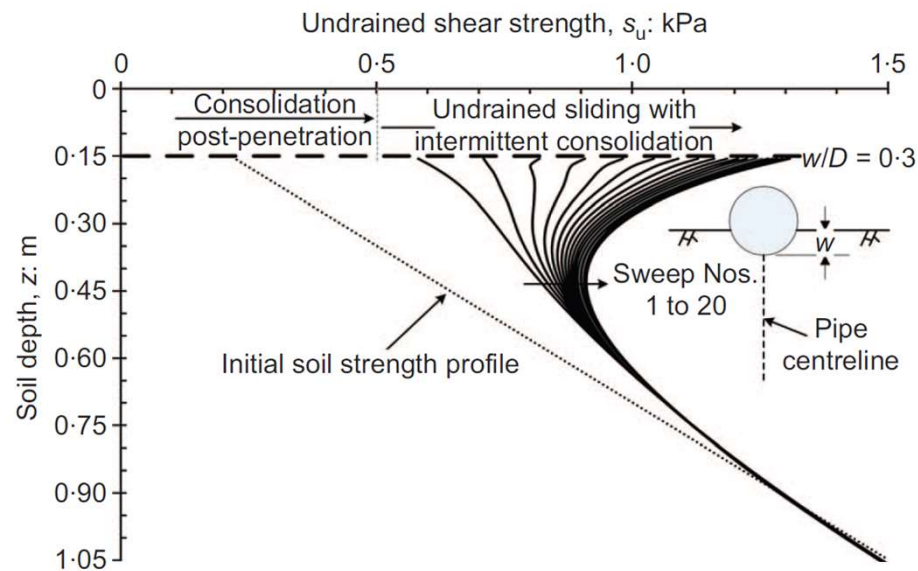


# Simulação Numérica do Arrasto Axial

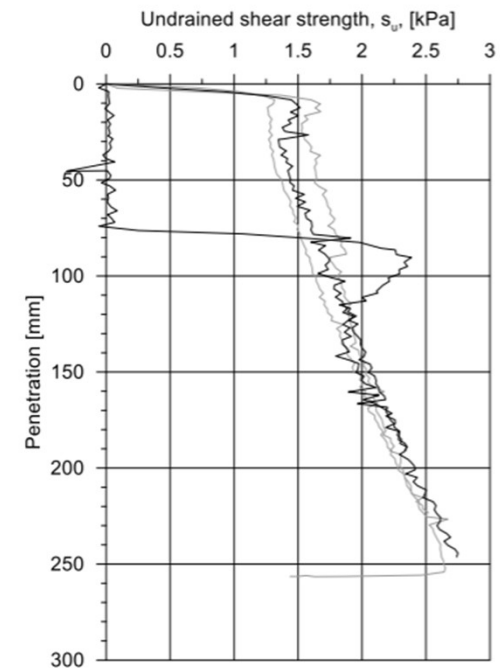


Hong et al. (2019)

# Simulação Numérica do Arrasto Axial

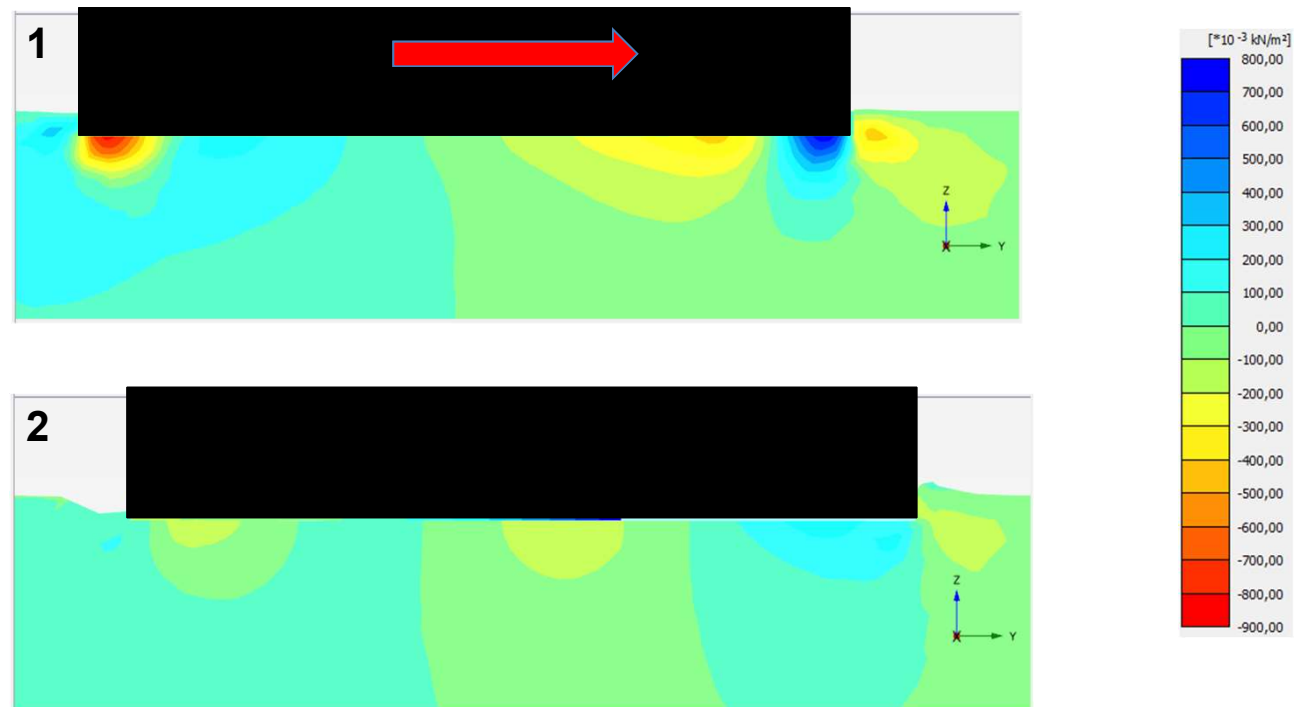


Yan et al. (2011)

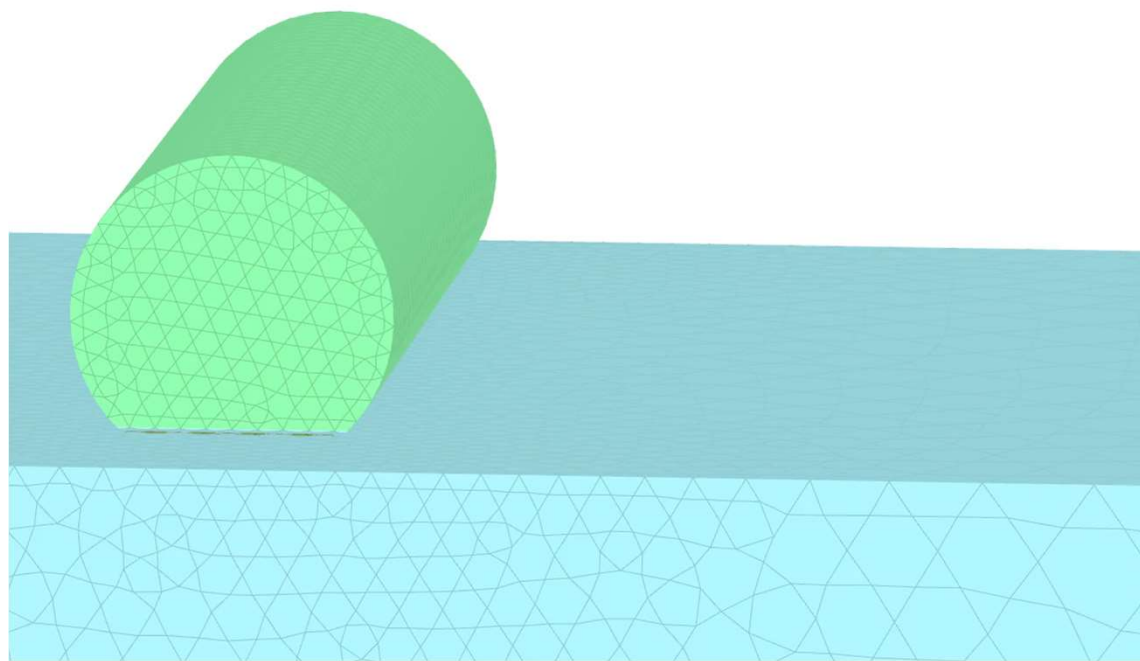


Smith and White (2014)

## Simulação Numérica do Arrasto Axial



## Simulação Numérica do Arrasto Lateral

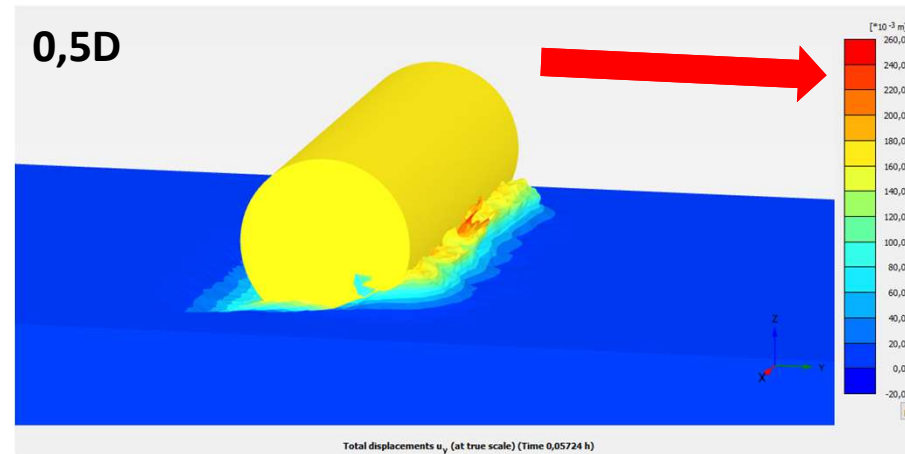
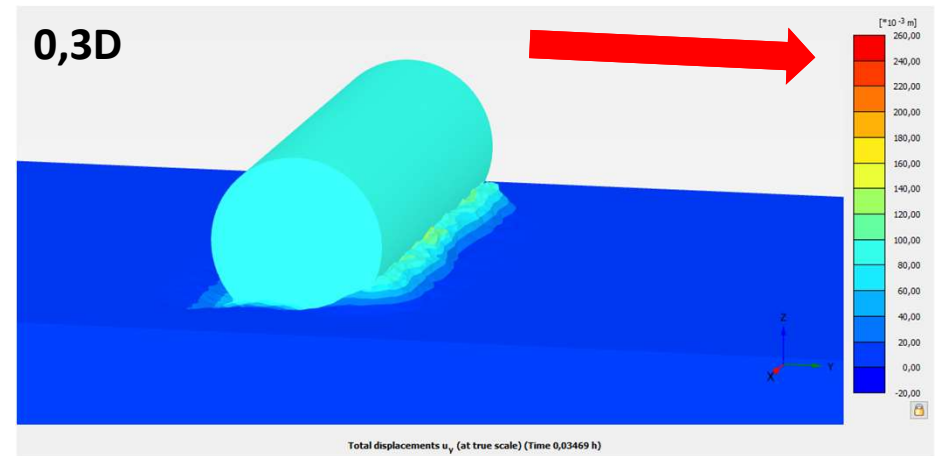
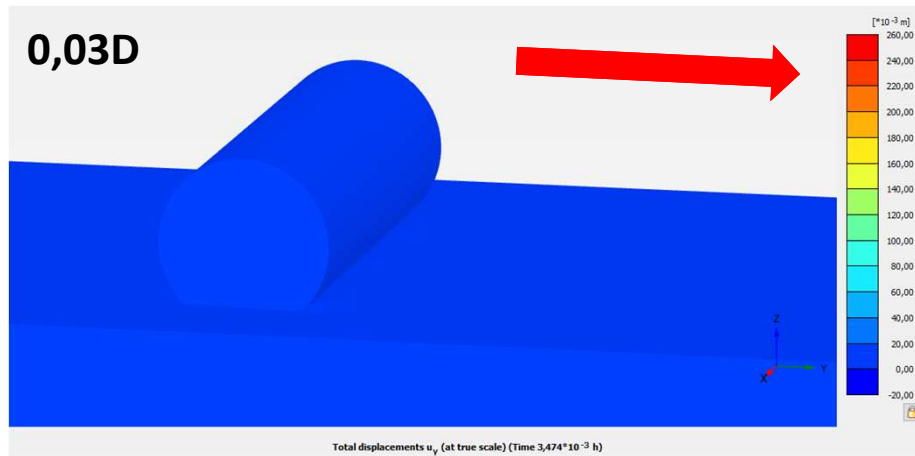


Deformed mesh |u| (at true scale) (Step 0)

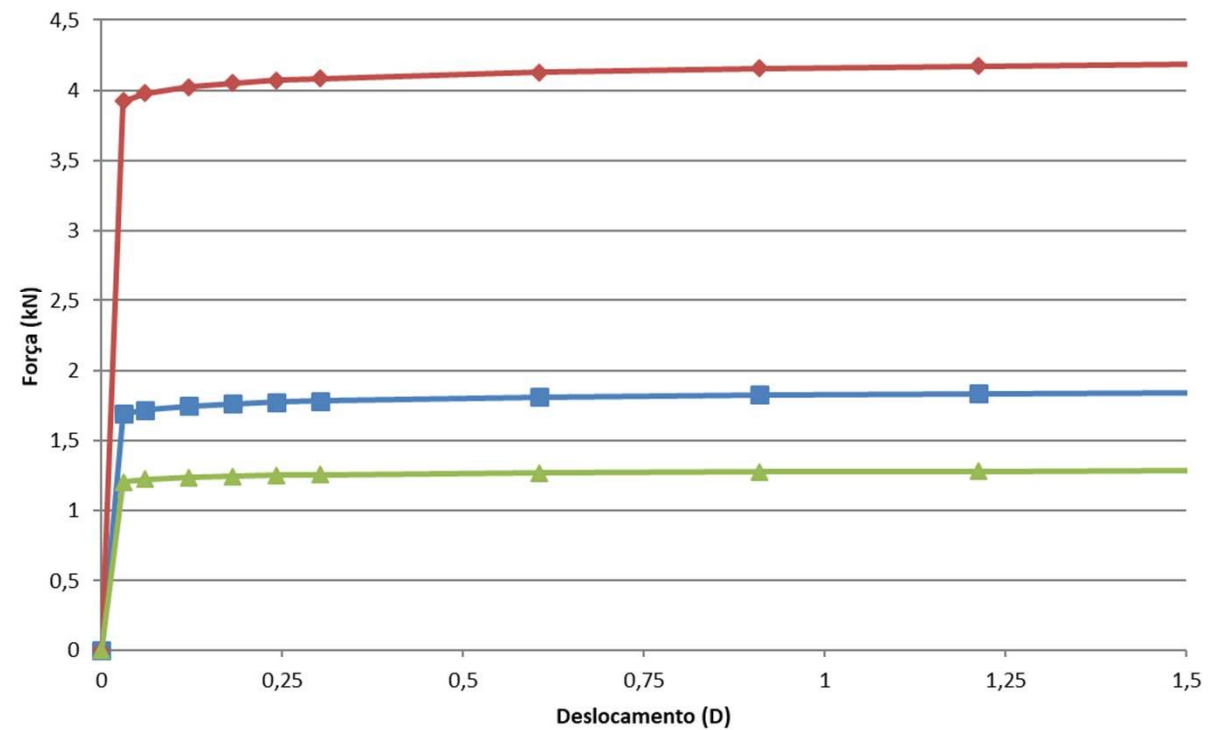
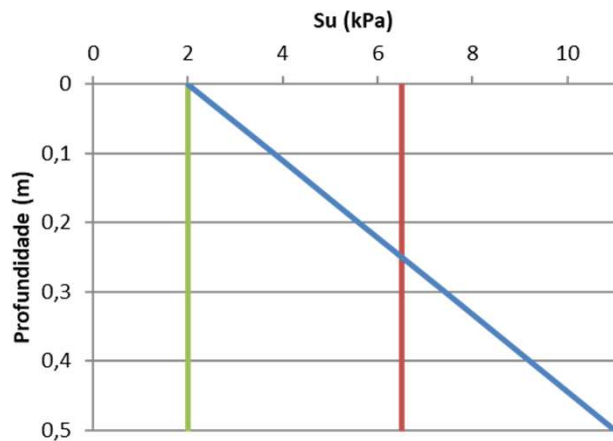
Maximum value = 0,000 m (at Node 1)



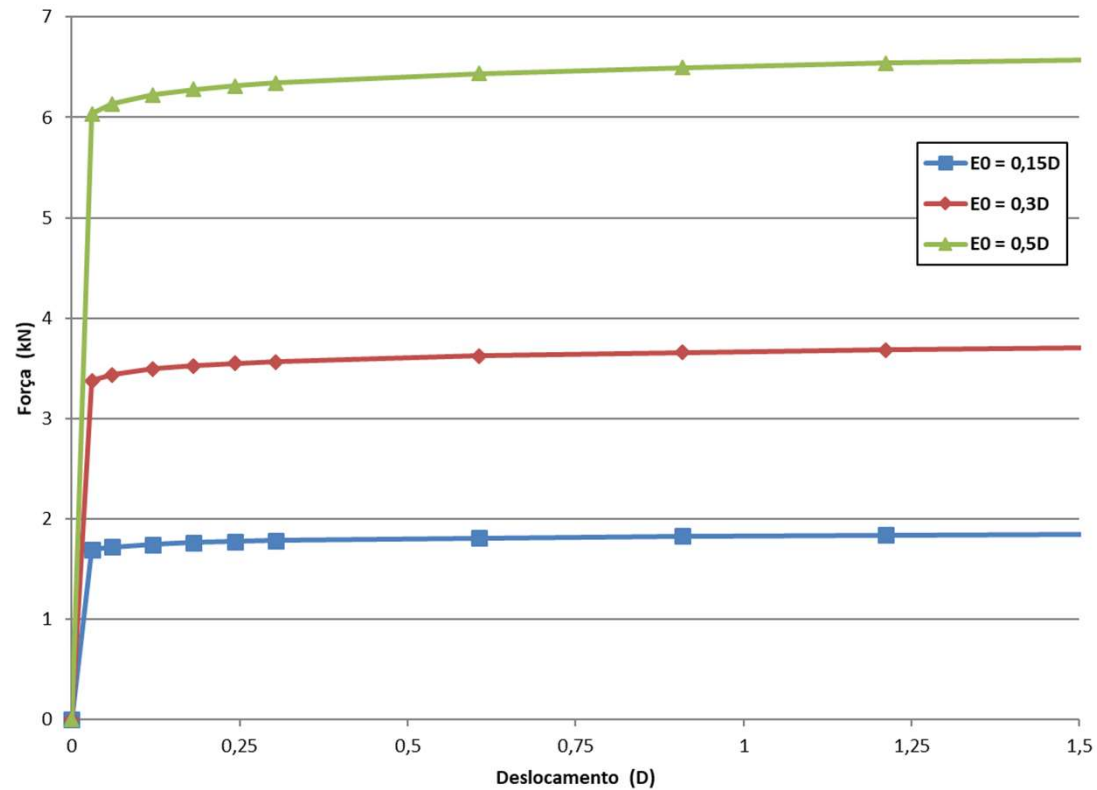
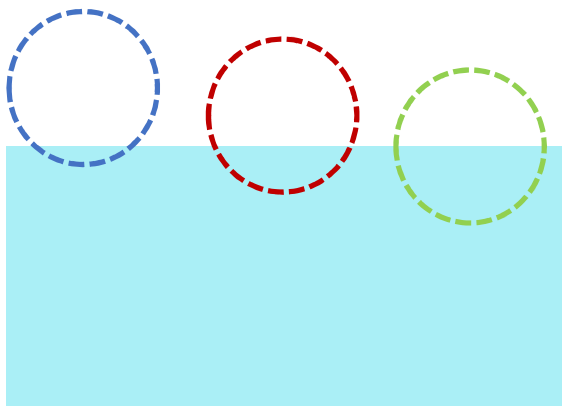
# Simulação Numérica do Arrasto Lateral



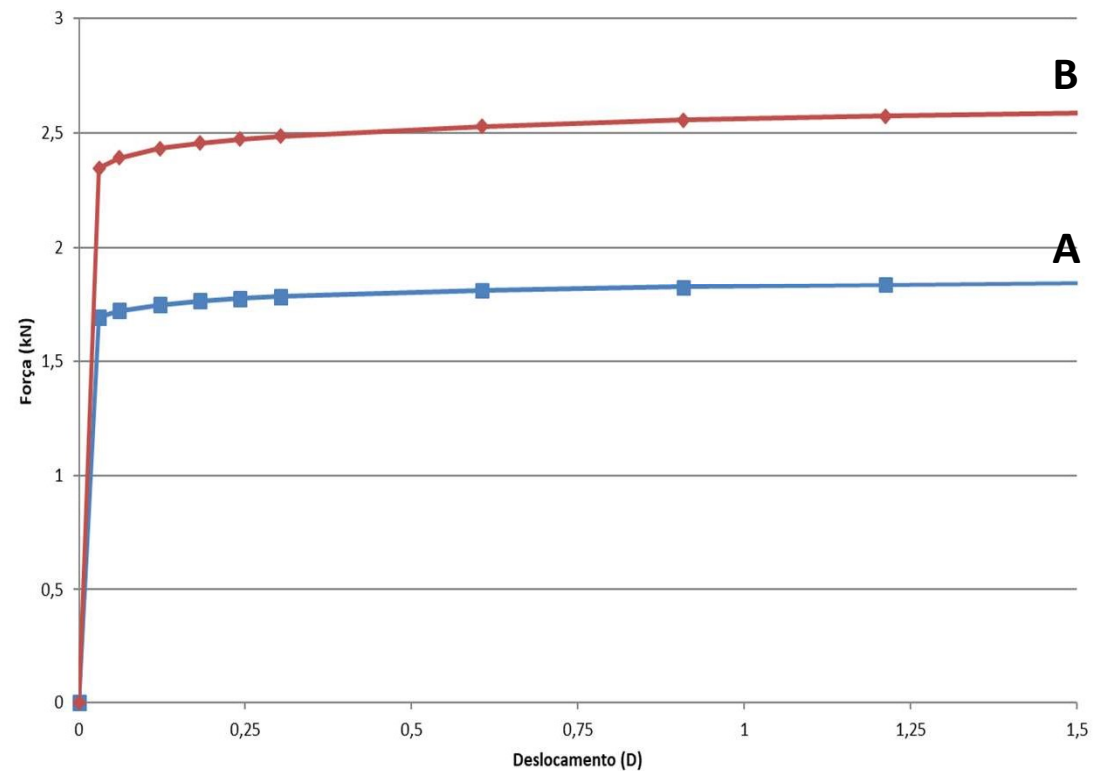
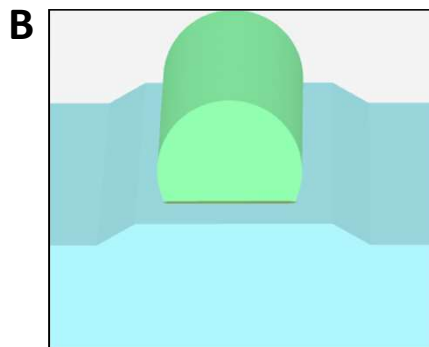
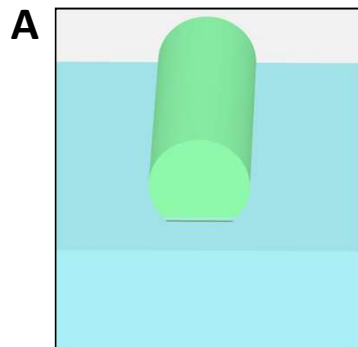
## Simulação Numérica do Arrasto Lateral



## Simulação Numérica do Arrasto Lateral



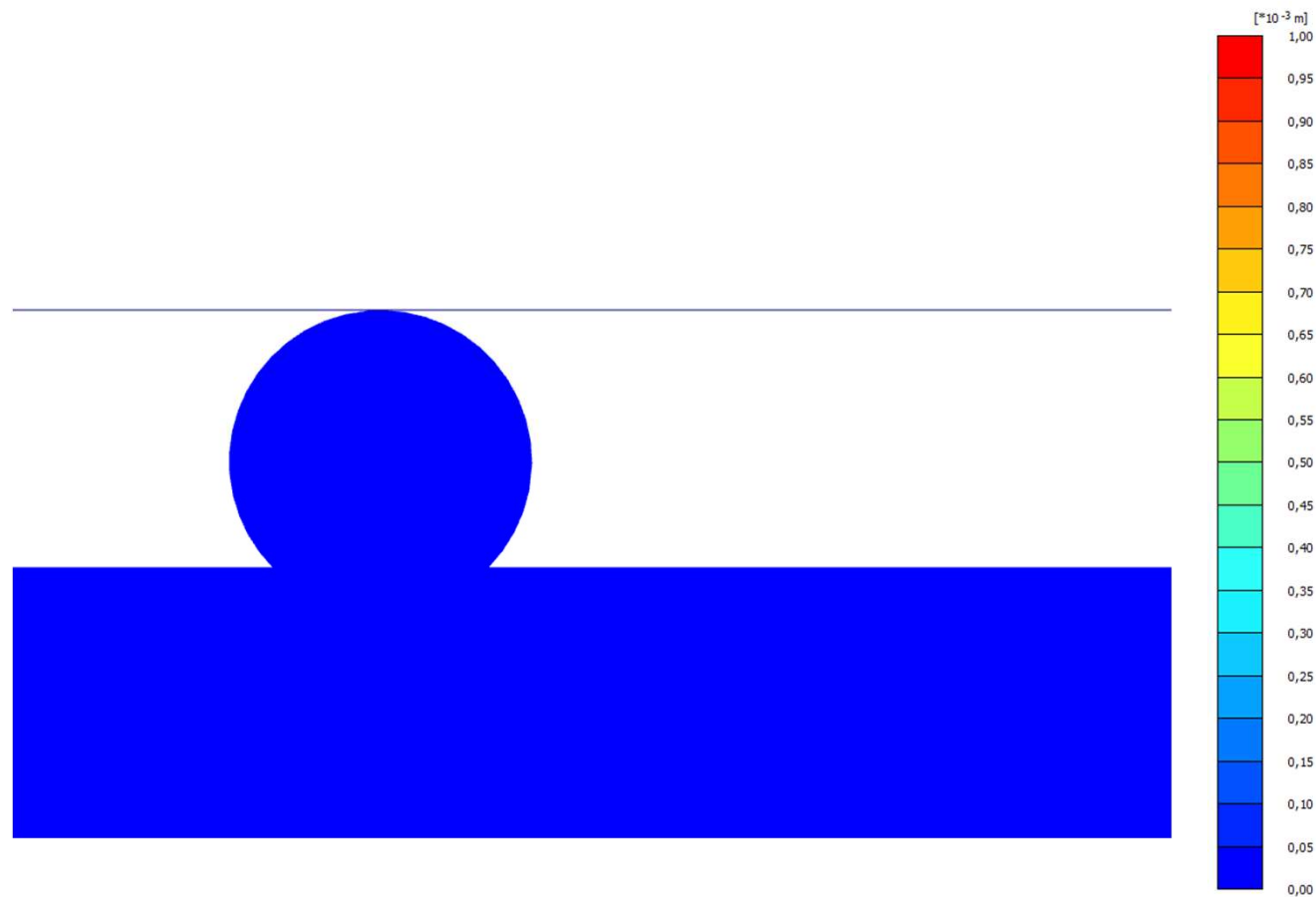
## Simulação Numérica do Arrasto Lateral



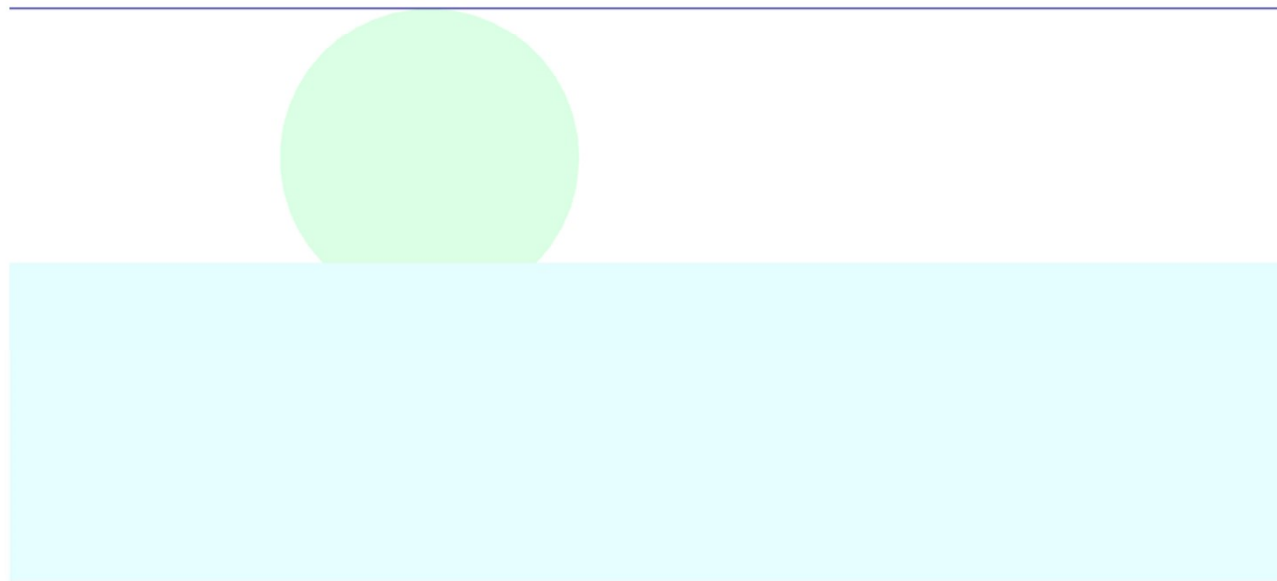
Mas...E aí?

Funciona???

## Simulação Numérica do Arrasto Lateral



## Simulação Numérica do Arrasto Lateral



## Retroanálise Numérica de Ensaios Experimentais

- Ensaios nos Tanques de Provas de Ensaios Geotécnicos
- Experimentos em escala real
- Validação dos modelos numéricos através da modelagem física



Tanques de Provas de Ensaios Geotécnicos



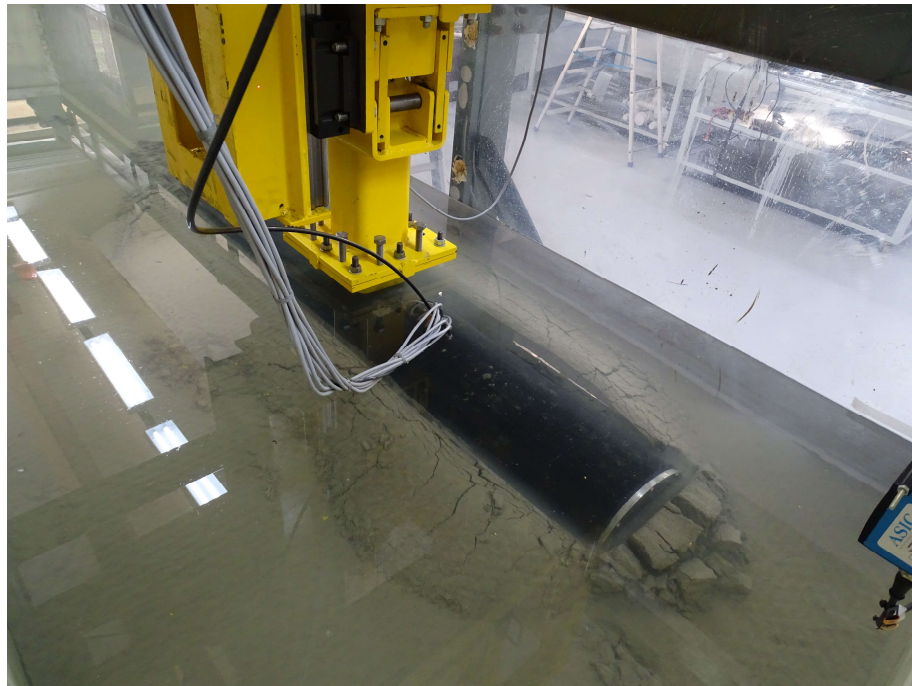
## Ensaio axiais – Tanque Pequeno



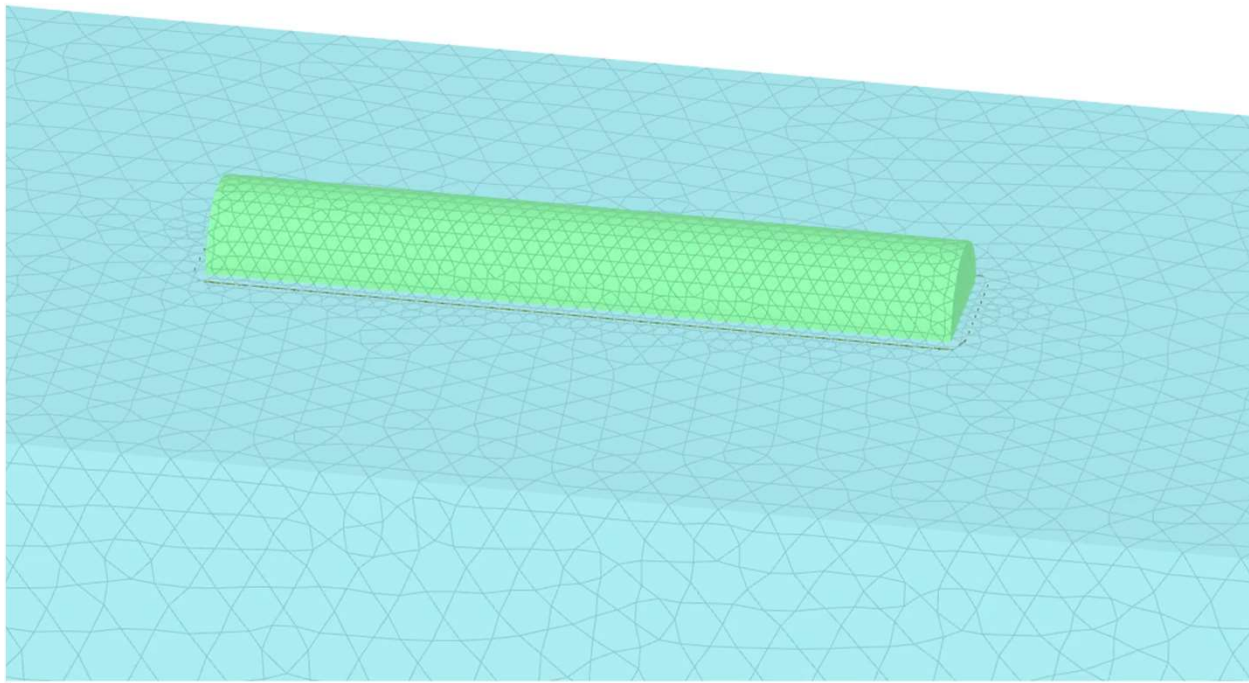
**5,0m (Comprimento) X 1,1m (Espessura) X 1,5m (Altura)**



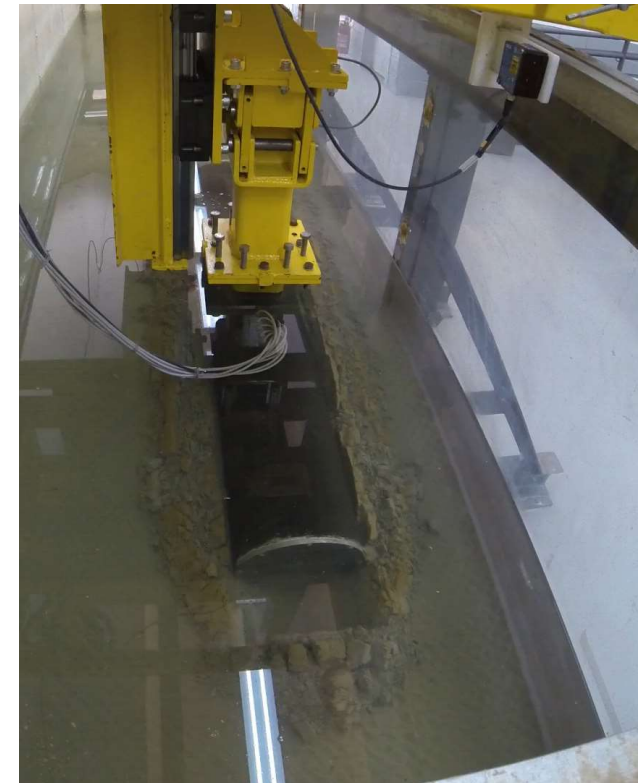
## Ensaio axiais – Tanque Pequeno



## Ensaaios axiais



Deformed mesh  $|u|$  (scaled up 2,00 times) (Step 3)  
Maximum value =  $0,9490 \cdot 10^{-3}$  m (at Node 5393)



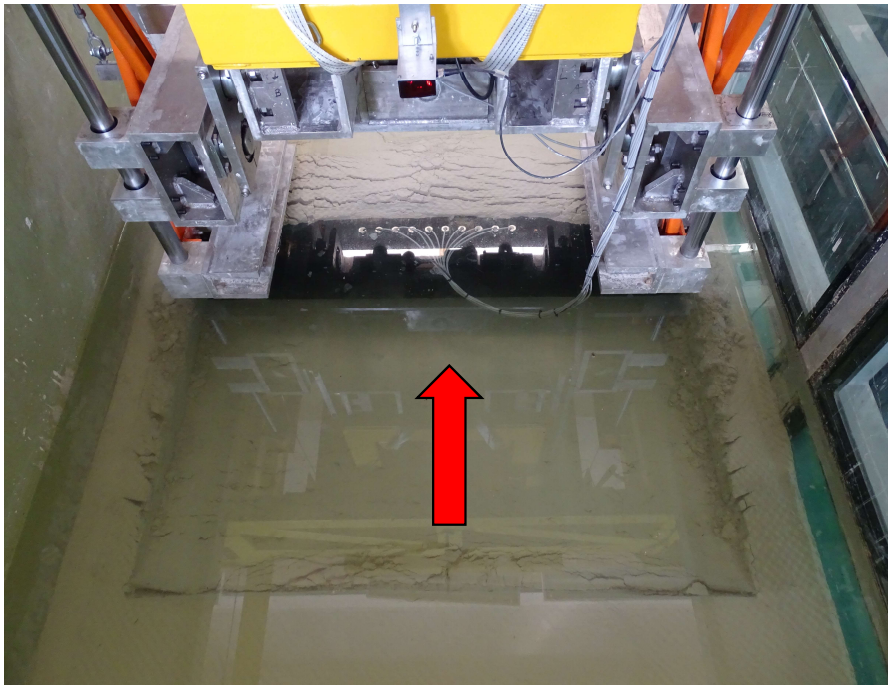
## Ensaio laterais – Tanque Grande



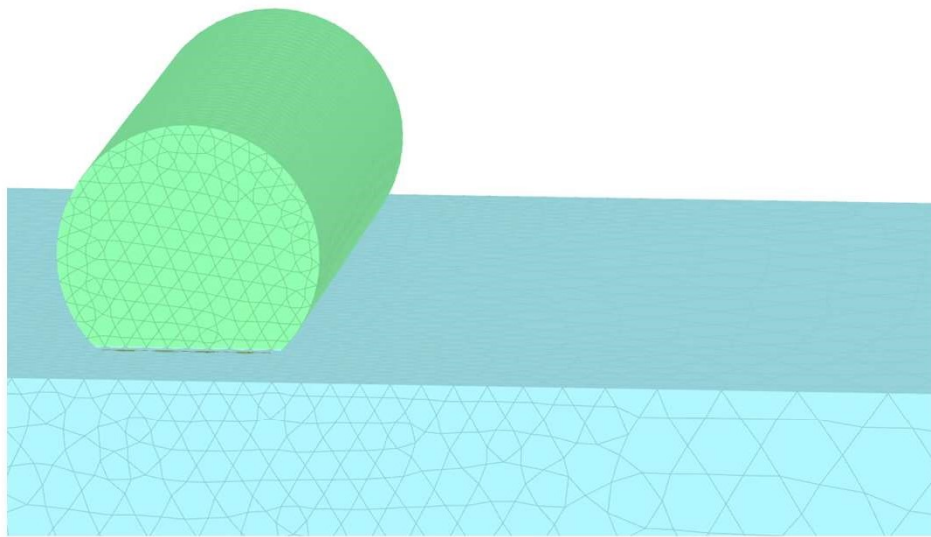
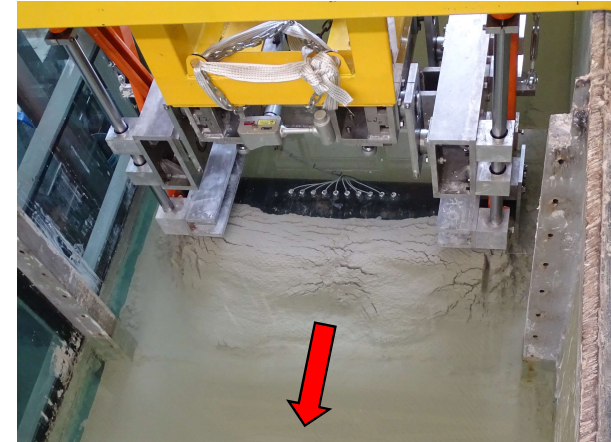
10,0m (Comprimento) X 2,0 m (Espessura) X 2,5m (Altura)



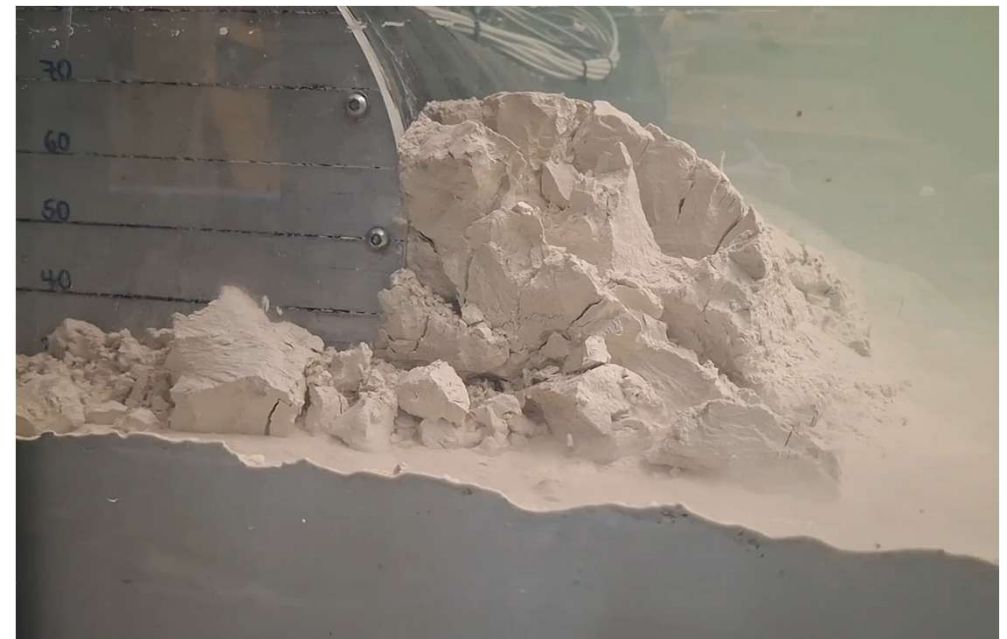
## Ensaio lateral – Tanque Grande



# Ensaio lateral – Tanque Grande



Deformed mesh |u| (at true scale) (Step 0)  
Maximum value = 0,000 m (at Node 1)



João Pedro Silva Pereira

jpereira@ipt.br

**OBIGADO!**

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
Av. Prof. Almeida Prado, 532 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-901

