Encontro Nacional do Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP - 2026

Operações de contenção de óleo derramado utilizando embarcações autônomas

Análise da etapa de lançamento

Marina Ximenes · Orientadores: Antonio Carlos Fernandes e Joel Sena Sales Jr

PRH 18.1/UFRJ

Tipo de bolsa: Graduação

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Gestão:

Motivação



Mancha de óleo no litoral do Rio de Janeiro, jan. 2025. Foto: O Globo (2025).

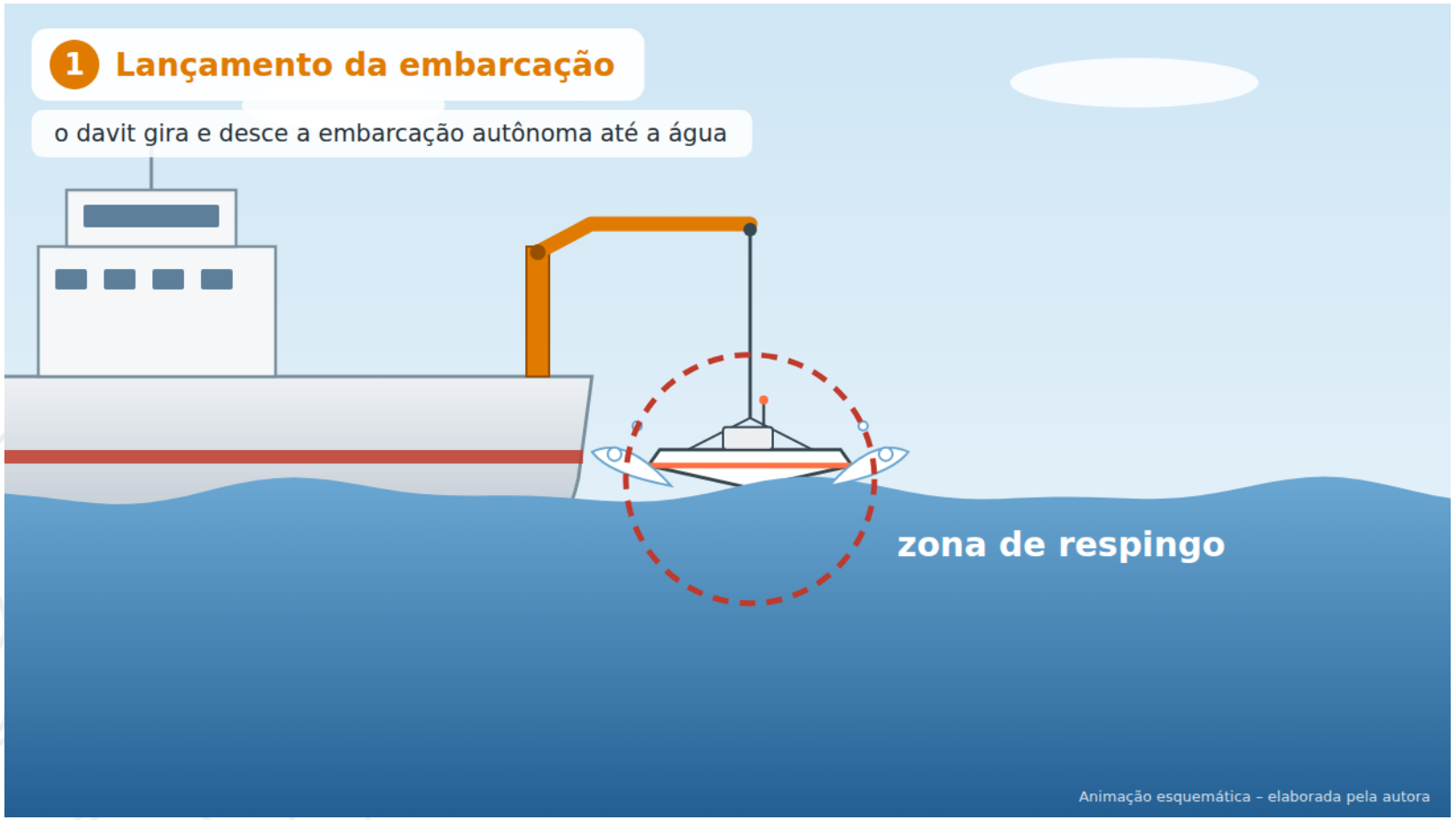
Prejuízo econômico
pesca e turismo sofrem mesmo depois da limpeza

Equipes expostas
vapores tóxicos e mar agitado durante a resposta

Corrida contra o tempo
quanto mais tarde a contenção, maior a mancha

Proposta do projeto: uma embarcação autônoma, sem ninguém a bordo, reboca a barreira junto com a embarcação-mãe.

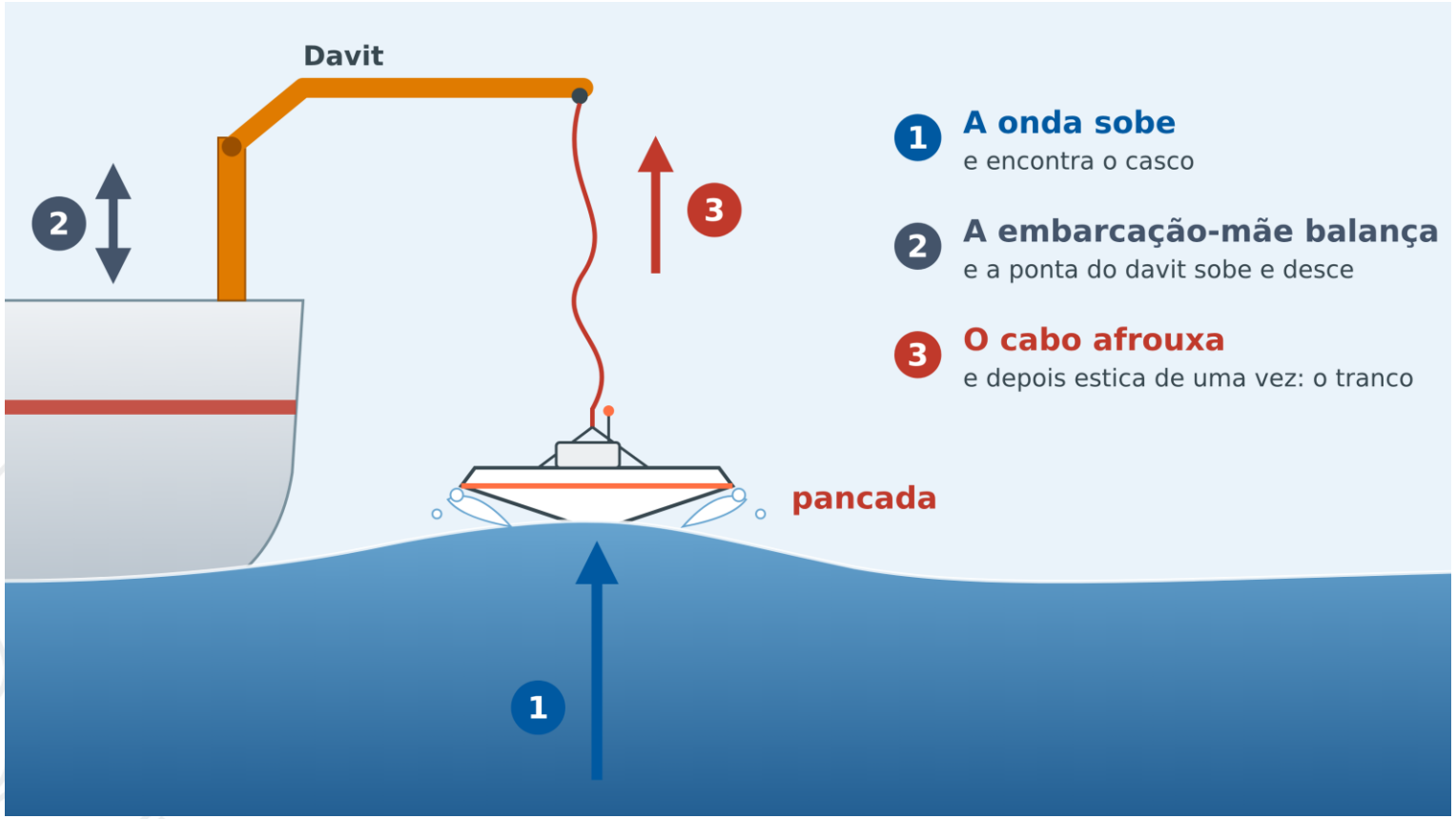
Como funciona a operação



Animação esquemática da operação completa, com base em Andrade (2024). Elaborada pela autora.

1. **Lançamento da embarcação**
   o davit coloca a autônoma na água
   etapa estudada
2. **Lançamento da barreira**
   a autônoma pega a ponta livre
3. **Contenção**
   em U, J ou V, ao lado da embarcação-mãe
4. **Recolhimento da barreira**
   a barreira volta ao carretel
5. **Recolhimento da embarcação**
   o davit iça a autônoma

O que acontece na entrada na água



1 A onda sobe
e encontra o casco

2 A embarcação-mãe balança
e a ponta do davit sobe e desce

3 O cabo afrouxa
e depois estica de uma vez: o tranco

Zona de respingo

a passagem pela superfície da água.

Parece uma "barriga" na piscina

... só que a piscina está se mexendo.

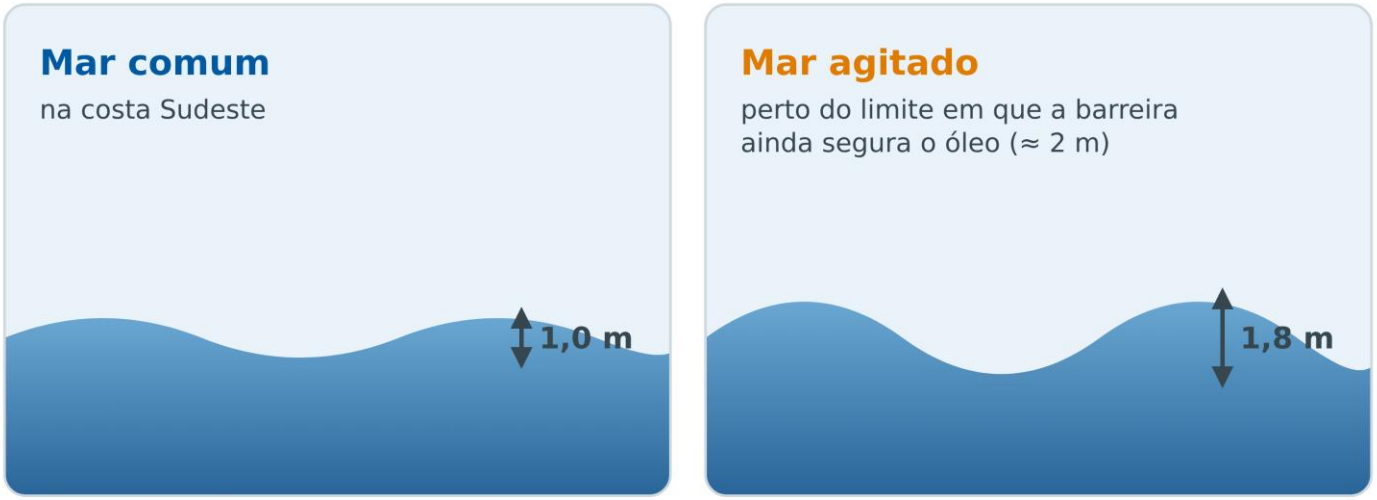
Resultado:

pancada no casco e tranco no cabo.

Etapa pouco explorada: os estudos de lançamento encontrados tratam principalmente do mecanismo e do controle, e pouco das cargas na entrada na água (Page e Mahmoudian, 2019).

Objetivo

As cargas no lançamento permitem operar nos mares em que a barreira ainda funciona?



Fontes: Pianca, Mazzini e Siegle (2010); Georgia Strait Alliance (2018).

Medir
a pancada do casco na água e a força no cabo de içamento

Comparar
os dois níveis de análise da norma DNV: o método simplificado e a simulação

Como se avalia hoje

a maior onda subindo + **a embarcação-mãe** descendo + **o guincho** descendo = **tudo ao mesmo tempo**

o pior caso possível de pancada e tranco

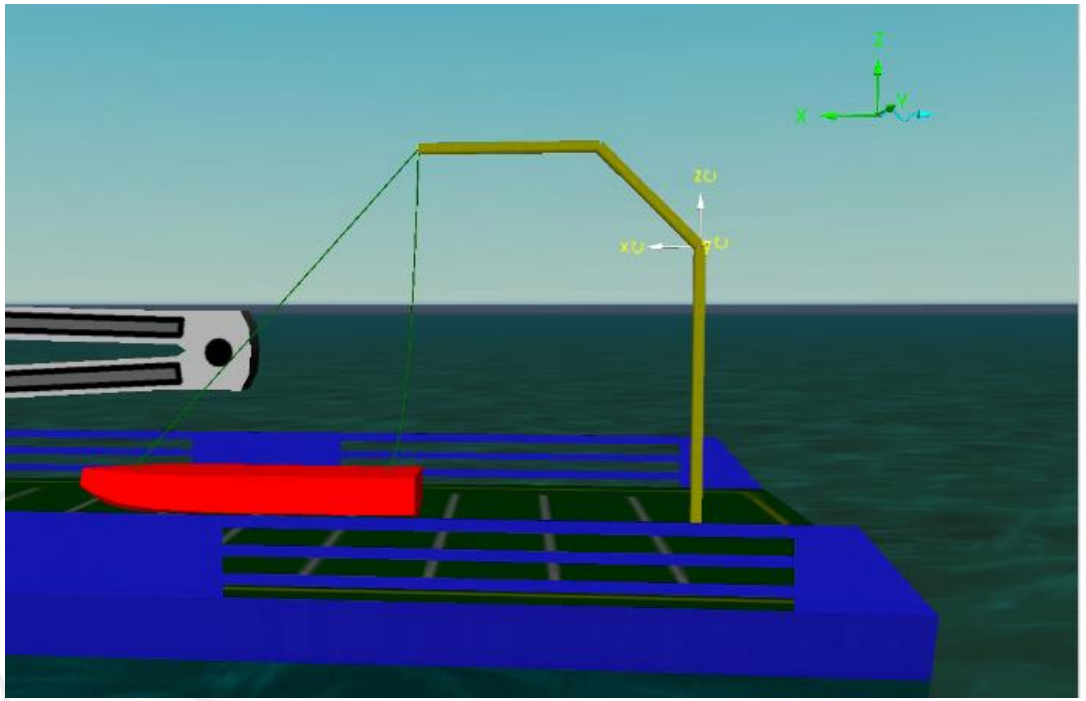
O que ele indica (força no cabo):

Mar de 1,0 m: 250 kN, abaixo da resistência do cabo (297 kN)

Mar de 1,8 m: 491 kN, acima da resistência: indica cautela

Rápido e conservador: serve de triagem. Para objetos leves em relação às ondas, a própria norma recomenda o passo seguinte: a simulação no tempo (DNV GL, 2017).

A simulação



Modelo no OrcaFlex: embarcação autônoma no convés, antes do lançamento.

O que entra

ondas irregulares de 1,0 e 1,8 m
movimentos da embarcação-mãe
cabo de aço real (Ø 18 mm)
embarcação de 9 m e 4,3 t

O que sai de cada simulação

pancada no casco

força máxima no cabo

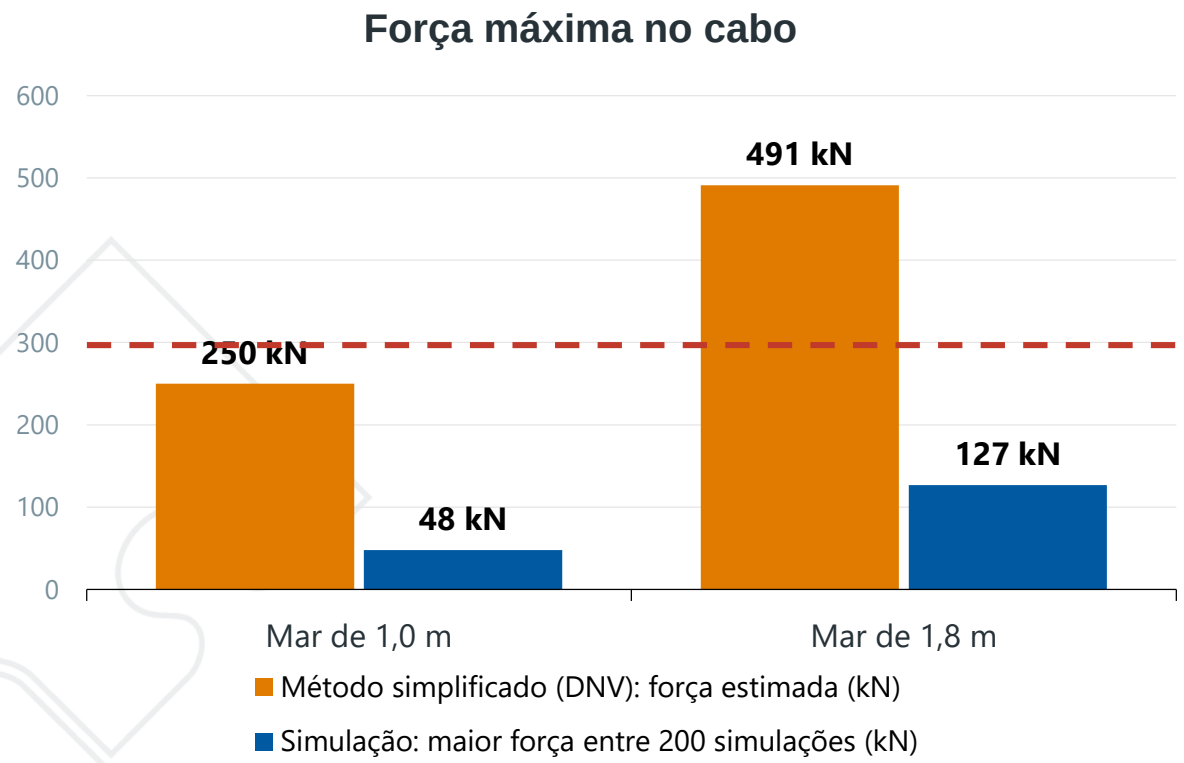
100 repetições por caso, com mares diferentes

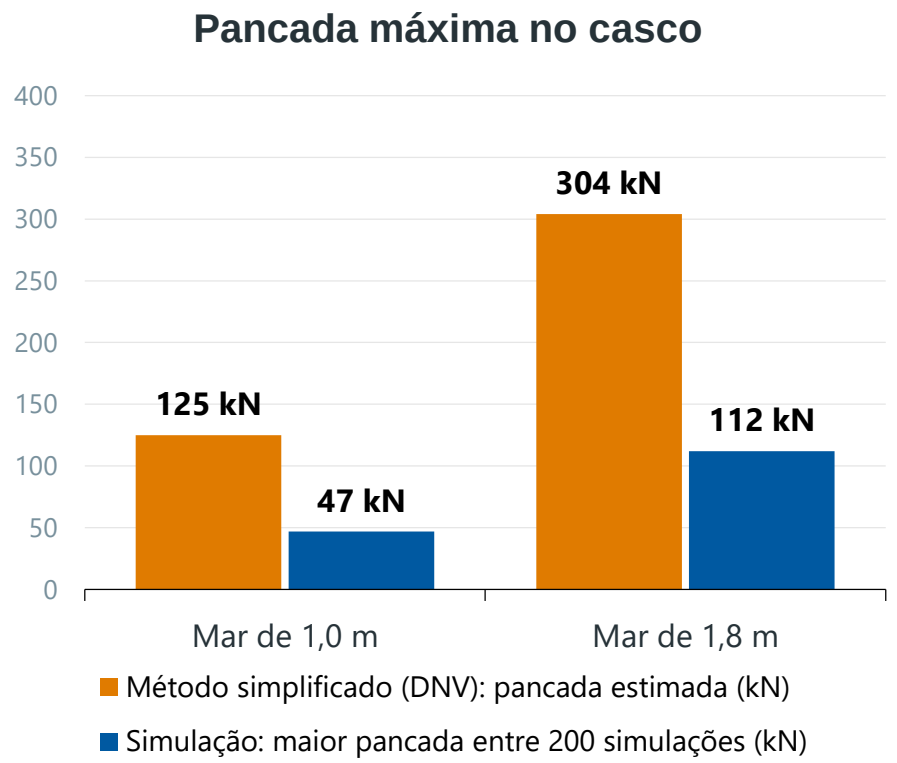
400 + 600 simulações principais + com variações do procedimento e do modelo

297 kN resistência do cabo de aço

Resultados

- - - resistência do cabo: 297 kN





Possíveis razões da diferença: os piores eventos raramente coincidem, e uma embarcação leve tende a ser freada pela própria pancada (Bjerkholt, 2014; Deng et al., 2024).

Aplicação na indústria de petróleo



Lançamento até 1,8 m

Nas 1.000 simulações, a força no cabo ficou abaixo da resistência: nos mares estudados, o lançamento não pareceu ser o fator limitante da contenção.



Procedimento favorável

Continuar soltando cabo após o contato e liberar a embarcação rapidamente manteve a força em 127 kN, menos da metade da resistência.



Apoio à decisão

Quando a triagem da norma indicar cautela, a análise detalhada pode ajudar a avaliar se a operação é viável.



Planos de emergência de exploração, produção e transporte de petróleo: potencial para ampliar a janela de resposta e reduzir a exposição das equipes.

Conclusões

1

Cargas na entrada na água abaixo da resistência do cabo

nos dois mares estudados, inclusive com ondas de 1,8 m

2

Os resultados sugerem que o método simplificado é conservador para embarcações leves

a força no cabo foi 4 a 5 vezes menor e a pancada cerca de 3 vezes menor na simulação

3

Primeiras estimativas para a etapa de lançamento do projeto

pancada e força no cabo em 1.000 simulações, para dois estados de mar

Nos mares estudados, os resultados indicam que o lançamento não limita a operação de contenção.

Referências

ANDRADE, E. M. Containment and recovery operations during oil spill response operations. Nota técnica. Rio de Janeiro: COPPE/LOC/UFRJ, 2024.

BJERKHOLT, R. F. Analysis of ROV lift operation. Dissertação (Mestrado) – NTNU, Trondheim, 2014.

DENG, Y. et al. Launch and recovery of a work class ROV through wave zone in small offshore service vessel. Ocean Engineering, v. 309, 118541, 2024.

DNV GL. DNVGL-RP-N103: Modelling and analysis of marine operations. Høvik: DNV GL, 2017.

GEORGIA STRAIT ALLIANCE. Limits to effectiveness of containment booms in the project marine area. Appendix A, 2018.

O GLOBO. [matéria sobre o Atlantic Zonda – completar]. Rio de Janeiro, jan. 2025.

PAGE, B. R.; MAHMOUDIAN, N. ALARS – Automated launch and recovery system for AUVs. 2019.

PIANCA, C.; MAZZINI, P. L. F.; SIEGLE, E. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. Brazilian Journal of Oceanography, v. 58, n. 1, 2010.

Programa de Recursos Humanos da ANP

Marina Ximenes

Obrigada!

marinaximenes.20221@poli.ufrj.br

Laboratório de Ondas e Correntes – COPPE/UFRJ