

**XII Reunião Anual de Acompanhamento**  
Laboratório de Computação Científica e Visualização



# **CADERNO DE RESUMOS**

## XII Reunião Anual de Acompanhamento

Laboratório de Computação Científica e Visualização - LCCV  
Centro de Tecnologia - CTEC  
Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Maceió, Alagoas  
2022

## PREFÁCIO

Em 19 de novembro de 2009, como resultado de um grande Convênio com a PETROBRAS para criação de uma infraestrutura de pesquisa, desenvolvimento e inovação, foi inaugurado o espaço físico denominado Laboratório de Computação Científica e Visualização - LCCV, como uma unidade integrada ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas. A partir desta data, como fruto de um trabalho colaborativo entre pesquisadores docentes, discentes e egressos discentes, a Universidade Federal de Alagoas passou a abrigar uma infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras, considerando estudos científicos avançados, para problemas de engenharia.

Em parceria com a PETROBRAS, por meio de projetos e convênios, o LCCV/UFAL vem contribuindoativamente para a solução de problemas complexos de engenharia nas áreas de Petróleo e Gás e, mais recentemente, na área de transformação digital. A cada ano, como forma de promover junto aos parceiros e a interessados no contexto de desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, um ambiente de discussão e aprendizagem colaborativa, o LCCV promove a Reunião Anual de Acompanhamento (RAA), na qual são apresentadas as atividades desenvolvidas ao longo do ano por cada colaborador nos projetos vigentes e encerrados no ano em curso. Já consolidada desde 2011, o evento se torna significativo a cada tempo e nesta edição retorna ao seu modo de apresentação presencial. Atualmente, o LCCV congrega alunos, pesquisadores, técnicos e professores que desenvolvem projetos nas seguintes áreas de atuação: Dutos e Risers, Engenharia de poços, Engenharia Oceânica, Geomecânica computacional e Modelagem computacional de linhas de ancoragem e de produção, tendo a Tecnologia da Informação como tema transversal. Mais recentemente o LCCV implantou internamente o desenvolvimento de um Sistema de Gestão e a expertise adquirida com o mesmo se tornou, desde 2021, uma área de atuação do LCCV.

**Universidade Federal de Alagoas - UFAL**

Reitor: Josealdo Tonholo

Vice-reitora: Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti

**Centro de Tecnologia - CTEC**

Diretor: Vladimir Caramori Borges de Souza

Vice-diretor: Roberto Barbosa dos Santos

**Laboratório de Computação Científica e Visualização - LCCV**

Adeildo Soares Ramos Jr.

Aline da Silva Ramos Barboza

Eduardo Nobre Lages

Eduardo Setton Sampaio da Silveira

Eduardo Toledo de Lima Júnior

João Paulo Lima Santos

William Wagner Matos Lira

**Fundação Universitária de Desenvolvimento de Extensão e Pesquisa - FUNDEPES**

Presidente: Ricardo Antonio de Barros Wanderley

Vice-presidente: Taciana Melo dos Santos

**Revisores de Conteúdo Técnico-Científico**

Beatriz Ramos Barboza

Catarina Nogueira de Araújo Fernandes

Christiano Augusto Ferrario Várady Filho

Daniell Pontes Silva

Diego de Vasconcelos Gonçalves Ferreira

Eduardo da Silva Paranhos Sobrinho

Emerson Acácio Feitosa Santos

Fábio Martins Gonçalves Ferreira

Felipe Pedrosa de Lima

Francisco de Assis Viana Binas Júnior

Heleno Pontes Bezerra Neto  
Jéssica Pontes de Vasconcelos Valença  
João Paulo Nogueira de Araújo  
Josué Domingos da Silva Neto  
Leandro Melo de Sales  
Luciana Correia Laurindo Martins Vieira  
Márcio de Medeiros Ribeiro  
Marcos Antônio Barbosa Lima  
Teófanes Vitor Silva  
Thiago Barbosa da Silva  
Tiago Peixoto da Silva Lobo  
Weverton Marques da Silva

### **Design da Capa**

Regis dos Santos Coelho

# Sumário

<b>1 Projetos</b>	<b>8</b>
1.1 Estratégias e Ferramentas Computacionais para Projeto de Coluna de Perfuração em Poços de Petróleo (CAESAR 2) . . . . .	9
1.2 Dynasim UFAL - Modelagem computacional do comportamento de linhas de ancoragem, de produção e de alívio . . . . .	10
1.3 Modelagem Numérica de Interação Duto-Escorregamentos Submarinos através do Método dos Pontos Materiais . . . . .	11
1.4 Desenvolvimento de programa numérico utilizando o Método dos Pontos Materiais (MPM), para a simulação paralela de escorregamentos submarinos em 3-D e sua interação com equipamentos e estruturas (E-Sub3D) . . . . .	12
1.5 Desenvolvimento de uma Plataforma Web Colaborativa Baseada na Integração de Simuladores para Elaboração de Projetos de Engenharia Naval e Submarina na Era da Transformação Digital (Naval-SubWEB) . . . . .	13
1.6 APIs para Digital Twin (DT) de Superfícies de Modos de Falha de DRS (Pipe API) . .	14
1.7 Projeto Gestão Integrada . . . . .	15
1.8 Modelos e Ferramentas Computacionais para Apoio ao Dimensionamento de Revestimentos de Poços . . . . .	16
1.9 Desenvolvimento de Ferramentas Computacionais para Modelagem em Tempo Real da Integridade de Estrutura de Poço . . . . .	17
1.10 SESTSOLOS: Técnicas de modelagem numérica aplicadas a estimativa de propriedades de solo para projetos de poços de petróleo . . . . .	18
<b>2 Gestão integrada de projetos</b>	<b>19</b>
2.1 Processo de prestação de contas da fundação de apoio . . . . .	20
2.2 Redmine como ferramenta de gestão da informação . . . . .	21
2.3 Processo de avaliação de estrutura física como instrumento de manutenção preventiva e corretiva . . . . .	22
2.4 Prometheus como ferramenta de monitoramento e alerta de eventos . . . . .	23
2.5 Modelo de gestão de gastos aplicado ao sistema de fornecimento contínuo de energia .	24
2.6 Gestão de intercorrências do sistema de fornecimento de energia . . . . .	25
2.7 Modelo de gestão de estoques do LCCV . . . . .	26
2.8 Modelo de gestão de manutenção do LCCV . . . . .	27
2.9 Portabilidade de programação de rotinas com Django-Crontab . . . . .	28
2.10 Utilização da ferramenta SonarQube para análise de métricas de qualidade . . . . .	29
2.11 Criação de interfaces com Figma . . . . .	30
2.12 Telegram como ferramenta de acompanhamento de processos . . . . .	31
2.13 PrimeNG como biblioteca de componentes . . . . .	32
2.14 Mensageria com AWS Lambda e SQS . . . . .	33
2.15 Implementação de um pipeline de deploy automatizado com Github Actions . . . . .	34
2.16 Processo de pagamento a fornecedores da fundação de apoio . . . . .	35
<b>3 Dutos e Risers</b>	<b>36</b>

3.1	Estudo paramétrico de dutos rígido submarinos sujeitos a flambagem lateral . . . . .	37
3.2	Validação de um modelo simplificado para simulação de flambagem termomecânica em dutos . . . . .	38
3.3	Revisão Bibliográfica sobre Flambagem Global de Dutos Submarinos . . . . .	39
3.4	Desenvolvimento de superfície de resposta para análise de flambagem em dutos submarinos . . . . .	40
3.5	Análise de ferramentas para execução paralela de simulações para construção de superfície de resposta . . . . .	41
<b>4</b>	<b>Engenharia de Poços</b>	<b>42</b>
4.1	Modelos Preditivos para ROP como Suporte à Otimização em Tempo Real da Perfuração de Poços de Petróleo . . . . .	43
4.2	Análise dos Carregamentos Dinâmicos Atuantes na Coluna Durante a Perfuração de Poços de Petróleo . . . . .	44
4.3	Processamento de Linguagem Natural Aplicada ao Processo de Perfuração de Poços de Petróleo . . . . .	45
4.4	Análise de Fadiga em Conexões de Colunas de Perfuração Usando o Método dos Elementos Finitos . . . . .	46
4.5	Metodologias para Otimização de Projeto da Coluna de Perfuração Considerando Operações de Alargamento . . . . .	47
4.6	Evolução Tecnológica em Software para Projeto de Perfuração de Poços . . . . .	48
4.7	Análise de Vida à Fadiga em Coluna de Perfuração Utilizando Curvas SN . . . . .	49
4.8	Otimização das Operações de Alargamento e Testemunhagem Atuando na Coluna de Perfuração . . . . .	50
4.9	Integração e Entrega Contínuas Inseridas na Criação de Ferramentas para a Indústria de Óleo e Gás . . . . .	51
4.10	Otimização do Processo de Retirada de Testemunho Utilizando Aproximação Termoporoelástica . . . . .	52
4.11	Reestruturação do Módulo de Anomalias para Recebimento de Dados em Batelada . . . . .	53
4.12	Estudo e Modelagem do Aumento de Pressão em Anulares de Poços de Petróleo . . . . .	54
4.13	Simulação Numérica de Métodos Para Mitigação do Aumento de Pressão em Anulares de Poços de Petróleo . . . . .	55
4.14	Modelagem computacional da elevação de pressão em anulares em região salina . . . . .	56
4.15	Análise Probabilística de Tubos de Revestimento Baseada em Elementos Finitos . . . . .	57
4.16	Análise da Influência de Tensões Axiais na Integridade de Revestimento de Poços . . . . .	58
4.17	Descrição do Módulo de Detecção de Anomalias para Aperfeiçoamento da Ferramenta	59
4.18	Estudo Geométrico e de Performance de Conexões de Revestimentos API <i>Round</i> e <i>Buttress</i> . . . . .	60
4.19	Detecção de Picos na Derivada Numérica para o Módulo de Anomalias . . . . .	61
4.20	Estratégia automatizada para a modelagem numérica do APB em poços verticais de petróleo . . . . .	62
4.21	Resistência de tubos desgastados e corroídos em poços de petróleo ao longo de seu ciclo de vida . . . . .	63
4.22	Contribuição para o aprimoramento de um simulador térmico em colunas de revestimento e anulares de poços de petróleo . . . . .	64
4.23	Modelagem Numérica de Colunas de Produção e Injeção em Poços de Petróleo para Quantificação de Atrito e Esforços Axiais . . . . .	65
4.24	Modelagem e Estratégias de Mitigação do Aumento de Pressão em Anulares Confinados de Poços . . . . .	66
4.25	Análise do Comportamento do Solo em Operações com Condutor Cravado . . . . .	67
4.26	Análise Confiabilidade dos Revestimentos Condutor e Superfície em Projetos Estruturais de Poços de Petróleo . . . . .	68
4.27	Cravabilidade de Condutor em Solos Arenosos: Uma Revisão de Literatura . . . . .	69

4.28	Desenvolvimento do Sest-Solos e Simcon . . . . .	70
4.29	Modelagem Numérica de Freio Geomecânico em Base Torpedo para Análises de Cravabilidade . . . . .	72
4.30	Modelagem Estatística de Solos Marinhos Baseada em Testes de Piezocone . . . . .	73
4.31	Simulações numéricas do jateamento de um revestimento condutor em solo argiloso . . . . .	74
4.32	Análise Numérica de Métodos de Otimização de Parâmetros de Projeto Estrutural de Poços de Petróleo . . . . .	75
4.33	Modelagem da cravação de condutores com o MPM . . . . .	76
4.34	Análise da integridade de revestimentos de poços de petróleo submetidos ao evento de WCD . . . . .	77
<b>5</b>	<b>Engenharia Oceânica</b>	<b>78</b>
5.1	Portal SubWEB - Banco de Acessórios . . . . .	79
5.2	Integração da aplicação OtimRota com o portal SubWEB . . . . .	80
5.3	Portal SubWEB - Barramento de Encomendas . . . . .	81
5.4	Aplicação Explosão: viabilizando a execução de análises de explosão aos projetos de estruturas navais . . . . .	82
5.5	Adição de métodos à aplicação Sistemas Navais v3.0: permitindo que usuários tenham controle sobre o cadastro de processos . . . . .	83
5.6	Incorporação de um pré-visualizador de arquivos ao aplicativo Estruturas do portal NavalWeb . . . . .	84
5.7	Portal SubWEB - Aplicação Histórico Operacional: Processamento e exibição da topologia de interligações . . . . .	85
5.8	Portal SubWEB - Aplicação Histórico Operacional: Processamento e exibição de dados operacionais . . . . .	86
5.9	Configuração de um cluster para suporte ao desenvolvimento do NavalSubWEB . . . . .	87
5.10	Portal NavalWeb: Aplicação Estruturas . . . . .	88
5.11	Implementação de um SDK em Python para acesso às APIs da Plataforma SQUID . . . . .	89
5.12	Implementação de um SDK em Python para acesso às APIs do Portal SubWEB . . . . .	90
5.13	Migração e expansão do serviço de relatórios da Squid . . . . .	91
5.14	Plataforma de Comunicação e Documentação do projeto NavalSubWeb . . . . .	92
5.15	Estratégia de predefinição de variáveis com o foco no reuso e otimização de tempo de projeto de sistemas navais . . . . .	93
5.16	Aplicação Sistemas Navais v3.0: automatizando e auxiliando processos de dimensionamento de bombas . . . . .	94
5.17	Busca em Estoque: Inclusão dos tramos em operação no universo de candidatos à reaproveitamento de dutos . . . . .	95
5.18	Portal NavalWeb: Elaboração de Manuais de Usuário das Aplicações Projetos e Estruturas	96
<b>6</b>	<b>Geomecânica Computacional</b>	<b>97</b>
6.1	Uma nova estratégia para a estimativa da pressão de impacto com o Método dos Pontos Materiais (MPM) . . . . .	98
6.2	Incorporação de modelos elasto-plásticos ao método dos pontos materiais para simulação de problemas geomecânicos . . . . .	99
<b>7</b>	<b>Modelagem computacional de linhas de ancoragem e de produção</b>	<b>100</b>
7.1	Modelo de simulação dinâmica para linhas de ancoragem em configuração catenária . . . . .	101
7.2	Revisão e adequação da formulação do elemento de viga corrotacional . . . . .	102
7.3	Análise de fadiga por tensão combinada TT + OPB + IPB . . . . .	103
7.4	Desenvolvimento de módulo de otimização para sistemas de ancoragem . . . . .	104
7.5	Modelagem viscoelástica não linear do comportamento mecânico de linhas de ancoragem em poliéster . . . . .	105
7.6	<i>Wrapper DOOLINES para linguagem Python</i> . . . . .	106

The background features a minimalist design with four concentric circles in light gray. A large, semi-transparent white heart shape is centered in the middle. The word "Projetos" is written in a bold, black serif font, positioned within the heart's area.

Projetos

# Estratégias e Ferramentas Computacionais para Projeto de Coluna de Perfuração em Poços de Petróleo (CAESAR 2)

**Aline S. R. Barboza** (aline@lccv.ufal.br)

Aliel F. Riente, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo L. Santos, Leandro M. Sales, Lucas P. Gouveia, Antonio Paulo A. Ferro, Carlos W. L. Barbosa Neto, Diego V. G. Ferreira, Felipe P. Lima, Francisco A. V. Binas Jr., Ilivanilton R. Barros, Jéssica P. V. Valença, Marcos A. B. Lima, Daniel M. Pimentel, Edson Rabelo Jr., Teófanes Vitor Silva, Bruno F. O. Lima, Débora S. Moreira, Jadson C. S. Santos, Jeysom S. N. Silva, João V. M. A. Crisóstomo

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Coluna de Perfuração, Aplicação WEB

## Introdução

Para a perfuração de um poço de petróleo é necessária a concentração de energia na broca para cortar as formações rochosas. Essa energia, em forma de rotação e peso sobre a broca, promove a ruptura e geração de cascalhos, que são removidos do fundo do poço em direção a superfície por meio do fluxo de fluido de perfuração. A coluna de perfuração (ver Figura 1) é o elo entre a sonda e a broca, sendo constituída por diversos elementos que, dentre suas funções, tem a responsabilidade de transmitir a energia necessária para a broca além de conduzir o fluido de perfuração. O projeto objetiva a modelagem numérica da coluna de perfuração, analisando os efeitos de: vibração, fadiga, alargamento, testemunhagem. Tais soluções serão disponibilizadas em aplicação web,

intitulada CAESAR, que em conjunto com dados obtidos em tempo real atuará como uma versão digital da coluna.



Figura 1: Atuação da Coluna de Perfuração.

## Metodologia

Para atendimento ao objetivo do projeto o desenvolvimento é dividido em quatro macroetapas: 1) Desenvolvimento de metodologia para análise do comportamento dinâmico e quantificação de fadiga da Coluna de Perfuração; 2) Desenvolvimento de metodologia para análise de comportamento e otimização de parâmetros de projeto da Coluna de Perfuração considerando forças laterais do contato coluna-poço e impactos torcionais; 3) Desenvolvimento de metodologia para otimização de projeto da Coluna de Perfuração considerando operações de alargamento e testemunhagem; 4) Desenvolvimento de metodologia para implantação de framework (utilizando Inteligência Artificial e Linguagem Natural aplicado a Poço) para implementação automática das Lições Aprendidas e demais itens de conhecimento e análise em tempo real e retro análise do comportamento da Coluna de Perfuração.

## Resultados

A aplicação web desenvolvida fornecerá o suporte adequado às decisões operacionais que visam melhorar eficiência e segurança da perfuração e proporcionar redução de custos à construção de poços.

# Dynasim UFAL - Modelagem computacional do comportamento de linhas de ancoragem, de produção e de alívio

**Eduardo N. Lages** (enl@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Jr., Fábio M. G. Ferreira, Gabriel R. Domingos, Heleno P. Bezerra Neto, Michele A. L. Martins

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

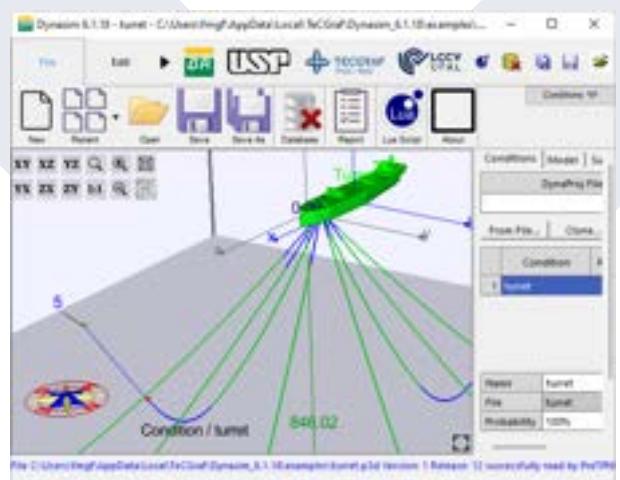
Parceiros: Tecgraf/PUC-Rio e TPN/USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Análise dinâmica, Linhas de Ancoragem, Métodos numéricos

## Introdução

O DYNASIM é um ambiente computacional que integra módulos de pré-processamento, análise e pós-processamento, para análise dinâmica não linear no domínio do tempo de plataformas offshore juntamente com os respectivos sistemas de ancoragem e *risers*. Sistemas computacionais como esse desempenham papel fundamental nas etapas de projeto, instalação e operação dessas estruturas, uma vez que permitem ao projetista prever antecipadamente o comportamento da estrutura projetada sob diversas condições de carregamento. Diante desse cenário, este projeto visa o aprimoramento do sistema computacional DYNASIM de modo a proporcionar uma melhor representatividade dos fenômenos físicos inerentes ao sistema de exploração de petróleo em águas profundas. Serão incorporadas ferramentas de análise e projeto de linhas de ancoragem, de

produção e de alívio (DOOLINES), resultando em uma melhor confiabilidade dos resultados obtidos, o que reflete em maior segurança e menor custo associados ao projeto de linhas offshore.



## Metodologia

De uma forma geral, cada atividade de desenvolvimento neste projeto será iniciada com uma revisão da literatura científica, visando identificar formulações disponíveis para o tratamento dos fenômenos considerados, ajustando-as quando necessário. As implementações que se restringem exclusivamente ao DOOLINES serão acompanhadas de testes de verificação a partir de exemplos básicos que apresentem soluções analíticas e/ou numéricas em outros ambientes computacionais equivalentes, quando passarão a integrar a versão completa do ambiente DYNASIM.

## Resultados

Como o projeto iniciou recentemente, têm-se apenas resultados preliminares. Espera-se que ao final do primeiro ano tenhamos resultados significativos nas seguintes frentes de trabalho: (i) reavaliação da formulação do elemento de viga corrotacional; (ii) desenvolvimento de novo modelo reológico para poliéster; (iii) melhoria de performance de simulações de linhas; (iv) desenvolvimento de módulo de otimização de sistemas de ancoragem; e (v) geração de *wrapper* DOOLINES para Python e Lua.

# Modelagem Numérica de Interação Duto-Escorregamentos Submarinos através do Método dos Pontos Materiais

**Adeildo S. Ramos Jr.** (adramos@lccv.ufal.br)

Eduardo N. Lages, Eduardo S. S. Silveira, Luciana C. L. M. Vieira, Rodrigo L. Pinheiro, Diogo T. Cintra, Ricardo A. Fernandes, Leonardo T. Ferreira, Tiago P. S. Lôbo

## Projeto de P&D

Duração: 38 meses (Em andamento)

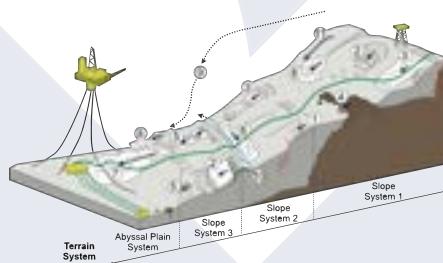
Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Escorregamentos submarinos, Método dos Pontos Materiais, Estruturas Submarinas

## Introdução

Este projeto objetiva modelar numericamente os fenômenos de escorregamentos submarinos e analisar os impactos causados por estas corridas nas estruturas offshore adjacentes. A metodologia proposta contribui na investigação dos riscos de danos provocados por escorregamentos submarinos, tendo potencial impacto na redução de custos de operação e de projeto associados à exploração offshore de indústrias petrolíferas. Para tanto, desenvolvemos o software E-Sub para

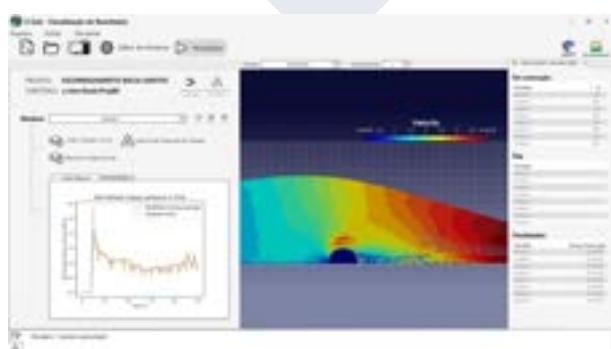
avaliar a dinâmica das corridas submarinas através do Método dos Pontos Materiais (MPM) .



## Metodologia

O MPM permite a discretização de um meio contínuo em um número finito de pontos materiais. Sua formulação baseia-se em soluções obtidas através de malhas e conjuntos de pontos discretos. Esta combinação visa absorver características positivas de formulações tanto Eulerianas quanto Lagrangeanas. A aplicabilidade do MPM na simulação de escorregamentos submarinos é, portanto, o objeto de investigação deste trabalho. Os métodos numéricos envolvidos precisam lidar com não linearidades de modelos constitutivos, interações fluido-estrutura, simulações computacionais de larga escala que demandam o uso de técnicas de adaptação temporal e espacial, mecanismos

de paralelização de código que aceleram o tempo de computação dos modelos, dentre outros. Em adição, desenvolvemos um software, batizado de E-Sub, para viabilizar o uso das metodologias desenvolvidas por profissionais de diferentes áreas.



## Resultados

Este projeto prevê o desenvolvimento da formulação matemática do método, de um simulador computacional e de uma interface gráfica que permita a utilização das metodologias estudadas. As implementações e formulações desenvolvidas serão verificadas e validadas com base em dados sintéticos ou resultados experimentais. Em virtude do elevado potencial do MPM em problemas de natureza de fluxo de material, as simulações propostas irão auxiliar na compreensão do comportamento de escorregamentos submarinos.

# Desenvolvimento de programa numérico utilizando o Método dos Pontos Materiais (MPM), para a simulação paralela de escorregamentos submarinos em 3-D e sua interação com equipamentos e estruturas (E-Sub3D)

**Adeildo S. Ramos Jr.** (adramos@lccv.ufal.br)

Luciana C. L. M. Vieira, Diogo T. Cintra, Ricardo A. Fernandes, Leonardo T. Ferreira, Tiago P. S. Lôbo, Lucas G. O. Lopes, Lucas Diego F. Lino

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Escorregamentos submarinos, Método dos Pontos Materiais, Estruturas Submarinas

## Introdução

Campos de petróleo offshore são essenciais para a exploração e produção de óleo e gás e podem estar localizados em regiões propensas a Geohazards. Neste contexto, o presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um software, denominado E-Sub3D, para simulação numérica de escorregamentos submarinos em três dimensões. Dentre as funcionalidades da ferramenta, podemos destacar: (i) a determinação de possíveis rotas de fluxo da massa deslizante; alcance e locais de deposição do escorregamento; (ii) a determinação de estruturas do campo

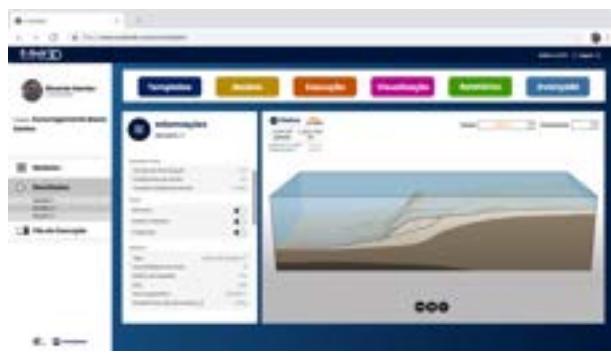
que serão atingidas pelo escorregamento e quantificação da força exercida sobre elas.



## Metodologia

O MPM funciona discretizando meios contínuos em um conjunto finito de pontos materiais. Partindo da formulação desenvolvida para versão 2D do software, iremos estender todas as funcionalidades para três dimensões, com o desafio de otimizar o máximo possível o tempo de execução. A adição de mais uma dimensão ao problema aumenta significativamente as demandas computacionais. A necessidade de mais memória, largura de banda e processamento são os maiores desafios que iremos atacar. Deste modo, propomos uma solução onde o módulo de análise será executado remotamente, um frontend

web, um backend para gerenciar informações e processar resultados e um storage para armazenar resultados.



## Resultados

Este projeto prevê desenvolvimento de formulação matemática, de novos algoritmos de otimização, e de uma suite de softwares para viabilizar o acesso as tecnologias desenvolvidas. Por estar em seu início, ainda estamos em processo de levantamento de requisitos e definições.

# Desenvolvimento de uma Plataforma Web Colaborativa Baseada na Integração de Simuladores para Elaboração de Projetos de Engenharia Naval e Submarina na Era da Transformação Digital (Naval-SubWEB)

**Eduardo S. S. Silveira** (eduardosetton@lccv.ufal.br)

Christian C. Oliveira, Daniel B. F. Silva, Diogo T. Cintra, Fábio M. G. Ferreira, Gabriel C. Freitas, Kevin T. L. M. Souza, Kim R. Gama, Leandro M. Sales, Leonardo T. Ferreira, Lucas Diego F. Lino, Manuela O. L. Lôbo, Maria Clara L. Barbosa, Márcio M. Ribeiro, Ricardo A. Fernandes, Tiago P. S. Lôbo

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Plataforma Web Colaborativa, Transformação Digital

## Introdução

O desenvolvimento de projetos de engenharia na indústria, no contexto da TD, está aquém do esperado, não somente na PETROBRAS, mas como em outras companhias. Atualmente, os engenheiros responsáveis por cada disciplina de um projeto interagem entre si através de uma comunicação não estruturada, cujo objetivo é ter acesso aos dados do projeto. Diante disso, este projeto tem por objetivo desenvolver uma plataforma web colaborativa e aplicativos para acompanhamento e desenvolvimento de projetos NAVAL e SUB, de modo que um projetista de uma determinada disciplina possa desenvolver seu projeto acessando dados disponibilizados por seus pares por meio dessa plataforma web.

## Metodologia

A fim de alcançar os objetivos propostos, dividi-se o desenvolvimento em três fases: (i) Diagnóstico - mapear todos os processos envolvidos na elaboração de projetos de engenharia NAVAL e SUB. (ii) Integração de dados - por meio de integrações entre aplicações, envolvendo a definição de padronização de dados. (iii) Plataforma - desenvolvimento de um portal e APIs para disponibilizar serviços para as aplicações. (iv) Aplicações - desenvolvimento de aplicações com finalidades específicas.

## Resultados

O projeto possui dois portais implantados na Petrobras. O Portal NavalWeb é voltado para aplicações da área de engenharia naval e, neste momento, disponibiliza duas aplicações para os usuários: Sistemas Navais e Metocean. E o Portal SubWeb atende aos profissionais que atuam na área de engenharia submarina. Estão disponíveis sete aplicações desenvolvida no contexto do próprio projeto: Busca em Estoque, speedAR, twistAR, Boca de Sino, Banco de Estruturas, Banco de Acessórios e Envelope de Qualificação, além de duas aplicações desenvolvidas por outras equipes, a exemplo do LACEO/COPPE.



# APIs para Digital Twin (DT) de Superfícies de Modos de Falha de DRS (Pipe API)

**Eduardo S. S. Silveira** (eduardosetton@lccv.ufal.br)

Aline S. R. Barboza, Emerson Acácio F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Josué D. Silva Neto, Matheus A. Miranda, Teófanes Vitor Silva, Weverton M. Silva

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Superfície de resposta, Análise de fadiga de dutos, Flambagem e Pipe walking

## Introdução

O projeto tem como escopo o estudo, modelagem computacional, simulação e desenvolvimento de ferramentas numéricas customizadas (APIs para Digital Twin) para estimativas de valores associados à fadiga, flambagem e pipe walking de dutos submarinos em vãos-livres a partir de superfícies de resposta.

## Metodologia

Para alcançar os objetivos do projeto PipeApi, estão previstas as seguintes etapas: i) a criação de um serviço web para cálculo de vida à fadiga conforme a DNVGL-RP-105, a ser integrado ao Portal SubWeb; ii) a simulação e modelagem de superfícies de resposta de fadiga; iii) a simulação e modelagem de superfícies de resposta de flambagem; iv) a simulação e modelagem de superfícies de resposta de pipe walking; e v) o desenvolvimento de serviço web para consulta das superfícies de resposta.

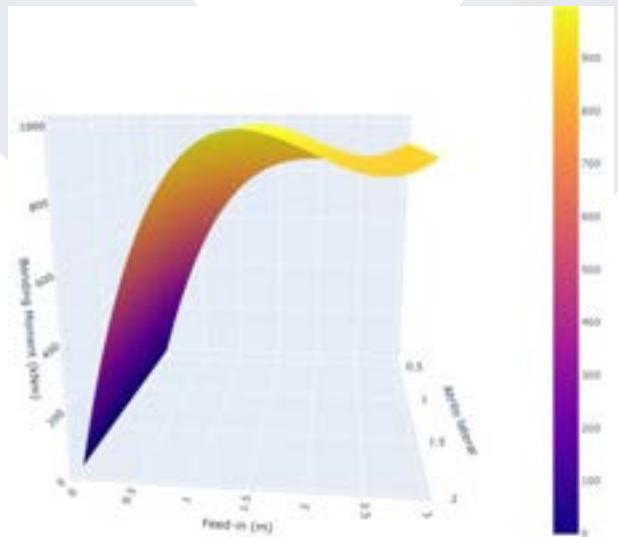


Figura 1: Superfície de resposta de momento fletor.

## Resultados

As ferramentas contribuirão para aumentar a produtividade dos profissionais responsáveis pelas análises de dutos rígidos. Além do fato de que a disponibilização como serviço permitirá a utilização de tais recursos por outras aplicações, entre elas o *Digital Twin* de Dutos Rígidos Submarinos. Portanto, espera-se que este projeto contribua de forma significativa no entendimento do fenômeno de VIV em vãos-livres de dutos submarinos, flambagem global de dutos HP/HT e o fenômeno de pipe-walking, auxiliando no desenvolvimento de melhores projetos e na gestão de integridade ao longo da vida operacional

# Projeto Gestão Integrada

**Daniell P. Silva** (Pontes@lccv.ufal.br)  
Aline S. R. Barboza

**Projeto de P&D**  
Duração: 36 meses (Em andamento)  
Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão do conhecimento, Gestão por processos, Organização, sistemas e métodos

## Introdução

Qualquer organização, seja ela pública, privada ou não governamental, requer uma estrutura organizacional clara, competências e responsabilidades de seus agentes bem definidas, de políticas e procedimentos formalizados, de funcionalidades computacionais que apoiam à implementação dessas políticas e a operacionalização desses processos, e de acervo documental e de conhecimento institucionalizados. No entanto, até 2019, o LCCV não dispunha de tais ativos de gestão formalizados e institucionalizados. Tal expertise gerencial habitava apenas a mente de alguns colaboradores, o que constitui potenciais riscos de gestão, tais como: perda do conhecimento, dificuldade e morosidade de acesso, falta de padronização de comportamento processual e perda de histórico organizacional. Assim, evidente é a necessidade de desenvolver e implementar recursos gerenciais de forma integrada a fim de não apenas minorar tais riscos gerenciais, mas de construir vantagens competitivas que permitam o desenvolvimento contínuo não apenas do LCCV, mas também da UFAL. Para tal, foi iniciado o Projeto Gestão Integrada, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Inicialmente, foram definidos os domínios de gestão sobre os quais seriam construídos os artefatos gerenciais, que foram os seguintes: organização, colaboradores, projetos, orçamento, finanças, suprimentos e infraestrutura. Com o desenvolvimento de tais domínios, dois outros tornaram-se evidentes e transversais aos demais: conhecimento e documentos. A partir daí, foram desenvolvidos modelos para avaliação de estrutura física, gestão de manutenção, estoques, gastos, controle patrimonial, monitoramento de intercorrências no fornecimento de energia elétrica e de eventos relacionados à gestão de ativos

de rede. Em paralelo, deu-se continuidade ao desenvolvimento do Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé de forma a apoiar a implementação e a operacionalização dos processos modelados.



## Resultados

Em 2022, foram desenvolvidas e implementadas 6 funcionalidades: controle de abastecimento e consumo de combustível; gestão de espaços físicos; gestão de bens permanentes e seus relacionamentos com espaços físicos, projetos e orçamento; gestão de intercorrências elétricas; gestão de manutenção; e gestão de vistorias em bens imóveis. A partir da utilização de tais funcionalidades, serão obtidos dados estruturados e centralizados no Sumé, que constituirão subsídios para a tomada de decisão e a prestação de contas à sociedade.

# Modelos e Ferramentas Computacionais para Apoio ao Dimensionamento de Revestimentos de Poços

**William Wagner M. Lira** (william@lccv.ufal.br)

João Paulo N. Araújo, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo L. Santos, Thiago B. Silva, Lucas P. Gouveia, Felipe Pontes, Rodrigo B. Paes, Willy C. Tiengo

## Projeto de P&D

Duração: 60 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS - POLO/UFSC, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Estrutura de Poço, Integridade, Projeto de Poço

## Introdução

A estrutura de poços de petróleo é composta por diversos revestimentos, que são longos tubos de aço, instalados a grandes profundidades, sendo expostos a diferentes tensões durante a perfuração do poço e sua vida produtiva. Seu dimensionamento é realizado utilizando vários sistemas computacionais. Este projeto teve por objetivo simplificar este processo, através de uma ferramenta web capaz de calcular e verificar os carregamentos de vários revestimentos e cenários em um único local.

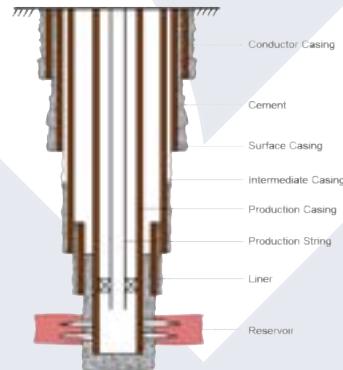


Figura 1: Estrutura de poço.

## Metodologia

A API (*American Petroleum Institute*) desenvolve alguns padrões que ajudam as companhias de petróleo a definir o que deve ser levado em consideração e como calcular as solicitações para cada revestimento. Além destes padrões gerais, cada companhia desenvolve seus próprios padrões para dimensionamento de revestimentos, baseados nas considerações da API e em suas próprias experiências, condições ambientais de seus campos, regulamentação governamental, características de reservatórios, entre outros fatores. Tudo isso deve ser levado em consideração no desenvolvimento do sistema mencionado.

## Resultados

O sistema já faz parte da rotina de projetos de revestimentos de poços da Petrobras, proporcionando um ganho expressivo de tempo e qualidade de algumas etapas, pois conta com vários processos automatizados, tornando a elaboração do projeto um processo mais ágil e confiável. Em sua última atualização, foram incorporados resultados de simulações térmicas de fluxo de fluido multifásico, em parceria com o grupo POLO da UFSC. O sistema continua evoluindo, e incorporando cada vez mais etapas do dimensionamento de revestimentos de poços.



Figura 2: Resultados calculados.

# Desenvolvimento de Ferramentas Computacionais para Modelagem em Tempo Real da Integridade de Estrutura de Poço

**William Wagner M. Lira** (william@lccv.ufal.br)

João Paulo N. Araújo, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo L. Santos, Thiago B. Silva, Lucas P. Gouveia, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Lucas G. O. Lopes, Marcio A. Guimarães, Rodrigo B. Paes, Willy C. Tiengo

## Projeto de P&D

Duração: 50 meses (aditivado) (Em andamento)

Parceiros: ESSS, CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Integridade, Poços de Petróleo, Monitoramento em Tempo Real

## Introdução

Este projeto propõe o desenvolvimento de um sistema computacional para monitoramento, em tempo real, da integridade dos poços que se encontram em produção, visando a prevenção de falhas dos mesmos por estarem expostos a condições não admissíveis. A principal justificativa para o desenvolvimento dessa proposta está relacionada à não existência de uma ferramenta para análise da integridade dos poços após os mesmos serem construídos, durante a fase de produção. Essa avaliação de integridade é um item importante dentro do contexto dos projetos de desenvolvimento de campos de petróleo que necessitam de elevado investimento para a sua realização, sendo boa parte desse investimento aplicada na construção de poços.

## Metodologia

O sistema em desenvolvimento por este projeto foi denominado como SCORE-TR, e utiliza um simulador térmico de fluxo de fluido multifásico para estimar os perfis de pressão e temperatura nos diversos anulares dos poços, utilizando o conceito de *Digital Twin*, utilizando sensores presentes no poço para ajustar os resultados. Além disso, os sensores do poço são monitorados constantemente, em busca de sinais que possam indicar a ocorrência de alguma anomalia no mesmo, através de técnicas estatísticas e de inteligência artificial.



Figura 1: Digital twin.

## Resultados

O sistema já está em funcionamento, com o monitoramento de mais de 230 poços em produção, fornecendo dados de fatores de segurança em todos os revestimentos e na coluna de produção/injeção em tempo real. Além disso, foi desenvolvido um algoritmo de contagem de ciclos de válvulas, o que permitiu à Petrobras identificar que várias de suas válvulas já se encontram próximo do limite de ciclos de abertura/fechamento especificados em contrato, levando a uma provável revisão de testes e especificações de futuras compras de válvulas.



Figura 2: SCORE-TR.

# SESTSOLOS: Técnicas de modelagem numérica aplicadas a estimativa de propriedades de solo para projetos de poços de petróleo

**João Paulo L. Santos** (jpls@lccv.ufal.br)

Eduardo T. Lima Jr., Aline S. R. Barboza, Eduardo N. Lages, Adeildo S. Ramos Jr., Luciana C. L. G. Pinheiro, Lucas P. Gouveia, Beatriz R. Barboza, Christiano Augusto F. Várady Filho, Jennifer Mikaela F. Melo, Joyce K. F. Tenório, Raniel Deivisson A. Albuquerque, Andressa C. A. Silva, Eduardo Matheus A. Pacheco, Júlia B. F. Souza, Natália C. S. Santos

## Projeto de P&D

Duração: 54 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PROJPERF/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Início de Poço, Modelagem Computacional, Propriedades do Solo

## Introdução

Revestimentos condutores são responsáveis pelo suporte de carregamentos iniciais na fase de construção de poços de petróleo (Figura 1). Visando a integridade estrutural do sistema, ferramentas computacionais são aliadas durante em todas as fases de construção e operação. Neste contexto, o presente projeto visa o desenvolvimento de estratégias e ferramentas computacionais voltadas para a fase de início de poço, especialmente para avaliação de parâmetros do solo e da integridade do conjunto solo-revestimento, incorporando técnicas robustas à prática de projeto de início de poço.

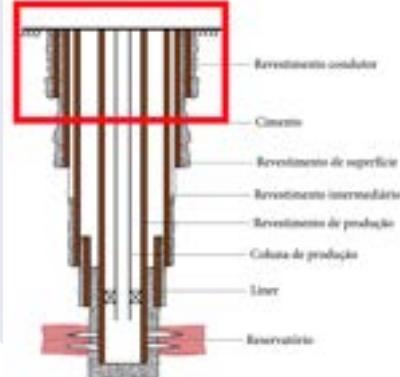


Figura 1: Revestimento Condutor. Fonte: Modificado de Bai e Bai (2010).

## Metodologia

A metodologia de desenvolvimento é dividida em cinco macroetapas: A1) Estudos e desenvolvimentos relacionados a estimativa de parâmetros do solo com base em modelos estatísticos, com base em intervalo de confiança; A2) Estudos e desenvolvimentos relacionados a critérios de assentamento de revestimento condutor com base em confiabilidade estrutural ; A3) Estudos e desenvolvimentos ligados a instalação de revestimento condutor através de jateamento; A4) Estudos e desenvolvimentos ligados a instalação de revestimento condutor por cravação/martelamento; A5) Estudos e desenvolvimentos numéricos objetivando a obtenção de parâmetros estáticos e dinâmicos da interação solo-revestimento; A6) Incorporação de novos modelos e atualização do Sistema SIMCON e SEST SOLOS.

## Resultados

As modelagens computacionais da instalação por martelamento e jateamento estão em fase de validação experimental com dados de um campo *offshore* brasileiro. Além disso, as subrotinas desenvolvidas estão sendo incorporadas aos sistemas SIMCON e SEST SOLOS. Seguem em desenvolvimento aprimoramentos na modelagem de revestimentos de superfície, revisões de cálculo para casos de despressurização além da melhoria na convergência do método de análise para casos de cimento próximo a superfície .

# Gestão integrada de projetos

# Processo de prestação de contas da fundação de apoio

**Renata G. Mendes** (renata.mendes@propep.ufal.br)  
 Daniell P. Silva

**Atividade de P&D**  
 Duração: 8 meses (Finalizado)  
 Financiamento: FUNDEPES

**Palavras-chave:** Governança, Accountability, Organização de sistemas e métodos

## Introdução

No escopo da execução de projetos financiados, a prestação de contas da utilização dos recursos alocados nos projetos constitui uma demanda mandatória. No entanto, tem sido comum devolutivas das prestações de contas elaboradas pela fundação de apoio que presta apoio administrativo-financeiro ao LCCV. Tal situação, gera consequências como: atraso no repasse dos recursos, comprometimento na execução dos projetos e desgaste da imagem da UFAL e do LCCV diante dos financiadores. Com o objetivo de reduzir o número de desconformidades e aumentar o índice de aceitação pelos financiadores das prestações de contas submetidas foi desenvolvido um manual de políticas e procedimentos que se propõe a minimizar os eventos ora expostos, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Diversos instrumentos legais obrigam a prestação de contas dos recursos públicos ou privados previstos para o desenvolvimento de projetos. Desse modo, a prestação de contas constitui-se da comprovação documental do uso dos recursos aportados no projeto em acordo com o plano de trabalho formalizado. A fim de subsidiar a elaboração do manual de políticas e procedimento foram realizadas visitas na fundação de apoio para mapear o processo de prestação de contas atual, além da leitura do manual de gestão e pesquisas da Petrobras, disponível em <https://tecnologia.petrobras.com.br>. A partir deste levantamento, foram elaborados três manuais de políticas e procedimentos, cada um relativo a um momento da prestação de contas: a criação, a instrução e a conformidade. A criação formaliza o repositório para o depósito dos documentos, contendo: local, estrutura com os domínios de gestão, modelo das planilhas orçamentárias e setores participantes do processo. A instrução, por sua vez, estabelece as diretrizes para a confecção da prestação de contas, definindo prazos, documentos comprobatórios para cada domínio de gestão e os responsáveis pela execução de cada atividade. Por fim, a conformidade define o processo de acompanhamento e controle dos documentos e informações que compõem a prestação de contas. Para tanto, foram elaboradas cinco listas de verificação, além do template do relatório final de prestação de contas.

## Resultados

Com a implementação dos manuais, espera-se obter redução significativa das desconformidades apontadas nas prestações de contas e, consequentemente, das devolutivas por parte dos financiadores. Além disso, obter melhor controle, acompanhamento e registros das desconformidades para, assim, analisar e tratar suas causas e, com isso, evitar suas reincidências. Por fim, estima-se, dessa maneira, fortalecer a imagem institucional da UFAL e do LCCV junto aos financiadores e a sociedade.

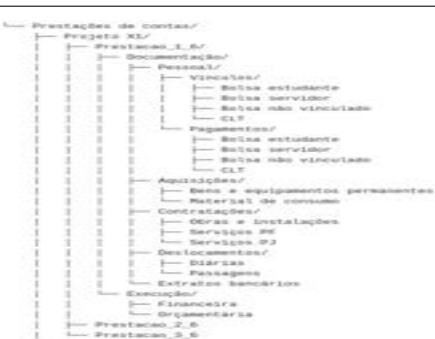


Figura 1: Estrutura de diretório.

# Redmine como ferramenta de gestão da informação

Jouber L. Lessa (jouber@proginst.ufal.br)  
 Daniell P. Silva

**Atividade de P&D**  
 Duração: 8 meses (Finalizado)  
 Financiamento: FUNDEPES

**Palavras-chave:** Gestão da informação, Gestão de pessoas, Organização de sistemas e métodos

## Introdução

Institucionalizar informações de forma sistematizada relativas à execução de processos e tomadas de decisão é um requisito fundamental para a gestão de qualquer organização, visto que permite constituir sua memória organizacional e, com isso, conhecer o passado, entender o presente e melhor projetar o futuro. Entretanto, a fundação de apoio do LCCV não contava com processos e ferramentas gerenciais com a finalidade de institucionalizar de forma estruturada as informações referentes aos seus processos e tomadas de decisão. Tal situação acarretava à fundação de apoio morosidade na recuperação de informações, impacto negativo na execução de seus processos, comprometimento do tempo de resposta e da tomada de decisões. Desse modo, inconteste foi a necessidade de desenvolver e implementar uma solução que contribuísse com a institucionalização de sua memória organizacional, tornando-a acessível, e, assim, otimizar o processo de tomada de decisão. Para tal, foi desenvolvida e implementada uma solução de gestão de informações, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa para identificar os softwares gratuitos de gestão de tarefas e projetos. A partir desse levantamento, o software selecionado foi o redmine (<https://www.redmine.org/>), visto que apresentava uma vasta gama de funcionalidades, tais como: cadastro de projetos, tarefas, notícias, documentos, tipos e fluxos de tarefa; relatórios, calendários, gráficos, extração de dados e consultas parametrizadas; e gestão de usuários e membros. Paralelamente, foi construída a política que estabelecia as diretrizes relativas à operacionalização do sistema, estruturada da seguinte forma: Dos projetos (nome, descrição, hierarquia, módulos, usuários, tipos de tarefas e configuração); Dos papéis de trabalho (analista e gestor de unidade); e Das tarefas (prioridades, situações, fluxo de trabalho,

atributos, organização de tarefas específicas). Por fim, foram desenvolvidas ações relativas à habilitação das pessoas à política proposta e à ferramenta implementada. Para tal, foram disponibilizadas treze videotutoriais, totalizando 01:45h de gravação, bem como foram realizadas duas ações de capacitação, totalizando 04:30h de aula.



Figura 1: Gerenciador de projetos Redmine.

## Resultados

Com a implementação da solução de gestão da informação, espera-se constituir e manter a memória organizacional da fundação de apoio a partir do registro das informações referentes aos seus processos e tomadas de decisão e, com isso, aprimorar a execução de seus processos, além de otimizar o seu processo decisório e tempo de resposta.

# Processo de avaliação de estrutura física como instrumento de manutenção preventiva e corretiva

Carlos Mikael A. Tenorio (carlos.tenorio@lccv.ufal.br)

Daniell P. Silva, Regis S. Coelho, Thiago Rogério F. Santos, Darlysson O. Nascimento

Atividade de P&D, Engenharia civil

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Avaliação física predial, Manutenção preventiva, Manutenção corretiva

## Introdução

Manter a infraestrutura predial em boas condições é essencial ao adequado desenvolvimento das atividades ali abrigadas. Para esse fim, é imprescindível a revisão periódica e sistemática das condições de infraestrutura a fim de antever problemas estruturais e agir proativa e programadamente na sua solução, obtendo maior celeridade, menores custos e impactos às atividades desenvolvidas na edificação. Entretanto, até então o LCCV não contava com uma sistemática de revisão periódica de sua infraestrutura. Assim, manifesta é a necessidade da elaboração de um plano de análise de estrutura física como instrumento de manutenção preventiva, de modo a ter um controle da situação física predial e, portanto, mitigar a ocorrência de adversidades futuras. Para tal, foi desenvolvido um roteiro de avaliação de estrutura física, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

A norma NBR-5674 estabelece exigências e periodicidade para a gestão sistemática de manutenção de edificações. Segundo essa norma, manutenção preventiva é a ação efetuada periodicamente destinada a reduzir a probabilidade de queda de desempenho devido à depreciação de seus sistemas, equipamentos e componentes. Desse modo, foi desenvolvido no LCCV um processo de avaliação de infraestrutura física, que contempla os seguintes componentes: espaços físicos, itens de vistoria, critérios de avaliação e vistorias. No que se refere aos espaços físicos, foi desenvolvido um modelo para a sua adequada caracterização. No tocante aos itens de vistoria, foram definidas as seguintes variáveis de avaliação: revestimentos de parede e de piso, forro, esquadrias, persianas, instalações elétricas, hidrossanitárias e lógicas, refrigeração, combate a

incêndio, limpeza e jardinagem. Para cada item de vistoria, deve ser atribuída uma nota de 1 a 10 baseada em critérios pré-definidos. Por fim, o processo de avaliação ocorre periodicamente, onde cada espaço físico será qualificado em função dos itens de vistoria definidos. Ao final do processo, uma síntese da situação da edificação é emitida a fim de constituir subsídio às ações de manutenção.



Figura 1: [l1nq.com/0Gfm6](http://l1nq.com/0Gfm6).

## Resultados

Com a implementação do processo de avaliação, espera-se a redução de custos e do número de paralisações de atividades, bem como obter subsídios para um planejamento de manutenção efetivo e, com isso, prover as melhores condições de trabalho aos colaboradores do LCCV. Por fim, esforços futuros serão necessários no sentido de sistematizar o registro das vistorias e prover relatórios que subsidiem as ações de manutenção e a programação orçamentária.

# Prometheus como ferramenta de monitoramento e alerta de eventos

**Darlysson O. Nascimento** (darlysson@lccv.ufal.br)

Daniell P. Silva, Higor Daniel C. Cabral

**Atividade de P&D**, Engenharia da computação

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Monitoramento, Métrica, Servidores

## Introdução

No LCCV há cerca de 50 máquinas virtuais gerenciadas por meio de *VMware*, que disponibiliza um monitoramento individual dos recursos utilizados por elas, mas que não gera alertas de possíveis falhas. Esse tipo de monitoramento inviabiliza a tomada de decisão em casos de anomalias no funcionamento, como interrupção no fornecimento de energia, travamentos, dentre outros. Desse modo, a fim de otimizar o uso de recursos e a velocidade na reparação de possíveis falhas, é necessário implementar uma tecnologia que torne esse processo mais eficiente e centralizado. Para tal, foi implementada a ferramenta Prometheus, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

O Prometheus (<https://prometheus.io/>) é uma ferramenta *open-source* que funciona através da coleta e armazenamento métricas relativas à utilização dos recursos dos servidores. Todas essas métricas são coletadas do datacenter do LCCV e armazenadas em um banco de dados multidimensional, possibilitando consultas rápidas via interface web de forma local ou remota. Com isso, é possível analisar o uso de recursos computacionais do laboratório, tais como: uso de CPU, temperatura, estado de conectividade, armazenamento livre, dentre outros. Em consonância à coleta de dados do funcionamento do controlador das máquinas virtuais do ambiente do LCCV, foi implementado um gerenciador de alertas de anomalias que identifica a interrupção

do funcionamento de serviços do laboratório que, se durar por mais de um minuto, gera uma notificação via e-mail a cada 6 horas até que ocorra uma manutenção corretiva.



Figura 1: Gráfico de demanda média do uso de CPU.

## Resultados

Com a implementação efetiva do Prometheus, a identificação e caracterização de intervenções na infraestrutura computacional do LCCV tornou-se mais célere e eficaz, visto que o planejamento das ações necessárias à resolução dos problemas é realizado antecipadamente, diminuindo a notificação de falhas pelos usuários dos serviços. Isso pode ser evidenciado pelas constantes interrupções do serviço telefônico do laboratório, onde a geração das notificações reduziu os reportes dos consumidores desse sistema. Ademais, o Prometheus evidenciou o alto consumo de recursos de algumas máquinas, o que sinalizou a necessidade de realocação de alguns serviços para outros de forma a evitar lentidão em sua execução.

# Modelo de gestão de gastos aplicado ao sistema de fornecimento contínuo de energia

Regis S. Coelho (regis.coelho@lccv.ufal.br)

Daniell P. Silva, Thiago Rogério F. Santos, Darlysson O. Nascimento

Atividade de P&D, Administração

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão de Gastos, Infraestrutura

## Introdução

A manutenção de um sistema de fornecimento contínuo de energia em modo operante é condição *sine qua non* para o adequado funcionamento de uma organização que sofre constantes interrupções do fornecimento de energia pela distribuidora. Porém, manter esse sistema implica a realização de gastos, tais como: manutenção preventiva e corretiva, troca de componentes, combustíveis e provimento de infraestrutura. Entretanto, em um cenário de recursos limitados e cuja captação implica prévia programação, imprescindível é a necessidade de registrar e gerir os gastos relativos à manutenção do sistema de fornecimento contínuo de energia e sua infraestrutura. No entanto, até então o LCCV não conta com uma sistemática para gestão de tais gastos. Assim, foi desenvolvido um modelo de gestão de gastos aplicado ao referido sistema, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

Os artigos 85 e 99 da Lei 4.320/64, bem como o art. 79 do Decreto 200/67 trazem a obrigatoriedade da gestão de gastos na Administração Pública direta e indireta. Sendo assim, gasto é o sacrifício financeiro gerado a partir da aquisição/contratação de bens, materiais ou serviços, classificando-se em: custo, quando o gasto é direcionado a uma atividade finalística; despesa, quando o gasto é direcionado a uma atividade de apoio. Já objeto de gasto é tudo aquilo que se deseja mensurar, podendo ser uma edificação e/ou seus ambientes, equipamentos, projetos, dentre outros. Item de gasto, por sua vez, consiste na natureza do produto/serviço adquirido/contratado. Por fim, apropriação consiste na alocação do gasto em um ou mais objetos de gastos, quando aquele proporcionar benefícios à organização. Inicialmente, foi

realizado um levantamento físico a fim de identificar e caracterizar todos os equipamentos componentes do sistema de fornecimento contínuo de energia e, com isso, criar os objetos de gasto. Em seguida, foram definidos os itens de gasto relativos ao retrocitado sistema.



Figura 1: <https://bit.ly/3f3fnI0>.

## Resultados

Esforços futuros serão necessários para a conclusão do modelo, tais como: definição do processo de registro de consumo de materiais e de depreciação de bens; e composição de demonstrativos de gastos. Com isso, espera-se prover informações assertivas e tempestivas quanto à manutenção do sistema de fornecimento contínuo de energia, a fim de potencializar a captação de recursos necessários tanto à sua conservação quanto à sua renovação.

# Gestão de intercorrências do sistema de fornecimento de energia

**Thiago Rogério F. Santos** (thiago.ferreira@lccv.ufal.br)  
 Daniell P. Silva, Regis S. Coelho, Darlysson O. Nascimento

**Atividade de P&D**, Administração  
 Duração: 36 meses (Em andamento)  
 Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Infraestrutura, Facilities, Monitoramento

## Introdução

Prover fornecimento ininterrupto de energia é condição essencial ao funcionamento de qualquer organização. No caso do LCCV, é imprescindível o funcionamento contínuo de seu data-center e estrutura de redes, uma vez que possibilitam o processamento de diversas simulações computacionais que, por vezes, levam dias, e cuja interrupção prejudicaria o desenvolvimento dos projetos. No entanto, o LCCV é localizado em uma região onde a ocorrência de interrupções de energia são constantes e, para contornar esse problema, é utilizado um sistema de fornecimento contínuo de energia, que precisa estar sempre apto ao funcionamento. Para tal, é necessário o registro e a gestão das intercorrências ocorridas a fim de prover informações que subsidiem a quantificação, periodicidade e estocagem dos insumos necessários ao adequado funcionamento do referido sistema. Para tal, foi desenvolvido um modelo de gestão de intercorrências, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

O termo intercorrência, no contexto da gestão organizacional, consiste na deficiência no provimento de *facilities*, tais como energia, água, conectividade, limpeza e segurança, necessárias ao adequado desenvolvimento das atividades finalísticas de uma organização e/ou que comprometam a saúde física e mental de seus colaboradores. Desse modo, foi desenvolvido no LCCV um modelo para o registro de intercorrências relacionadas ao fornecimento de energia elétrica, que contempla os seguintes componentes: data de ocorrência, causa e duração. A partir desse modelo, foi desenvolvida

uma funcionalidade computacional no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé para sistematizar o registro das intercorrências.



The screenshot shows a table titled 'Selecionar intercorrências para modificar' (Select incidents to modify). The table lists 10 entries, each with a date (from 01 de Setembro de 2022 to 15 de Agosto de 2022), a cause ('Falta de energia'), and a duration ('00:00'). To the right of the table is a sidebar with buttons for 'Novo', 'Excluir', 'Alterar', and 'Relatório'. Below the table is another section titled 'Relatório de intercorrências' with buttons for 'Novo', 'Excluir', 'Alterar', and 'Relatório'.

Figura 1: Sumé: cadastro de intercorrências.

## Resultados

O registro das intercorrências do tipo queda de energia tem permitido inferir o número de ocorrências e a sua duração média em determinado período de tempo. Adicionalmente, o registro de abastecimento e consumo de combustível do grupo gerador, também no Sumé, associado ao registro das intercorrências, tem permitido: mensurar o consumo médio de combustível; determinar as suas aquisições quanto à periodicidade, quantidade e custo; bem como limitar o seu armazenamento, potencializado a sua guarda racional, evitando faltas e desperdícios por perecibilidade. Ademais, tais informações constituem subsídio para a programação orçamentária e consequente captação de recursos necessários à manutenção do sistema. Por fim, esforços futuros poderão ser empreendidos no sentido de desenvolver painéis de indicadores e avisos automatizados quando do atingimento de determinados níveis pré-estabelecidos.

# Modelo de gestão de estoques do LCCV

**Daniell P. Silva** (pontes@lccv.ufal.br)  
 Victor Luygg M. Santos

**Atividade de P&D**  
 Duração: 36 meses (Em andamento)  
 Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Administração de materiais, Almoxarifados, Suprimentos

## Introdução

Manter o registro sistematizado dos materiais de consumo que apoiam o funcionamento de uma organização é uma atividade essencial à utilização ótima de seus recursos, pois possibilita conhecer os materiais necessários, o seu quantitativo e frequência de uso, bem como a sua destinação. Entretanto, até então o LCCV não contava com um modelo sistematizado voltado para o registro de seus materiais consumíveis. Tal situação torna morosa a obtenção de informações necessárias à programação orçamentária, à quantificação e à periodicidade de aquisição dos consumíveis. Assim, manifesta é a necessidade da elaboração de um modelo que subsidie a elaboração de funcionalidades computacionais que apoiem a gestão de consumíveis no LCCV. Para tal, foi desenvolvido o modelo de gestão de estoques do LCCV, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Almoxarifado é o local para armazenamento de consumíveis de uso corrente de uma organização, sejam destinados às atividades de apoio ou finalísticas. Além do espaço físico, requer regularidade de consumo dos produtos estocados e, consequentemente, de ressuprimento, sendo necessário, para tal, o registro de movimentações, saldos, pontos e quantidades de pedido, tempo de ressuprimento e estoque mínimo e máximo. Desse modo, foi desenvolvido no LCCV um modelo de gestão de estoques que contempla: almoxarifados, estoques, movimentação e itens movimentados. No que se refere à caracterização dos almoxarifados, foram definidos parâmetros de vinculação a espaços físicos e método de cálculo de preços. No tocante à movimentação, foi caracterizado o seu tipo e a vinculação a projetos, tanto no suprimento quanto no consumo. Ademais, diversos produtos podem estar

relacionados a uma movimentação, onde cada produto está orçamentariamente caracterizado e pode ser relacionado a bens ou colaboradores beneficiados. Por fim, o componente estoques contempla as informações gerenciais dos itens estocados, tais como: saldo em estoque e mínimo, ponto e prazo de ressuprimento, valor unitário e consumo médio.



Figura 1: l1nq.com/uBD1D.

## Resultados

Com a implementação do modelo de gestão de estoques, espera-se centralizar e estruturar o registro de dados relativos ao consumo de materiais e, com isso, contribuir assertivamente com a programação orçamentária, quantificação e periodicidade de aquisições, provendo, dessa forma, suprimento ininterrupto dos materiais necessários. Por fim, esforços futuros serão necessários no sentido de desenvolver funcionalidades computacionais para implementação do modelo e a sua integração com os modelos de gestão de gastos e de manutenção.

# Modelo de gestão de manutenção do LCCV

Daniell P. Silva (Pontes@lccv.ufal.br)  
Victor Luygg M. Santos

**Atividade de P&D**  
Duração: 36 meses (Em andamento)  
Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Manutenção, Gestão patrimonial, Suprimentos

## Introdução

Manter os bens móveis e imóveis em condições adequadas de funcionamento é fundamental ao bom desenvolvimento das atividades de qualquer organização. Com esse propósito, é fundamental a realização de manutenções, sejam elas preventivas ou corretivas, além do seu registro sistematizado. Porém, até então, o LCCV não conta com um modelo para o registro de tais ações, o que dificulta a programação de novas intervenções e, consequentemente, a contratação de serviços e aquisição dos materiais necessários. Tal situação possibilita o comprometimento das atividades desenvolvidas no laboratório em função de potenciais intercorrências relacionadas à sua infraestrutura. Assim, inconteste é a necessidade de elaborar um modelo que subsidie a elaboração de funcionalidades computacionais que apoiem o registro sistematizado de manutenções. Para tal, foi desenvolvido o modelo de gestão de manutenção do LCCV, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Manutenção consiste na intervenção realizada a fim de restabelecer o adequado funcionamento, prolongar a vida útil ou reduzir a probabilidade de intercorrências que comprometam a infraestrutura de uma organização. Assim, foi desenvolvido no LCCV um modelo de gestão de manutenção que possibilita o registro estruturado das ações de manutenção cujos principais atributos são: tipo de manutenção, data de realização, prestador de serviço, espaço físico ou bem objeto da intervenção, peças substituídas, valores, relatórios técnicos e laudos.



Figura 1: l1nq.com/Hj6JM.

## Resultados

Com a implementação do modelo de gestão de manutenção e a sua associação com os registros de espaços físicos, bens, almoxarifado e gastos, será possível centralizar e estruturar o registro de dados e, com isso, obter informações gerenciais de manutenção de dado bem, contemplando: o histórico e a programação de novas intervenções, os materiais necessários à intervenção, o gasto e prestadores de serviço. A partir de tais informações, espera-se prover, de forma tempestiva e assertiva, subsídios relevantes ao processo de tomada de decisão quanto a manter ou renovar a infraestrutura, à programação orçamentária, aos níveis de estoque de consumíveis e a quantificação e periodicidade de aquisições de bens, materiais e serviços. Por fim, esforços futuros serão necessários no sentido de desenvolver funcionalidades computacionais para implementação do modelo de gestão de manutenção.

# Portabilidade de programação de rotinas com Django-Crontab

**Paulo Victor L. Severiano** (paulo.severiano@lccv.ufal.br)  
 Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos, William Kleber A. Santos

**Atividade de P&D**, Engenharia de Computação

Duração: 9 meses (Finalizado)

Financiamento: FUNDEPES

**Palavras-chave:** DevOps, Automatização de rotinas, Django Crontab

## Introdução

No contexto de sistemas de informação, é comum a programação de rotinas para a execução automatizada de tarefas em background e em horários de maior disponibilidade de recursos do servidor, não comprometendo a experiência do usuário. Entretanto, o Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé utilizava o serviço de agendamento de tarefas do servidor hospedeiro, o que implicava riscos de perda das configurações de agendamento quando da mudança de servidor e, consequentemente, comprometimento do funcionamento do sistema. Assim, evidente é a necessidade de implementar tecnologias que possibilitem a programação de rotinas no contexto da aplicação, evitando a perda dessas configurações quando da mudança de servidor. Para tal, foi implantado o Django Crontab, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

O Django Crontab (ver Figura 1) é um módulo gratuito e open source focado na criação de rotinas automatizadas no contexto da aplicação, removendo a complexidade da implementação dessas atividades diretamente no servidor. Esse módulo não possui suporte nativo aos sistemas Windows e macOS, porém essa situação pode ser contornada com a utilização de um Subsistema do Windows para Linux (WSL) ou da tecnologia Docker, desde que o serviço Cron esteja instalado. Para sua instalação, foi executado o comando "pip install django-crontab", e em seguida foi adicionada — no dicionário INSTALLED\_APPS do arquivo "settings.py" do projeto Django — a string "django\_crontab". Feito isso, foi criado o arquivo "cron.py" com os métodos que terão sua execução agendada. Após a definição dos métodos,

os seus agendamentos foram registrados em CRONJOBS do arquivo "settings.py" do projeto. Por fim, foi executado o comando "python manage.py crontab add", que cria a rotina no serviço Cron do sistema operacional do servidor.

## kraiz/django-crontab



Figura 1: django-crontab.

## Resultados

Com a implementação do módulo, espera-se que, numa eventual troca do servidor hospedeiro do Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, a migração das rotinas seja implementada de forma automática no sistema operacional, garantindo economia de tempo na configuração e, consequentemente, aumentando a confiabilidade do sistema.

# Utilização da ferramenta SonarQube para análise de métricas de qualidade

**Artur C. de Jesus** (artur.jesus@lccv.ufal.br)  
 Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos, Eric S. Coelho

**Atividade de P&D**, Engenharia de computação  
 Duração: 9 meses (Finalizado)  
 Financiamento: FUNDEPES

**Palavras-chave:** DevOps, Qualidade de software, SonarQube

## Introdução

No âmbito de desenvolvimento de software, é comum a presença de bugs, códigos de difícil compreensão e vulnerabilidades, além da pouca utilização de boas práticas de codificação. Tal contexto acarreta dispêndio de tempo com refatoração de código e com a sua compreensão para manutenção e a implementação de novas funcionalidades. Assim, evidente é a necessidade de implementar tecnologias que auxiliem no processo de desenvolvimento, otimizando o código de forma contínua e ampla, com a contribuição de uma comunidade de desenvolvedores na constituição de um banco de vulnerabilidades e de boas práticas. Para tal, foi implementada no desenvolvimento do sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé a tecnologia SonarQube, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

O SonarQube (<https://www.sonarqube.org/>) é do arquivo sonar-project.properties no diretório raiz do projeto, cuja configuração pode ser encontrada em [l1nq.com/iFl9n](https://l1nq.com/iFl9n).  
 Uma ferramenta que tem por objetivo a inspeção contínua da qualidade do código e, a partir disso, a geração de um painel de indicadores que apresenta as vulnerabilidades, presença de bugs, más práticas de programação, dentre outras métricas relevantes. No desenvolvimento no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, foi utilizada a versão gratuita da plataforma, configurada no ambiente local de desenvolvimento por meio da execução do comando npm i sonar-scanner –save-dev e, em seguida, a criação



Figura 1: [bit.ly/3Ced7HJ](https://bit.ly/3Ced7HJ).

## Resultados

Com a implementação da ferramenta, é esperado que a tecnologia de inspeção auxilie de maneira positiva no ambiente de desenvolvimento, ao reduzir o tempo gasto na compreensão de código e em seu refatoramento, além do número de bugs e de vulnerabilidades.



Figura 2: Painel de indicadores do SonarQube.

# Criação de interfaces com Figma

**Giuliana Castro D. Arecippo** (giuliana.arecippo@lccv.ufal.br)  
 Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos

**Atividade de P&D, Ciência da computação**  
 Duração: 9 meses (Finalizado)  
 Financiamento: FUNDEPES

**Palavras-chave:** UI Design, Mockups, Front-end

## Introdução

No Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, o processo de criação de páginas web comumente tem início com uma síntese em escrito das funcionalidades e do comportamento esperado, seguida pela implementação a nível de código. Tal rotina, eventualmente, ocasiona delays na conclusão do produto, uma vez que as interfaces não foram previamente definidas de forma gráfica e sofrem diversas modificações ao longo do desenvolvimento. Desse modo, evidencia-se a necessidade de implementar tecnologias que auxiliem na prototipagem de interfaces, a fim de otimizar o tempo de desenvolvimento e garantir um entendimento mais preciso da aplicação. Com esse intuito, foi utilizado o software Figma, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

O Figma (<https://www.figma.com>) é uma plataforma online, compatível com diversos navegadores e com plano gratuito, que permite a edição gráfica e a prototipação de interfaces.

Além disso, a ferramenta possibilita o trabalho colaborativo, ou seja, membros de uma equipe podem visualizar e atuar na edição de um projeto simultaneamente. No desenvolvimento do Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, foi utilizada a versão gratuita da plataforma, que

permite que dois membros da equipe acessem e editem o projeto em tempo real, a fim de facilitar o entendimento do fluxo da aplicação e reduzir o tempo de desenvolvimento.



Figura 1: Logotipo do Figma.

## Resultados

Com a implantação da ferramenta, foi possível a criação dos diversos protótipos de formulários, listas, tabelas e modais do Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, o que permitiu melhor compreender o fluxo da aplicação e suas características, otimizando consideravelmente o desenvolvimento.



Figura 2: Interfaces no Figma.

# Telegram como ferramenta de acompanhamento de processos

**João Lucas O. Costa** (joao.costa@lccv.ufal.br)

Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos, William Kleber A. Santos

**Atividade de P&D, Ciência da computação**

Duração: 9 meses (Finalizado)

Financiamento: FUNDEPES

**Palavras-chave:** User experience, Web robots, Telegram

## Introdução

No contexto atual de sistemas de informação, é comum a utilização de diversas funcionalidades e dispositivos a fim de complementar e expandir a usabilidade de um sistema, bem como melhorar a experiência do usuário. No entanto, o Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé não contava com funcionalidades complementares à sua aplicação principal. Desse modo, é perceptível a necessidade de agregar outras funcionalidades ao Sumé, a fim de prover aos seus usuários mecanismos com características distintas na busca e recuperação de informações sobre os processos por ele gerenciados. Para tal, foi implementado um web robot, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

O pyTelegramBotAPI (<https://11nq.com/9fHIt>) é uma biblioteca open source criada para usar a API do Telegram (<https://core.telegram.org/bots/>) com Python. É focada na criação de um web robot de uma maneira simples que pode ser personalizado para realizar diversas funções através do aplicativo de mensagens. No contexto do Sumé, a funcionalidade foi utilizada para enviar informações relativas às requisições de compras dos projetos em que o usuário possui permissão administrativa. Tal funcionalidade proporciona aos usuários, dessa forma, mais uma alternativa de consulta de informações. Para

a sua instalação e configuração, foram seguidos os roteiros disponibilizados em <https://11nq.com/9fHIt> e <https://core.telegram.org/bots/>.



Figura 1: <https://core.telegram.org/bots/api>.

## Resultados

Com a implementação da metodologia proposta, é esperado que a experiência do usuário seja melhorada com a incorporação de uma nova possibilidade de acompanhamento através de dispositivos móveis dos diversos processos geridos pelo Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, agregando valor gerencial ao cliente final do sistema. Além disso, será desenvolvida funcionalidade para notificação automatizada a respeito de processos de interesse do usuário, o que tende a melhorar ainda mais a sua experiência, visto a redução de esforço necessário à obtenção de

informações.



Figura 2: Representação do web robot do Telegram.

# PrimeNG como biblioteca de componentes

**Lívia Andressa S. Santos** (livia.santos@lccv.ufal.br)  
 Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos, Eric S. Coelho

**Atividade de P&D, Ciência da computação**

Duração: 9 meses (Finalizado)

Financiamento: FUNDEPES

**Palavras-chave:** Angular, componentes de interface, biblioteca

## Introdução

A criação das interfaces do Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé é baseada, até então, no framework Bootstrap, cuja estrutura possui um grande fluxo de classes em seus componentes, implicando maior dificuldade de compreensão, manutenção e, sobretudo, customização, além de consumir mais recursos computacionais do ambiente de desenvolvimento. Assim, evidente é a necessidade de utilizar um framework que proporcione uma estrutura de componente mais simplificada e customizável, otimizando, assim, o tempo de desenvolvimento do sistema. Com esse intuito, será implementada a biblioteca de componentes nativos do Angular, PrimeNG, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

PrimeNG é uma biblioteca de componentes open source nativa do Angular, disponível em (<https://www.primefaces.org/primeng/>), que pode ser instalada em qualquer sistema operacional, não necessitando de robustos recursos computacionais para ser utilizada. Ademais, a biblioteca é direcionada para o desenvolvimento corporativo e possui uma rica quantidade de componentes personalizáveis. Possui uma documentação descomplicada e precisa, com componentes de código limpo, bem estruturados e de fácil implementação, além de disponibilizar suporte por meio de fóruns, chats e FAQs. Para sua instalação e consequente disponibilização no ambiente de desenvolvimento, basta executar

o comando (npm install primeng –save) e, em seguida, o comando (npm install primeicons –save). No Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, a biblioteca foi utilizada na criação de componentes como filtros, botões, formulários e paginação.



Figura 1: PrimeNG.

## Resultados

Com a utilização da biblioteca descrita, é esperado que a experiência do usuário seja melhorada, pois o PrimeNG fornecerá mais facilidade na usabilidade do sistema, por meio de elementos mais claros e de melhor desempenho, além de deixar os componentes mais reutilizáveis, o que reduzirá o tempo de desenvolvimento e, consequentemente, de entrega de funcionalidades aptas a uso pelo LCCV.



Figura 2: Filtro de árvore.

# Mensageria com AWS Lambda e SQS

**William Kleber A. Santos** (wkas@lccv.ufal.br)  
 Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos

**Atividade de P&D, Ciência da computação**  
 Duração: 9 meses (Finalizado)  
 Financiamento: FUNDEPES

**Palavras-chave:** User experience, Mensageria, Microsserviços

## Introdução

O sistema de gestão integrada Sumé utilizava, até então, como serviço de mensageria as tecnologias RabbitMQ e Celery, o que implicava consumo de recursos do servidor bem como maior tempo de processamento, visto que as tarefas são executadas em fila sequencial. Assim é evidente a necessidade de implementar tecnologias que não consumam recursos do servidor da aplicação e possibilitem a execução das tarefas em menor tempo. Para tal, foram implementadas as tecnologias Amazon Simple Queue Service (SQS) e AWS Lambda, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

O Simple Queue Service da Amazon Web Services, ou apenas SQS, é um serviço gerenciador de filas da AWS capaz de trafegar mensagens entre aplicações e serviços. Com o SQS, é possível enviar e receber mensagens de forma assíncrona e eficiente, sem a preocupação de armazenamento de eventos gerados e não lidos. A fonte de informação de um SQS, ou seja, quem nele publica mensagens, pode ser um serviço hospedado em ambiente externo, o que implica em não consumo de recursos do servidor da aplicação para gerenciar a fila. O AWS Lambda, por sua vez, é um serviço de computação que executa suas aplicações em um modelo serverless, no qual é possível desenvolver sem a necessidade de se preocupar com servidores. É possível utilizá-lo com diversas linguagens de programação, como Java, Python e outras. Além disso, com o Lambda só se paga pelo consumo para executar sua função, não sendo necessário pagar por capacidade ociosa. O nível gratuito do AWS Lambda inclui um milhão de

solicitações gratuitas e 400.000 GB-segundos de tempo de computação por mês. Para utilizar essas tecnologias em conjunto, é necessário, primeiro, criar uma fila no SQS que servirá como fonte de eventos a uma função executada no Lambda. Em seguida, é preciso configurar essa fila de modo a conceder as permissões necessárias para que o Lambda processe cada lote de eventos. Por fim, recomenda-se configurar o Lambda para que repita a execução em casos de erros de limitação.

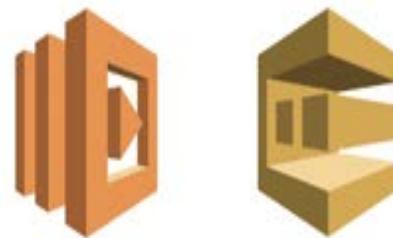


Figura 1: AWS Lambda.

## Resultados

Com a utilização das tecnologias descritas, é esperado um melhor desempenho da aplicação, uma vez que o serviço de mensageria não mais consumirá recursos do servidor. Além disso, considerando que é possível invocar múltiplos Lambda simultaneamente, um melhor desempenho no serviço em si também é esperado. Adicionalmente, com o desacoplamento da mensageria da aplicação principal, constatou-se que a confiabilidade da aplicação aumentou, uma vez que o serviço está hospedado na infraestrutura da Amazon, e não no próprio servidor.

# Implementação de um pipeline de deploy automatizado com Github Actions

**Eric S. Coelho** (eric.coelho@lccv.ufal.br)

Daniell P. Silva

**Atividade de P&D, Ciência da computação**

Duração: 9 meses (Finalizado)

Financiamento: FUNDEPES

**Palavras-chave:** DevOps

## Introdução

No Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, o gerenciamento de versões da aplicação é feito utilizando a plataforma Github, porém as contribuições feitas pelos desenvolvedores precisavam ser implementadas manualmente no servidor, tomando tempo desnecessário do desenvolvedor. Além disso, a aplicação pode apresentar falhas na integração com a infraestrutura do servidor, que só seriam detectadas pela equipe de desenvolvedores em outro momento, atrasando sua correção. Assim, evidente é a necessidade de implementar tecnologias que permitam a automação da implantação das funcionalidades desenvolvidas e reduzir o lead time do desenvolvimento. Para tal, foi implementado um pipeline de deploy automatizado utilizando a ferramenta Github Actions, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

O Github Actions (<https://github.com/features/actions>) é uma ferramenta de automação de workflow que permite que os desenvolvedores realizem os processos de build, teste e o deploy do código utilizando o Github, permitindo a implantação automatizada de entregas de desenvolvimento nos servidores web, aproveitando melhor o tempo produtivo da equipe de desenvolvimento. O Github Actions consiste em eventos que acionam fluxos de trabalho automaticamente. Um push (envio de código) para um repositório aciona um fluxo de trabalho. Cada fluxo de trabalho é descrito em arquivos .yaml e consiste em uma ou mais etapas. As etapas são conjuntos de comandos a serem executados,

evitando que os desenvolvedores tenham que executar todos esses passos manualmente. No processo de implantação no servidor, é necessário referenciar as chaves contendo as credenciais de acesso do servidor web, bem como as variáveis de configuração adicionais, como o endereço remoto. Para isso foi utilizado os secrets do github, que são variáveis de ambiente criptografadas para uso no workflow de modo a garantir a segurança.

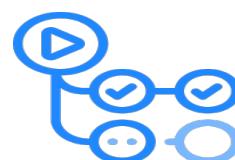


Figura 1: GitHub Actions.

## Resultados

No Projeto Gestão Integrada, todo o processo automatizado de compilação e implantação é concluído após uma média de 5 minutos pelo Github Actions, permitindo que os desenvolvedores realizem outras atividades durante esse tempo. Além disso, a implantação é centrada na versão do repositório, o que impede os desenvolvedores de excluir ou alterar arquivos

que não deveriam ser modificados.



Figura 2: Duração média das implantações automatizadas.

# Processo de pagamento a fornecedores da fundação de apoio

**Renata G. Mendes** (renata.mendes@propep.ufal.br)

Daniell P. Silva

## Atividade de P&D

Duração: 8 meses (Finalizado)

Financiamento: FUNDEPES

**Palavras-chave:** Governança, Accountability, Organização de sistemas e métodos

## Introdução

A implementação de um processo eficiente de pagamento a fornecedores deve ser uma estratégia adotada a fim de desenvolver e fortalecer uma cadeia de fornecedores que garanta o adequado cumprimento das entregas dos insumos e serviços necessários ao bom funcionamento de qualquer organização. Entretanto, esta realidade não tem sido uma constante na rotina de compras da fundação de apoio que realiza a gestão administrativo-financeiro dos projeto do LCCV. A dispendiosa composição do processo por documentos desnecessários ao pagamento, bem como a falta de padronização em sua instrução, acarreta constantes devolutivas, maior tempo de processamento e maiores custos processuais, o que, além de onerar a fundação, enfraquece o relacionamento com bons fornecedores e penaliza o provimento de produtos e serviços necessários ao desenvolvimento das pesquisas no LCCV. Assim, com o objetivo de otimizar o processo de pagamento de notas fiscais, foi desenvolvido um manual de políticas e procedimentos, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Para a elaboração do manual de políticas e procedimentos para pagamentos de notas fiscais, foram realizadas reuniões com colaboradores da fundação de apoio para compreender o processo, desde o recebimento da nota fiscal até o encaminhamento do processo instruído para a Unidade de Contabilidade e Finanças. A partir desse levantamento, foi possível elaborar o manual que é composto de conceitos gerais sobre pagamento, as fases do processo e a sua documentação constituinte. Além disso, foi elaborado uma lista de verificação para auxiliar os compradores na instrução processual e os analistas financeiros na avaliação do processo de pagamento, bem como um template de despacho que deve ser encaminhado à Unidade de Contabilidade e Finanças solicitando o pagamento.

## Resultados

Com a implementação do manual de políticas e procedimentos na fundação de apoio, espera-se reduzir o retrabalho da Unidade de Compras decorrente das devolutivas dos processos por erros de instrução, bem como otimizar o tempo e a utilização de recursos humanos da Unidade de Contabilidade e Finanças com a avaliação dos referidos processos. Ademais, manter os pagamentos em dia é um compromisso do contratante, no caso a fundação de apoio, que fortalece a sua relação com os fornecedores, potencializando melhores condições de negociação e maior celeridade na entrega de produtos e prestação de serviços e, com isso, o adequado

e tempestivo provimento da infraestrutura necessária ao desenvolvimento das pesquisas no LCCV e na UFAL. Todos estes aspectos fortalecem a imagem institucional da fundação de apoio, do LCCV e da UFAL perante a sociedade.



Figura 1: [l1nq.com/sc0QG](http://l1nq.com/sc0QG).

# Dutos e Risers

# Estudo paramétrico de dutos rígido submarinos sujeitos a flambagem lateral

**Emerson Acácio F. Santos** (emerson\_acacio@lccv.ufal.br)

Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Josué D. Silva Neto, Matheus A. Miranda, Teófanes Vitor Silva, Weverton M. Silva

## Atividade de P&D

Duração: 38 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Dutos submarinos, Flambagem, Estudo Paramétrico

## Introdução

O presente trabalho tem por objetivo modelar numericamente o fenômeno de flambagem termomecânica em dutos rígidos submarinos e realizar um estudo paramétrico. Esse estudo será essencial para ampliar a compreensão sobre o assunto e permitirá a identificação das principais variáveis envolvidas, norteando trabalhos futuros para a construção de superfícies de resposta de flambagem que serão usadas em *digital twin*.

## Metodologia

O Modelo numérico foi desenvolvido com o software ABAQUS®. Foram utilizados elementos do tipo PIPE31H para modelar o duto e uma superfície analítica rígida plana para modelar o solo. O duto foi posicionado com uma imperfeição inicial em uma das extremidades para favorecer a flambagem e a convergência numérica (ver Figura 1). No estudo paramétrico foram variadas as principais propriedades, como o peso submerso, o atrito lateral e o comprimento de expansão

térmica (*feed-in*). Por fim, foi avaliada a resposta do duto em termos de tensões e deformações.

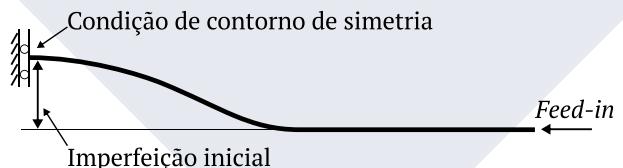


Figura 1: Modelo para avaliação da flambagem lateral.

## Resultados

Conforme a Figura 2 o modelo numérico reproduziu a alça de flambagem e apresentou o comportamento previsto na literatura. Já o estudo paramétrico permitiu a identificação das variáveis relevantes para o problema. Sendo assim, foi possível definir estratégias para a montagem das superfícies de resposta para *digital twin*.

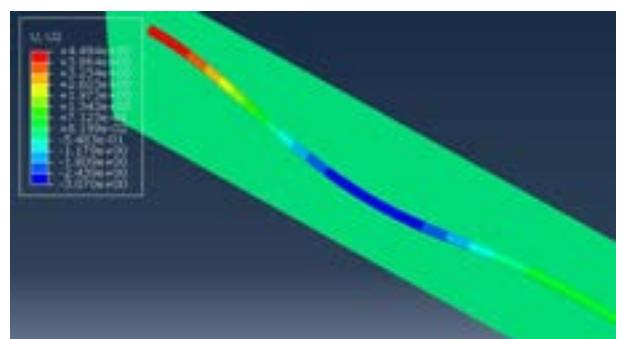


Figura 2: Alça de flambagem do modelo simétrico.

# Validação de um modelo simplificado para simulação de flambagem termomecânica em dutos

Josué D. Silva Neto (josue.neto@lccv.ufal.br)

Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira, Emerson Acácio F. Santos, Fábio M. G. Ferreira,  
Matheus A. Miranda, Teófanes Vitor Silva, Weverton M. Silva

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Flambagem, Estados Limites, Dutos Submarinos

## Introdução

O problema de flambagem global em dutos envolve um grande conjunto de parâmetros que a descreve, o que pode dificultar a realização de simulações para construção das superfícies de resposta. Para além de um estudo de redução e agrupamento das variáveis mais importantes é necessário reduzir a complexidade do modelo a ser simulado.

## Metodologia

A Figura 1 apresenta um modelo simétrico proposto pela DNVGL-RP-F110, com meia alça de flambagem, para avaliar a aplicação de *feed-in* (comprimento de expansão térmica) e seus carregamentos associados. O modelo de elementos finitos proposto apresenta as seguintes características: uma imperfeição inicial no eixo de simetria, um raio de curvatura associado ao duto, representação do atrito lateral do solo na superfície

de contato e aplicação de um deslocamento na direção axial para representar o *feed-in*.

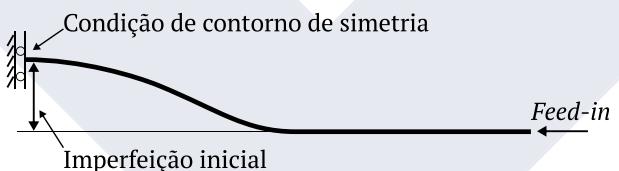


Figura 1: Modelo Simétrico DNVGL-RP-F110.

## Resultados

De forma a validar o modelo simétrico proposto, este foi comparado com um modelo no qual a flambagem é resultante da aplicação de temperatura e pressão. A figura 2 mostra que houve boa aderência entre os dois modelos em relação ao esforço axial efetivo (ESF), com erro médio de 6.5%.

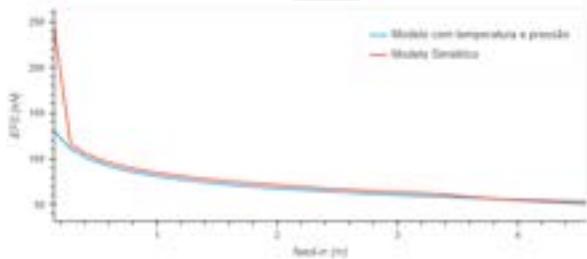


Figura 2: Comparação entre os modelos completo e simétrico.

# Revisão Bibliográfica sobre Flambagem Global de Dutos Submarinos

**Matheus A. Miranda** (matheus\_miranda@lccv.ufal.br)

Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira, Emerson Acácio F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Josué D. Silva Neto, Teófanes Vitor Silva, Weverton M. Silva

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Flambagem, Estados Limites, Dutos Submarinos

## Introdução

Dutos submarinos submetidos a altas temperaturas e pressões estão sujeitos a deslocamentos longitudinais significantes durante os ciclos de aquecimento e resfriamento na fase de operação. Essas situações podem ocasionar a flambagem global do duto, que consiste na instabilidade de um trecho semelhante a uma coluna sob compressão. Dutos com alto esforço axial efetivo compressivo ou tipicamente leves com baixa resistência lateral do solo são mais suscetíveis à flambagem global. Visto que esse fenômeno pode comprometer a integridade estrutural do duto, a avaliação da flambagem global é necessária nos projetos, sendo a prática recomendada DNVGL-RP-F110 a principal referência normativa sobre o tema.

## Metodologia

As principais estratégias para assegurar a integridade de dutos sujeitos à flambagem global envolvem restringir o duto por meio de enterramento ou permitir a flambagem de forma controlada. Segundo a RP-F110, a flambagem global pode ocorrer na direção lateral e vertical e não representa um modo de falha, mas uma resposta estrutural que, em certas situações, pode levar o duto a falha por flambagem local, deslocamento excessivo, fratura ou fadiga. Sendo assim, na RP-F110 são preconizadas verificações dos estados limites de flambagem local, carregamento axial, capacidade de deformação uniforme, plasticidade cíclica, fadiga e fratura. Os efeitos de carregamento

necessários para os cálculos dos estados limites podem ser obtidos por meio de simulações numéricas utilizando o Método dos Elementos Finitos. A RP-110 apresenta um modelo para avaliar os efeitos na flambagem lateral por meio da imposição de uma expansão axial (*feed-in*) e de uma imperfeição inicial que induz a flambagem global do duto, conforme exemplificado na Figura 1.

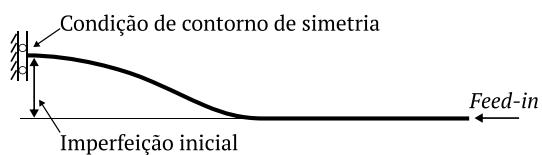


Figura 1: Modelo para avaliação da flambagem lateral.

## Resultados

O fenômeno da flambagem global tem sido amplamente estudado nas últimas décadas, de modo que várias estratégias de análise e mitigação foram desenvolvidas. No entanto, diante da complexidade dessa resposta estrutural e do alto custo computacional de simulações numéricas representativas para dutos submarinos, o desenvolvimento de estudos paramétricos e a aplicação de métodos estatísticos, como a Metodologia de Superfície de Resposta (MSR), destacam-se como ferramentas com grande potencial visando a simplificação dos modelos e o auxílio em projetos de dutos.

# Desenvolvimento de superfície de resposta para análise de flambagem em dutos submarinos

**Teófanes Vitor Silva** (teofanes.silva@lccv.ufal.br)

Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira, Emerson Acácio F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Josué D. Silva Neto, Matheus A. Miranda, Weverton M. Silva

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Dutos submarinos, Interpolação, Estruturas Submarinas

## Introdução

O presente projeto tem por objetivo desenvolver superfícies de respostas que representem o fenômeno de flambagem em dutos rígidos submarinos. A metodologia proposta contribui para aplicação de técnica de *digital twin*, fornecendo resultados sobre o comportamento do duto de forma quase instantânea. Para isso, pretende-se obter uma nuvem de pontos, a partir da combinação dos parâmetros da simulação, e aplicar polinômios aproximadores, utilizando o métodos dos mínimos quadrados (MMQ), para interpolar os resultados.

## Metodologia

O método dos mínimos quadrados permite a interpolação de **n** pontos de **p** parâmetros, permitindo a criação de polinômios multivariáveis os quais possibilitam representar problemas complexos. Primeiramente, serão realizadas diversas simulações para representar o domínio do problema, posteriormente os parâmetros iniciais junto aos resultados serão utilizados como base para os polinômios aproximadores. Realiza-se então a representação matricial desses dados e coeficientes polinomiais, aplicando o método dos mínimos quadrados, o que permite quantificar estes coeficientes.



Figura 1: Fluxograma de desenvolvimento da SR.

## Resultados

Foram realizados testes em menor escala para avaliar diferentes métodos de ajuste e interpolação dos dados. O projeto PipeAPI prevê a construção de superfícies de respostas para avaliar a flambagem termomecânica de dutos submarinos para os seguintes aspectos:

- Tensões/Momentos
- Deformações
- Deslocamento lateral

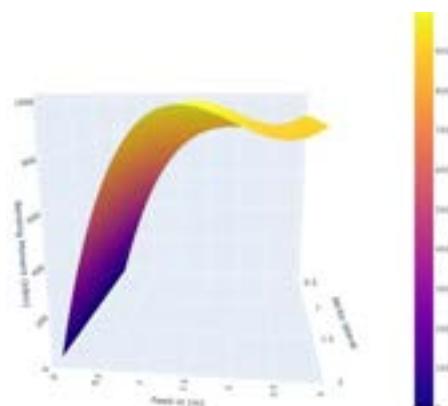


Figura 2: Superfície de resposta obtida nos testes.

# Análise de ferramentas para execução paralela de simulações para construção de superfície de resposta

Weverton M. Silva (weverton.marques@lccv.ufal.br)

Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira, Emerson Acácio F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Josué D. Silva Neto, Matheus A. Miranda, Teófanes Vitor Silva

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Execução de simulações, Superfícies de Resposta, Estruturas Submarinas

## Introdução

O projeto Pipe-API pretende estabelecer uma relação entre variáveis de projeto e variáveis de interesse por meio de superfícies de resposta. O processo de construção de uma superfície de resposta envolve a definição dos valores para as variáveis de entrada função e a obtenção dos valores da função correspondentes aos valores de entrada. No projeto Pipe-API essas variáveis de interesse serão obtidas por meios de simulações numéricas, uma para cada combinação de valores das variáveis de entrada. Devido ao elevado número de combinações, e consequentemente o tempo total de simulações, faz-se necessário o uso de ferramentas computacionais para orquestrar a execução dessas simulações de forma paralela em diferentes máquinas.

## Metodologia

Para organizar as simulações nas diversas máquinas, a aplicação deve funcionar no modelo cliente-servidor, e os clientes devem ser capazes de executar um simulador de elementos finitos, o Abaqus. Os *scripts* para esse tarefa serão escritos em *Python*, portanto é necessário que as ferramentas suportem esta linguagem. Como a execução das simulação deve ocorrer simultaneamente em diversas máquinas, cada uma delas deverá estar executando uma aplicação cliente, que deve consumir uma fila com os dados

para gerar a simulação, executá-la, processar e retornar os resultados no banco de dados.

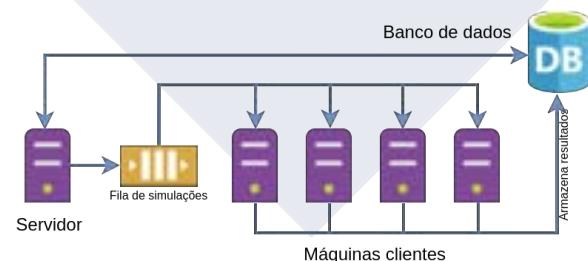


Figura 1: Arquitetura da aplicação.

## Resultados

As principais ferramentas encontradas foram: Apache Airflow, Celery, Luigi e Prefect. Todas suportam definição de tarefas usando *Python*. Com exceção da ferramenta Luigi, todas tem painel de monitoramento. Quanto ao sistema operacional, apenas Celery tem suporte para o OS Windows, e por isso, deverá ser a aplicação escolhida para execução paralela de simulações para construção das superfícies de resposta. O monitoramento das simulações será realizado com

o auxilio da ferramenta Flower.



Figura 2: Logo dos principais aplicações candidatas.

# Engenharia de Poços

# Modelos Preditivos para ROP como Suporte à Otimização em Tempo Real da Perfuração de Poços de Petróleo

Antonio Paulo A. Ferro (antonio.ferro@lccv.ufal.br)

Aline S. R. Barboza, Lucas P. Gouveia

Dissertação de mestrado, Engenharia civil

Duração: 24 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Taxa de Penetração, Aprendizagem de Máquina, Tempo Real

## Introdução

A taxa de penetração (ROP) é um parâmetro de grande interesse na otimização em tempo real da perfuração. Um ROP maior reduz o tempo de perfuração e acarreta um menor custo global. Modelos preditivos de ROP são desenvolvidos para relacionar os fatores que influenciam o processo de perfuração e desse modo prever o ROP resultante. Esses modelos viabilizam a determinação de parâmetros operacionais ótimos, como RPM e WOB em tempo real e ao longo da perfuração. Obter modelos de ROP mais precisos é uma tarefa difícil, dado a grande quantidade de fatores interagindo de forma não linear entre si. Expressões analíticas para o ROP e análise em

poços de correlação são estratégias tradicionais.

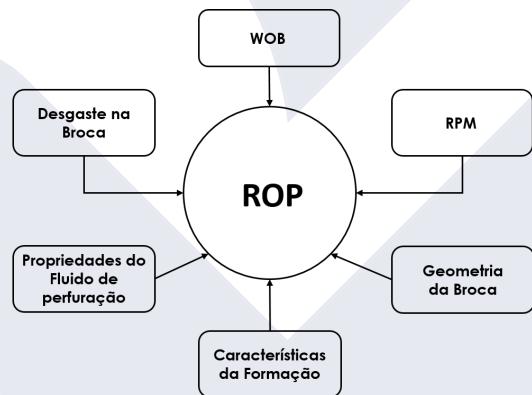
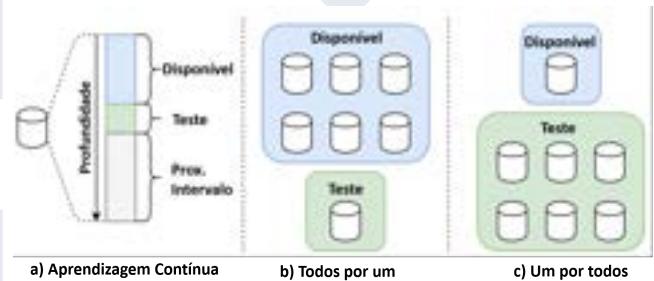


Figura 1: Algumas variáveis que afetam o ROP.

## Metodologia

Este trabalho envolve o estudo de diferentes modelos preditivos de ROP. Modelos analíticos tradicionais da literatura são comparados com modelos de aprendizagem de máquina: redes neurais artificiais, máquina de vetores de suporte e florestas aleatórias. Os modelos de aprendizagem de máquina são utilizados para capturar padrões complexos nos dados. Procura-se comparar a capacidade preditiva dos métodos em dados públicos de 7 poços de uma mesma região. Três *benchmarks* para comparação são utilizados (Figura 2), de modo que estratégias tradicionais que utilizam dados históricos de poços são

comparadas com um cenário similar à análise em tempo real (aprendizagem contínua).



Fonte: DOI:10.1016/j.petrol.2020.108069

Figura 2: Três estratégias de comparação.

## Resultados

Espera-se verificar quais modelos melhor capturam o padrão não linear do ROP. É esperado determinar a melhor estratégia dos *benchmarks* utilizados, verificando possível aumento ou diminuição da precisão da predição em tempo real. Outra avaliação relevante é determinar variáveis que mais afetam o ROP usando os modelos desenvolvidos.

# Análise dos Carregamentos Dinâmicos Atuantes na Coluna Durante a Perfuração de Poços de Petróleo

**Bruno F. O. Lima** (bruno.lima@lccv.ufal.br)

Diego V. G. Ferreira, Francisco A. V. Binas Jr., Aline S. R. Barboza

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Análise dinâmica, Vibrações, Coluna de perfuração

## Introdução

O comportamento dinâmico inerente da atividade de perfuração dos poços de petróleo provoca vibrações e choques na coluna de perfuração que podem causar desde a perda na eficiência da perfuração à danos na coluna que necessitam de reparos imediatos. Estas falhas se refletem em enormes prejuízos financeiros se considerar o tempo que a atividade estará parada para reparo ou substituição da coluna. O desafio de estimar o comportamento dinâmico na coluna de perfuração se dá pela presença de três tipos de vibrações (ver Figura 1), que podem ocorrer simultaneamente e de forma aleatória na estrutura, além da grande variabilidade das condições do ambiente,

como: variações de temperatura, pressão, fluido utilizado, diâmetro do poço durante a execução e até mesmo a velocidade de rotação.

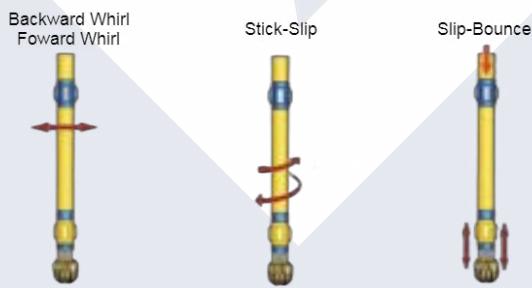


Figura 1: Tipos de Vibrações.

## Metodologia

Primeiramente, fez-se necessária uma revisão da literatura científica com o objetivo de obter maior entendimento sobre o que é e como atua o carregamento dinâmico na coluna de perfuração, além de identificar as formulações disponíveis para estimar os efeitos desse fenômeno, que, no caso em questão, apresentam apenas soluções numéricas. Dessa forma, pode-se seguir o processo de criação do modelo matemático para compreender os efeitos causados pelo comportamento dinâmico nas colunas (ver Figura 2).

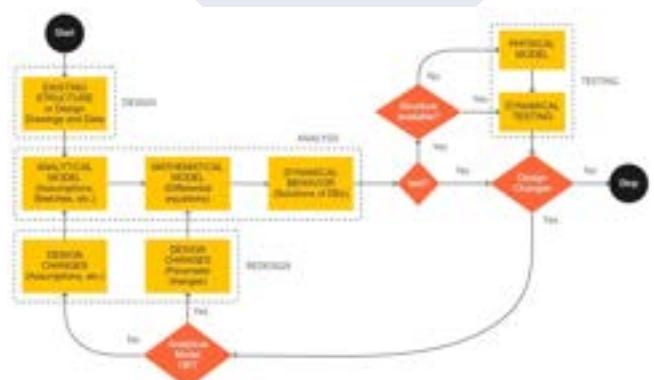


Figura 2: Fluxograma da modelagem matemática.

## Resultados

Esta atividade busca contribuir no entendimento do comportamento dinâmico das colunas de perfuração, otimizando o processo de perfuração, por meio da redução do impacto deste fenômeno nas colunas. Com a aplicação das recomendações propostas pelo estudo espera-se provocar uma redução nos gastos com reparos e remoção de colunas danificadas de dentro dos poços.

# Processamento de Linguagem Natural Aplicada ao Processo de Perfuração de Poços de Petróleo

Carlos W. L. Barbosa Neto (cwnb@lccv.ufal.br)

Ilivanilton R. Barros, Marcos A. B. Lima, Daniel M. Pimentel, Edson Rabelo Jr., Leandro M. Sales, Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** PLN, Lições Aprendidas

## Introdução

O Processamento de Linguagem Natural (PLN) é uma área da computação que tem como objetivo extrair representações e significados mais completos de textos livres escritos em linguagem natural. Nesse contexto “linguagem natural” consiste em uma linguagem que é usada para comunicações do dia-a-dia, por exemplo, línguas como Português, Inglês ou Mandarim. Em contraste às linguagens artificiais, como linguagens de programação e notações matemáticas, as linguagens naturais têm evoluído à medida que passam de geração para geração, e são difíceis de definir com regras explícitas.

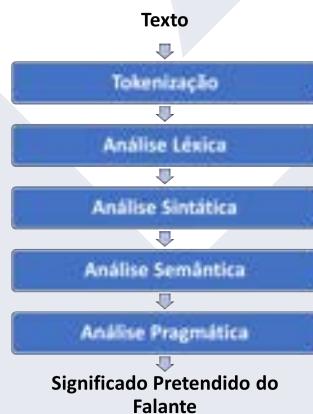


Figura 1: Estágios da PLN.

## Metodologia

Para modelar a língua e possibilitar que a máquina a entenda, são necessários pré-processamentos que envolvem as seguintes etapas: i) Normalização; ii) Remoção de Stopwords; iii) Remoção de numerais; iv) Correção Ortográfica; v) Stemização e Lematização. Estes pré-processamentos são de cunho morfossintático, que atuam em cima de itens lexicais, ou seja, palavras e permitiram a captura de padrões e textos.

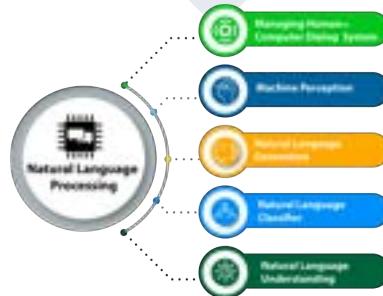


Figura 2: Aplicações da PLN.

## Resultados

Durante o processo de perfuração de poços de petróleo são escritos documentos com situações positivas e negativas que ocorreram com a perfuração. Utilizar tais informações durante a fase de projeto e construção do poço otimizará o processo. Portanto, com a aplicação do Processamento de Linguagem Natural será possível a extração de padrões e palavras-chave destes documentos, permitindo a obtenção de parâmetros para equações preditivas de forma dinâmica.

# Análise de Fadiga em Conexões de Colunas de Perfuração Usando o Método dos Elementos Finitos

Débora S. Moreira (debora.moreira@lccv.ufal.br)

Jéssica P. V. Valença, Francisco A. V. Binas Jr., Aline S. R. Barboza

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Conexões, Coluna de Perfuração, MEF

## Introdução

Petróleo e gás estão, frequentemente, localizados em grandes profundidades, sendo assim, são necessárias longas colunas de perfuração para chegar aos reservatórios. Durante a perfuração é necessário realizar conexões entre tubos de perfuração, sendo essas regiões as mais críticas quanto à falha por fadiga. Dessa forma, para garantir a segurança do processo, é importante conhecer a geometria das conexões e as regiões de maior concentração de tensões. Neste contexto, este trabalho propõe aplicar o Método dos Elementos Finitos (MEF) para a análise de fadiga em conexões por meio da quantificação do fator de amplificação de tensões (SAF) utilizando o software ABAQUS.

## Metodologia

Para alcançar o objetivo descrito neste trabalho divide-se a metodologia nas seguintes etapas: i) Criação de um modelo de conexão utilizando o Método dos Elementos Finitos (Figura 1), o modelo consiste em uma caixa e um pino, modelados de forma axissimétrica, a ser avaliado pelo software ABAQUS; ii) Aplicação das condições de contorno; iii) Aplicação dos carregamentos; iv) Simulação, com quantificação e análise do fator de amplificação de tensões; v) Estimativa da vida à fadiga; vi) Parametrização de um arquivo de dados, facilitando a simulação de conexões com geometrias diferentes; vii) Análise dos dados e discussão dos resultados.



Figura 1: Geometria da Conexão.

## Resultados

Busca-se automatizar a modelagem e análise paramétrica de conexões. A análise fornecerá os insumos necessários para a quantificação do fator de amplificação de tensões que por sua vez será aplicado para o cálculo de vida à fadiga. Desta forma, aperfeiçoando a predição da vida à fadiga, além de contribuir com a avaliação da integridade e confiabilidade de conexões utilizadas em colunas de perfuração.

# Metodologias para Otimização de Projeto da Coluna de Perfuração Considerando Operações de Alargamento

**Felipe P. Lima** (felipe.pedrosa@lccv.ufal.br)

Teófanes Vitor Silva, Francisco A. V. Binas Jr., Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Alargador, Engenharia de poços, Otimização

## Introdução

O processo de perfuração de poços está tornando-se mais complexo a cada dia, por isso diversas ferramentas e operações foram desenvolvidas. Dentre estas, as operações de alargamento, que consistem em se reperfurar um poço com uma broca de diâmetro maior que a utilizada para sua perfuração. Para economizar tempo, a perfuração e alargamento podem ser feitos simultaneamente com um alargador posicionado acima da broca. A Figura 1 esquematiza o arranjo adotado para a coluna de perfuração considerando o alargador posicionado acima da broca. Dentre os objetivos da atividade, busca-se otimizar as operações de alargamento.

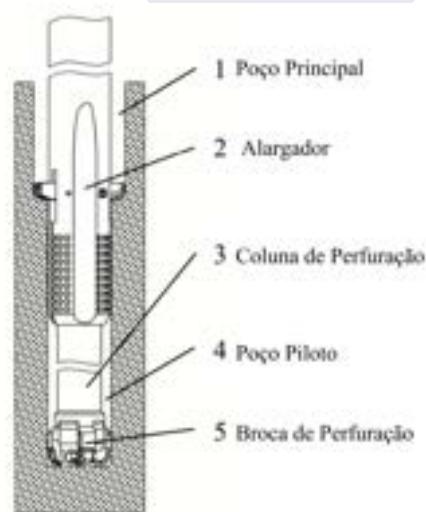


Figura 1: Representação da operação de alargamento.

## Metodologia

O controle do sistema broca-alargador é essencial para a execução das operações de alargamento, onde as solicitações durante a operação são capazes de provocar a desconexão da coluna. Dessa maneira, utiliza-se um modelo matemático que possibilita a obtenção do peso e torque necessários de um sistema broca-alargador (Figura 2), para que este realize com melhor desempenho a perfuração de uma determinada formação rochosa.



Figura 2: Fluxo de cálculo.

## Resultados

Espera-se o desenvolvimento de uma ferramenta que possa auxiliar na elaboração do projeto que as operações de alargamento estejam previstas e simular cenários reais. Durante o processo serão quantificados parâmetros como o peso e torque na broca e no alargador, taxa de penetração axial (ROP) e duração da operação. Serão elaborados gráficos com a distribuição de peso e torques ao longo da coluna de perfuração.

# Evolução Tecnológica em Software para Projeto de Perfuração de Poços

**Ilivanilton R. Barros** (ilivanilton@lccv.ufal.br)

Carlos W. L. Barbosa Neto, Marcos A. B. Lima, Daniel M. Pimentel, Edson Rabelo Jr., Leandro M. Sales, Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Segurança da Informação, Produtividade, Ciclo de Vida de Software

## Introdução

Sistemas desatualizados são um ponto de seguro das informações e com maiores barreiras vulnerabilidade para as empresas, eles representam a principal porta de entrada para os crimes virtuais. Os gestores e desenvolvedores devem ter em mente cronogramas de atualização, ou seja, pacotes de melhorias com correções de falhas de segurança. Em meio ao acelerado processo de evolução das máquinas e softwares, a atualização de sistemas representa uma condição essencial para se obter um desempenho de alto nível, uma vez que se permite explorar melhor os recursos disponíveis, como o compartilhamento



Figura 1: Atualização de sistemas.

## Metodologia

Em um plano de atualização de sistemas, os seguintes fatores são essenciais: i) Levantamento de requisitos; ii) Verificação de áreas e usuários que utilizam o software atual da empresa; iii) Levantamento das necessidades dos setores que serão impactados com a atualização do sistema; iv) Análise dos impactos positivos e negativos da mudança; v) Realização de estudo de viabilidade e de custos para a atualização; vi) Estimativa do tempo necessário para implantação da atualização do sistema.



Figura 2: Ciclo de melhoria.

## Resultados

No sistema em desenvolvimento o processo de evolução tecnológica contemplará a atualização do backend desenvolvido em linguagem Python para a versão 3.9, já o ambiente de administração Django Rest será atualizado para a versão 3.0.0. O front-end da ferramenta utiliza a tecnologia Angular e será atualizada para a versão 14. O ambiente de armazenamento/versionamento será migrado para a plataforma GitLab, objetivando um melhor controle dos ciclos de teste e atualização.

# Análise de Vida à Fadiga em Coluna de Perfuração Utilizando Curvas SN

Jéssica P. V. Valença (jessica.vasconcelos@lccv.ufal.br)

Francisco A. V. Binas Jr., Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Fadiga, Tubos de perfuração, Curvas SN

## Introdução

A perfuração de poços de petróleo é uma das principais etapas na exploração de óleo e gás. As reservas *offshore* estão, muitas vezes, localizadas em grandes profundidades, com isso, é necessário o uso de longas colunas de perfuração para atingir os objetivos. As colunas de perfuração são compostas por um conjunto de tubos pesados de aço ou de alguma liga, que tem a função de transmitir torque da plataforma à broca. Essas colunas estão sujeitas a tensões e deformações flutuantes, o que pode ocasionar uma mudança estrutural permanente na estrutura, ocasionando falha por fadiga. A falha de uma estrutura como essa é muito custosa para a perfuração, sendo assim, a análise de fadiga é extremamente importante para um projeto de perfuração.

## Metodologia

Para a análise de vida à fadiga de uma coluna de perfuração a metodologia empregada segue a seguinte ordem: i) Cálculo dos esforços, como força axial, torque e momento fletor, e tensões ao longo da coluna. Para isto, utiliza-se o modelo *stiff string* de torque e arraste, que considera a coluna como uma viga elástica; ii) Utilização das curvas SN, para quantificar o número de ciclos de tensão alternada necessários para causar falha por fadiga; iii) Aplicação da Regra de Miner para o cálculo do dano acumulado, também conhecida por regra do dano linear, em que o fator de dano representa a proporção de vida útil consumida da estrutura.

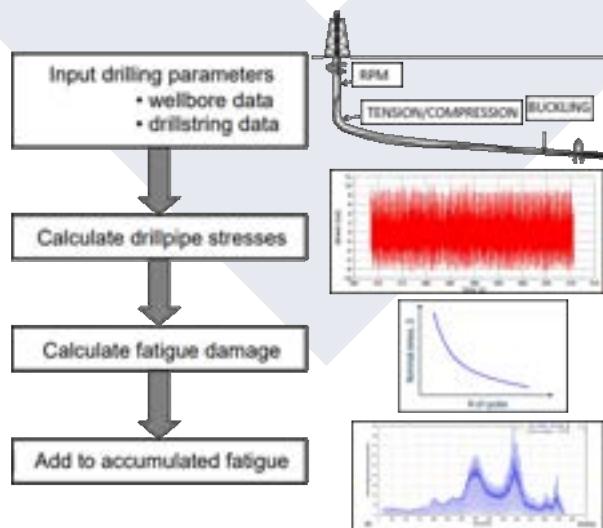


Figura 1: Fluxo para cálculo de fadiga.

## Resultados

Como resultados deste trabalho, será desenvolvida uma aplicação para simular a perfuração em operações diversas, disponibilizando gráficos cumulativos de fadiga e gráficos de tensões. Essas informações podem subsidiar tomadas de decisões no projeto, como mudança de trajetória, escolha de novos componentes da coluna, com o objetivo de evitar danos por fadiga na coluna de perfuração.

# Otimização das Operações de Alargamento e Testemunhagem Atuando na Coluna de Perfuração

**João V. M. A. Crisóstomo** (joao.crisostomo@lccv.ufal.br)

Teófanes Vitor Silva, Felipe P. Lima, Francisco A. V. Binas Jr., Aline S. R. Barboza

**Atividade de P&D, Engenharia de petróleo**

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Otimização, Alargamento

## Introdução

A operação de testemunhagem ocorre durante a perfuração e visa a retirada e análise do testemunho na zona de interesse, amostra de rocha de subsuperfície cilíndrica que apresenta poucas alterações nas propriedades naturais. Várias são as informações encontradas através do processo de testemunhagem e vão desde informações referentes à litologia, influência dos agentes de circulação (escolha do fluido de perfuração adequado) até propriedades mecânicas de perfuração da rocha. Já a técnica de alargamento de poço busca perfurar com broca de diâmetro reduzido, seja por necessidades operacionais como a própria testemunhagem ou diversas outras situações técnicas. Após isso, o poço será alargado até um diâmetro que seja possível descer uma coluna de

revestimento anteriormente programada. Por isso, este trabalho visa a otimização dessas operações de forma a analisar suas propriedades mecânicas e como elas influenciam no processo de perfuração nas estruturas offshore.



Figura 1: Alargador durante operação.

## Metodologia

A análise de esforços mecânicos é uma prática muito comum quando se trata de estruturas presentes na engenharia de petróleo. Sendo necessária para equilibrar os limites mecânicos da ferramenta utilizada com o custo da perfuração e estabilidade do poço. Tornando possível uma redução na probabilidade de ocorrer kick, blowout, pescaria entre outros eventos indesejados. Com o uso de informações obtidas pela testemunhagem é possível otimizar parâmetros operacionais impostos durante o alargamento.



Figura 2: Processo de testemunhagem lateral.

## Resultados

Nesse trabalho busca-se desenvolver métodos que aumentem a eficiência dos equipamentos utilizados durante o alargamento e a testemunhagem, provendo uma redução de custos, mas garantindo a segurança do processo.

# Integração e Entrega Contínuas Inseridas na Criação de Ferramentas para a Indústria de Óleo e Gás

**Marcos A. B. Lima** (marcoslima@lccv.ufal.br)

Ilievanilton R. Barros, Carlos W. L. Barbosa Neto, Daniel M. Pimentel, Edson Rabelo Jr., Leandro M. Sales, Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Integração contínua, Automatização de processos, Engenharia de software

## Introdução

CI/CD, Integração continua/Entrega contínua, é um método para otimizar a frequência de entrega das aplicações aos clientes. Para isso, é aplicada a automação nas etapas do desenvolvimento de aplicações. Os principais conceitos atribuídos a esse método são a integração, entrega e implantação contínuas. Com o CI/CD, é possível solucionar os problemas que a inserção de novos códigos pode causar para as equipes de operações e desenvolvimento. Através destes processos monitora-se e automatiza-se todo o ciclo de vida das aplicações, incluindo as etapas de teste e integração, além da entrega e implantação. Juntas, essas práticas relacionadas são muitas

vezes chamadas de "pipeline de CI/CD" e são compatíveis com o trabalho conjunto das equipes e com os métodos ágeis.

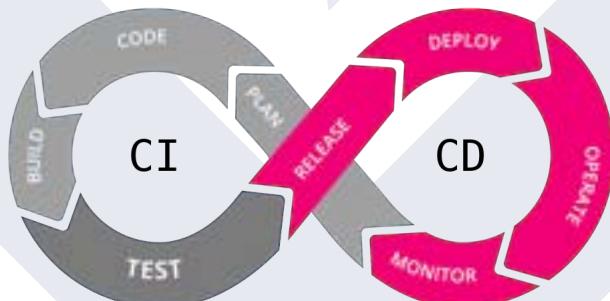


Figura 1: Integração/Entrega contínua.

## Metodologia

Com a integração continuada, os desenvolvedores utilizam um repositório compartilhado usando um sistema de controle de versão, como o Git. Antes de cada atualização, os desenvolvedores podem executar testes de unidade locais em seus códigos como uma camada de verificação extra anterior à integração. Um serviço de integração contínua cria e executa automaticamente testes de unidade nas novas alterações de código para

destacar imediatamente todos os erros. Em casos de identificação de problemas ou erros no código, a atualização será recusada e o desenvolvedor procederá a correção.



Figura 2: Fluxo CI/CD.

## Resultados

Com a integração contínua espera-se aumentar a produtividade da equipe de desenvolvimento, permitindo reduzir as tarefas manuais dos desenvolvedores. A automatização dos testes ajudarão a reduzir o número de erros de implementação. A entrega contínua contribuirá com a distribuição de atualizações para os clientes, aumentando sua frequência e reduzindo a probabilidade de erros no sistema.

# Otimização do Processo de Retirada de Testemunho Utilizando Aproximação Termoporoelástica

**Teófanes Vitor Silva** (teofanes.silva@lccv.ufal.br)  
 Felipe P. Lima, Francisco A. V. Binas Jr., Aline S. R. Barboza

**Atividade de P&D**  
 Duração: 12 meses (Em andamento)  
 Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Otimização, Engenharia de poços, Testemunhagem

## Introdução

O presente projeto tem por objetivo desenvolver uma metodologia para otimizar a velocidade de retirada dos testemunhos de poços. Testemunhos podem ser considerados a realidade do subsolo se eliminarmos ou minimizarmos o dano sofrido durante os processos de corte, retirada e manuseio. Uma importante fonte de dano a amostra é durante sua retirada, quando a rápida descompressão pode causar danos devido a indução de microfraturas. Esses são sofridos devido a expansão dos fluidos confinados e da queda de temperatura. Utiliza-se um modelo termoporoelástico para representar matematicamente a difusão dos fluidos confinados e da temperatura da amostra.

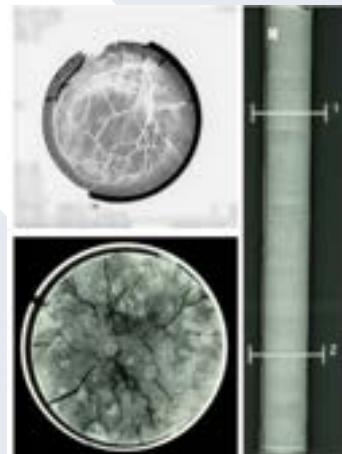


Figura 1: Microfraturas em testemunhos.

## Metodologia

Neste trabalho, introduz-se uma aproximação geomecânica termoporoelástica. Inclui-se as derivações matemáticas do tempo de difusividade requerido para que a pressão de poros se dissipe. Também são considerados os efeitos gerados pelas mudanças de temperatura, a parede de lama e o deslizamento. A difusão hidráulica e o tipo de fluido são considerados como fatores principais para o controle da máxima velocidade de retirada.

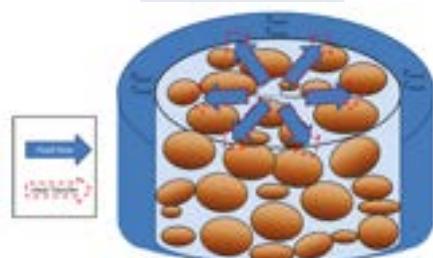


Figura 2: Difusividade em testemunhos.

## Resultados

O resultado esperado para esse desenvolvimento é um módulo que permita calcular a máxima velocidade de retirada para os diferentes tipos de fluidos, tanto monofásico quanto bifásico. Permitindo construir uma janela de segurança operacional. Posteriormente serão desenvolvidos módulos para: i) Análise de tensões; ii) Localização de microfraturas; iii) Análise de influência dos efeitos na retirada da amostra.

# Reestruturação do Módulo de Anomalias para Recebimento de Dados em Batelada

**Eduardo S. Paranhos Sobrinho** (eduardo.paranhos@lccv.ufal.br)

William Wagner M. Lira, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo N. Araújo, Igor M. N. Oliveira, Thiago B. Silva, Lucas P. Gouveia

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Anomalias, Abordagem Analítica, Redes Neurais, Dados em Batelada

## Introdução

O módulo de anomalias tem por objetivo identificar comportamentos anômalos dos poços monitorados, por meio dos sensores de pressão e temperatura e do conjunto de válvulas atuantes em tempo real (ver Figura 1), a fim de garantir a segurança operacional. Essa ferramenta está integrada ao ambiente Petrobras em fase de testes e já ultrapassou a marca de 200 poços. Devido ao aumento significativo no número de poços monitorados, sentiu-se a necessidade de reestruturar a forma como o sistema recebe e processa os dados para dar mais celeridade à análise.

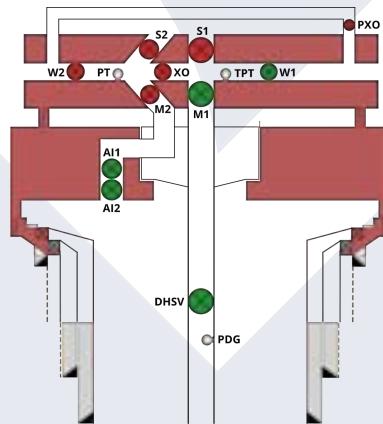


Figura 1: Árvore de natal com válvulas e sensores do poço.

## Metodologia

Inicialmente, o conjunto de dados recebido pelo sistema trazia informações dos sensores e válvulas de apenas um instante de tempo. A frequência de recebimento dos dados era de 15 segundos para cada poço, mas com o aumento do número de poços, o processo de receber, analisar e repassar os dados nessa frequência resultou em um congestionamento de informações, comprometendo a eficiência do sistema no envio de respostas em tempo hábil. Como solução, o sistema foi reestruturado para receber os dados dos poços em batelada, diminuindo a quantidade de recebimentos e repasses de dados, mas mantendo quantidade de dados analisados.

## Resultados

Com a nova formatação da entrada de dados, o sistema recebe uma estrutura com listas contendo os valores dos sensores e válvulas e os seus instantes de tempo. O módulo de anomalias analisa todo o intervalo de dados e fornece o seu status mais crítico. De modo que qualquer anomalia presente seja identificada e notificada. No fluxo do Node-RED, foram feitos aprimoramentos nas etapas de verificação da rede neural, a fim de simplificar os processos (ver Figura 2). A nova metodologia está em fase de

testes no ambiente Petrobras.

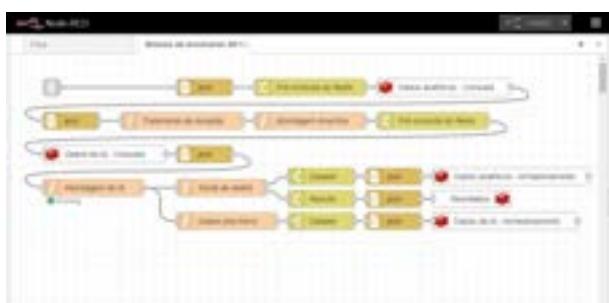


Figura 2: Novo fluxo do Node-RED.

# Estudo e Modelagem do Aumento de Pressão em Anulares de Poços de Petróleo

Gilberto L. L. Santos (gilberto.santos@lccv.ufal.br)

Thiago B. Silva, Catarina N. A. Fernandes, João Paulo L. Santos, William Wagner M. Lira

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Aumento de Pressão em Anulares, Simulação Numérica, Poços de Petróleo

## Introdução

Ao longo de sua vida útil, poços de petróleo estão sujeitos a diferentes variações de temperatura de acordo com as operações realizadas. Durante a produção, ocorre a elevação da temperatura que causa incrementos de pressão em seus espaços anulares (APB - *Annular Pressure Build-up*). Em alguns casos, o APB pode acarretar em falhas por *burst* ou colapso das tubulações. Essa atividade se refere à validação do simulador desenvolvido, é apresentado um estudo de caso, onde as estimativas de APB fornecidas são comparadas às estimativas do *software* comercial StrinGnosis. A ferramenta disponibiliza uma licença para sua utilização online durante algumas semanas, onde foi possível executar diversos testes de simulação de carregamentos térmicos e de APB.

## Metodologia

A metodologia inicia com a definição do cenário de referência de acordo com a configuração do poço. Nessa etapa, são determinados os valores dos parâmetros dos materiais envolvidos no problema em estudo. Posteriormente, tem-se a análise térmica, usando o StrinGnosis, de acordo com o gradiente geotérmico e a operação de injeção de água, fornecendo os perfis térmicos na condição de equilíbrio. Esses perfis são utilizados para o cálculo do APB com o StrinGnosis e também com

o simulador do LCCV, desenvolvido em linguagem C++. A última etapa consiste em comparar os resultados fornecidos entre os dois simuladores.

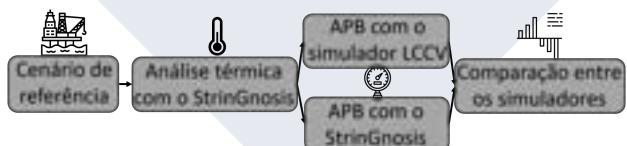


Figura 1: Metodologia.

## Resultados

A Figura 2 apresenta a comparação entre os resultados obtidos, que são considerados satisfatórios. Mesmo sem a disponibilidade da formulação matemática e computacional utilizada no StrinGnosis e dos valores de módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson da formação e do cimento, a maior diferença percentual observada foi de 7,5% para este cenário. As próximas etapas consistem em estudar modelos simplificados para uma melhor compreensão das diferenças entre os simuladores, com o objetivo de compreender as diferenças de modelagem e caso se julgue interessante incorporar ajustes ao simulador desenvolvido.

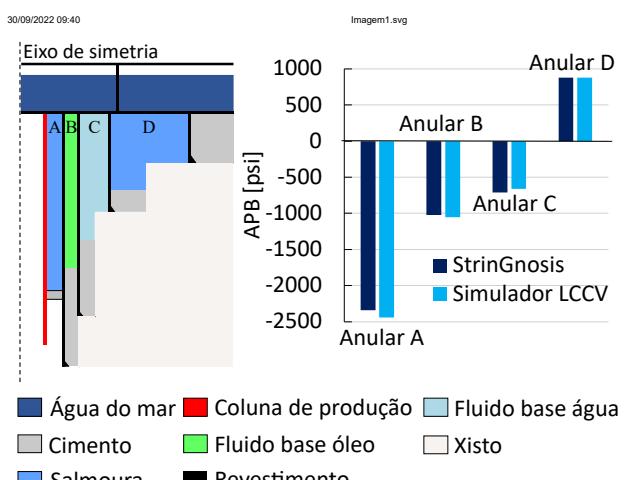


Figura 2: Resultados da aplicação.

# Simulação Numérica de Métodos Para Mitigação do Aumento de Pressão em Anulares de Poços de Petróleo

Gilberto L. L. Santos (gilberto.santos@lccv.ufal.br)

Dissertação de mestrado, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Aumento de Pressão em Anulares (APB), Mitigação do APB, Integridade de Poços

## Introdução

O objetivo geral deste trabalho é estudar e implementar alguns métodos para mitigação do aumento de pressão em anulares (APB - *Annular Pressure Build-up*) de poços de petróleo, avaliando sua eficiência em diferentes cenários. O APB é o fenômeno oriundo da diferença entre a variação de volume irrestrita de um fluido e a variação de volume permitida pelo seu recipiente. Nesse sentido, a expansão térmica dos fluidos trapeados nos espaços anulares em poços de petróleo provocam o APB. Métodos para mitigação do APB são aplicáveis para manter os níveis de pressão dos anulares dentro dos limites permitidos, mantendo a integridade do poço e possibilitando um maior aproveitamento nas operações realizadas ao longo de sua vida útil.

## Metodologia

A metodologia adotada para alcançar o objetivo inicia com o estudo sobre o APB, onde aspectos teóricos, matemáticos e computacionais são identificados, inclusive estudando e utilizando o simulador de APB, desenvolvido por Vasconcelos (2019). Na segunda etapa é realizado o estudo sobre os métodos de mitigação do APB, conhecendo o funcionamento, vantagens e desvantagens de cada técnica. Na terceira etapa, rotinas computacionais para reproduzir o comportamento do APB com a presença das

técnicas da sapata aberta, espuma compressível e discos de ruptura são implementadas no simulador. Na quarta etapa tem-se a comparação dos resultados obtidos por cada um dos três métodos por meio de gráficos e tabelas.

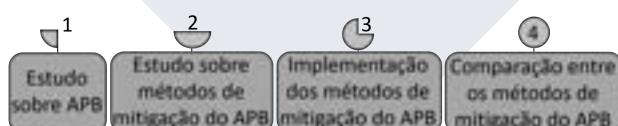


Figura 1: Metodologia.

## Resultados

Simulações com casos de estudo de referência foram realizados, permitindo um maior domínio do código computacional do simulador e melhor entendimento do problema do APB. Uma tabela comparativa entre as técnicas de mitigação foi desenvolvida. A partir dela, os métodos da sapata aberta, espuma compressível e discos de ruptura foram selecionados para implementação computacional. As próximas etapas para conclusão do trabalho consistem em estudar a formulação matemática dessas três técnicas, implementá-las no simulador, e comparar os resultados de APB de um cenário de referência na presença de cada uma delas.

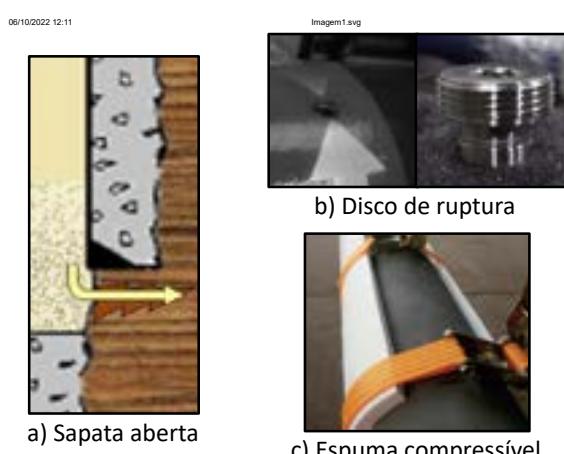


Figura 2: Exemplos de Métodos de Mitigação do APB.

# Modelagem computacional da elevação de pressão em anulares em região salina

Catarina N. A. Fernandes (catarina@lccv.ufal.br)

Gilberto L. L. Santos, Thiago B. Silva, João Paulo L. Santos, William Wagner M. Lira

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** APB, Rochas salinas, Fluênciça

## Introdução

Rochas salinas se deformam por fluênciça, ou seja, apresentam deformação evoluindo no tempo mesmo quando submetidas a um estado constante de tensão. Assim, anulares confinados em contato com formações salinas estão sujeitos à variação de volume ao longo do tempo, e consequentemente, à variação de pressão. Essa atividade se refere à modelagem da variação de pressão em anulares confinados (ou APB) devido à fluênciça salina. O simulador desenvolvido no escopo deste projeto resolve de maneira acoplada (fraco acoplamento) a variação de pressão devido à fluênciça salina e a variação de pressão devido à expansão térmica do fluido confinado, provocada por variações de temperatura.

## Metodologia

O comportamento por fluênciça da formação salina é descrito por modelos unidimensionais axissimétricos. A pressão do fluido confinado contém o fechamento da rocha salina, enquanto a redução do volume do anular eleva a pressão do fluido. O poço é dividido em trechos de mesma altura (Figura 1), e para cada incremento de tempo são calculados os deslocamentos das rochas e revestimentos, a variação de volume, e a consequente variação de pressão. Esse processo é iterativo até que a variação da pressão exercida pelo fluido seja compatível com os incrementos de deslocamento das rochas e dos revestimentos.

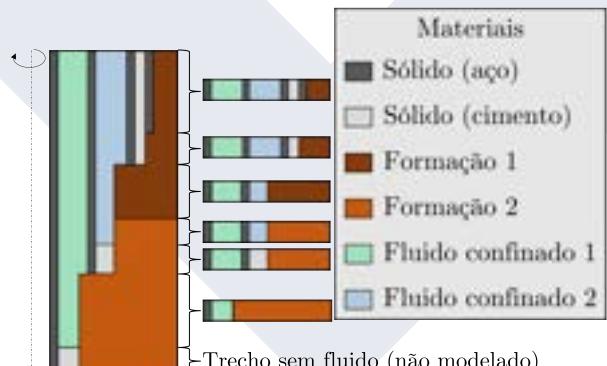


Figura 1: Discretização do poço.

## Resultados

Para sua verificação, o APB salino é modelado isoladamente, não considerando variações de temperatura. É utilizada a estratégia adotada pela Petrobras, que modela apenas o anular em contato com a rocha salina utilizando o simulador comercial Abaqus. A Figura 2 apresenta a comparação do APB fornecido pelo simulador e pelo Abaqus em um poço cujo anular está em contato com a rocha salina Halita. A maior diferença observada foi menor que 2%. A ferramenta contribui para uma previsão precisa de esforços nos revestimentos ao longo da vida

útil do poço, tornando o dimensionamento e planejamento do poço mais seguro.

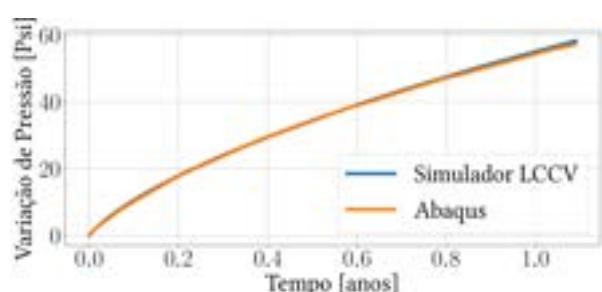


Figura 2: Comparação entre resultados obtidos.

# Análise Probabilística de Tubos de Revestimento Baseada em Elementos Finitos

**Luiz C. L. Véras** (luiz.veras@lccv.ufal.br)

Eduardo T. Lima Jr., Lucas P. Gouveia, Gustavo T. Silva

**Projeto de P&D, PPGEc/UFAL**

Duração: 14 meses (Finalizado)

Parceiros: Nenhum, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Integridade de poço, Projeto de revestimento, Projeto probabilístico, FORM, Abaqus scripting

## Introdução

O revestimento e a tubulação em poços de petróleo são importantes elementos de barreira de segurança, desempenhando funções estruturais e de vedação cruciais. Alguns fenômenos como desgaste e corrosão ocorrem durante diferentes operações ao longo de seu ciclo de vida. As causas podem ser o contato agressivo dos tubos com outros equipamentos que correm para dentro do poço, ou mesmo o ataque químico dos fluidos produzidos, injetados ou em contato com os tubos. Geralmente, esses defeitos são considerados de forma conservadora na fase de projeto, a fim de evitar eventos de perda de integridade, porém, há muita incerteza nessas previsões. O objetivo deste trabalho é investigar a incerteza em relação à resistência ao colapso de tubos desgastados e corroídos, integrando dados de inspeção geométrica de perfilagem ultrassônica e modelagem de elementos finitos.

## Metodologia

Os modelos de tubos foram construídos implementando *scripts* em Python 2 (arquivos no formato .py), que devem ser executados pelo interpretador Python disponível no software *Abaqus*. Estes *scripts* permitem a geração automática de arquivos de entrada com toda a informação necessária para modelagem, em formato .inp, que após o processo de simulação geraram os arquivos de saída em formato .odb, utilizados em pós-processamento para interpretação dos resultados obtidos. Já para a avaliação do FORM, que chama o modelo numérico definido em *scripts*, as rotinas são executadas em Python 3.8, independentemente do *Abaqus*. Verificou-se que a comunicação em *runtime* entre as rotinas é mais efetiva utilizando, por exemplo, arquivos de texto, nos quais os valores calculados pelo modelo numérico são lidos pelo código FORM, em cada chamada do procedimento de confiabilidade.

## Resultados

O modelo numérico do tubo e o módulo de confiabilidade foram acoplados satisfatoriamente, possibilitando análises para diversas aplicações e variações do modelo do tubo. Observou-se que o custo computacional é relativamente alto, mesmo para um modelo simples, sendo necessário investigar formas de agilizar o procedimento, principalmente a execução do *Abaqus*, minimizando o custo de análise de problemas mais complexos como a dos tubos desgastados, cuja parametrização da geometria,

baseada em dados de perfis ultrassônicos, torna-se mais onerosa.

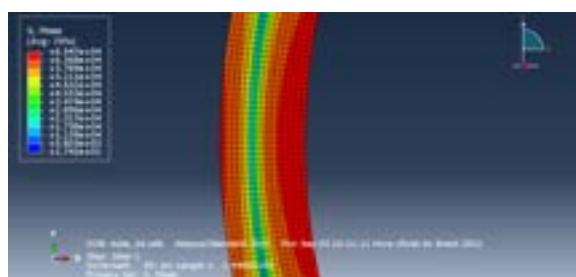


Figura 1: Von Mises stress map on tube modeled in Abaqus.

# Análise da Influência de Tensões Axiais na Integridade de Revestimento de Poços

Bruno C. A. Moura. (bruno.moura@lccv.ufal.br)

**Dissertação de mestrado,** Engenharia civil

Duração: 24 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Revestimento de Poços, Integridade de Poços, Tensões Axiais

## Introdução

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da ação de efeitos que provocam tensões axiais sobre os cálculos de verificação de integridade dos tubulares de revestimento. Essa avaliação é relevante, pois, em projetos de poços, alguns cenários submetidos a carregamentos combinados são capazes de penalizar a resistência ao colapso, podendo causar uma falha inesperada no revestimento. Devido à complexidade do problema, simulações numéricas apoiadas no método dos elementos finitos são utilizadas para reprodução dos cenários avaliados.

## Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto, a metodologia de desenvolvimento deste trabalho é baseada em quatro etapas principais: i) estudo e determinação dos cenários que os tubulares de revestimento devem ser submetidos; ii) determinação dos carregamentos, incluindo estudos dos efeitos e fenômenos que atuam no revestimento; iii) identificação da modelagem numérica mais adequada para a reprodução dos cenários considerando os tubulares de revestimento modelados integralmente e as diversas possibilidades de carregamentos combinados que atuam nesses tubulares; e iv) realização de análises numéricas contemplando os diversos cenários considerados e avaliação das situações críticas que podem produzir falha na

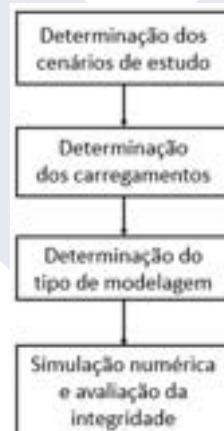


Figura 1: Metodologia.

## Resultados

Ao final do trabalho, é analisada integralmente a estrutura do revestimento a partir dos campos de tensões axiais e esforços de pressão resultantes obtidos nas simulações numéricas, encontrando as seções mais críticas em relação ao carregamento e à resistência e avaliando a integridade do revestimento de forma mais efetiva. A Figura 2 apresenta um exemplo dos resultados obtidos de resistência ao colapso, comparando a resistência original inalterada e a resistência após a penalização do limite de escoamento.

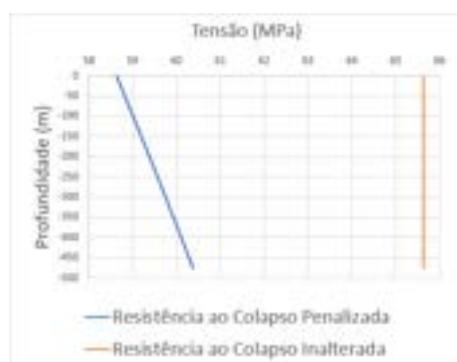


Figura 2: Resistência ao Colapso.

# Descrição do Módulo de Detecção de Anomalias para Aperfeiçoamento da Ferramenta

**Bruno B. Santos** (bruno.batista@ctec.ufal.br)

Eduardo S. Paranhos Sobrinho, William Wagner M. Lira, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo N. Araújo, Igor M. N. Oliveira, Thiago B. Silva, Lucas P. Gouveia

**Iniciação científica**, Engenharia de petróleo

Duração: 6 meses (Em andamento)

Financiamento: PIBIC/UFAL

**Palavras-chave:** Descrição, Módulo de Anomalias, Programação em Fluxo

## Introdução

O módulo de anomalias tem por objetivo identificar comportamentos anômalos em poços óleo e gás em tempo real. Para que ele seja eficiente, seu algoritmo é composto por uma série de blocos de códigos por onde os dados dos poços seguem em fluxo e são analisados para determinar o comportamento dos poços. Dessa forma, pela grande quantidade de blocos de linhas de códigos desenvolvidos, sentiu-se a necessidade de descrevê-los, a fim de se obter um maior entendimento da ferramenta e melhorar o engajamento de novos integrantes do projeto com o módulo de detecção de anomalias.



Figura 1: Ambiente do Módulo de Anomalia.

## Metodologia

A aplicação web Node-Red, onde o módulo de anomalias está em desenvolvimento, dispõe para o usuário um ambiente em sua própria interface no qual é possível fazer a descrição personalizada dos nós criados. Nesse espaço, o texto inserido deve seguir o sistema de formatação MarkDown ou HTML. A partir disso, foi possível fazer a descrição de cada nó implementado. Nessa descrição, foram detalhadas as informações do código que fossem mais relevantes para o entendimento do funcionamento do nó quando recebe o fluxo de dados. Dessa forma, para cada nó, foram descritos seus objetivos principais, as estratégias utilizadas, avaliação dos dados recebidos e a descrição dos principais parâmetros contidos nos códigos. A didática e a linguagem utilizada na descrição da ferramenta foram bastante simples, de maneira que o texto fosse objetivo e acessível para quem lê.

## Resultados

Através da descrição realizada para cada nó, foi possível tornar o módulo de detecção de anomalias mais completo e robusto, tendo em vista que tal metodologia proporcionou um maior entendimento de como os dados são tratados durante todos os processos de análises e manipulações feitos pela ferramenta. Além disso, o processo de adaptação de novos integrantes do projeto com o software se tornou mais rápido e fácil.

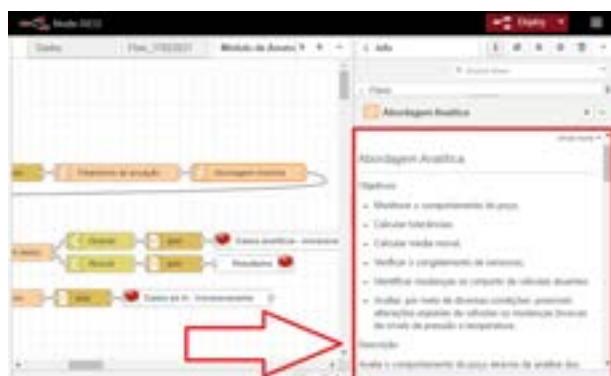


Figura 2: Descrição do template "Abordagem analítica".

# Estudo Geométrico e de Performance de Conexões de Revestimentos API *Round* e *Buttress*

Gustavo T. Silva ([gustavo.silva@lccv.ufal.br](mailto:gustavo.silva@lccv.ufal.br))

João Paulo L. Santos, Eduardo T. Lima Jr., Lucas P. Gouveia, Luiz C. L. Véras

## Projeto de P&D

Duração: 14 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Integridade de Poços, Conexões de Revestimentos API, Elementos Finitos

## Introdução

Para que haja a interligação entre os tubulares de revestimento de poços, conexões rosqueadas são aplicadas. Estes pontos são críticos em termos de integridade estrutural, estando comumente relacionados a eventos de falha em colunas de revestimento. Assim, faz-se necessário o estudo destes elementos no contexto do projeto de revestimentos. Este trabalho aborda estudos sobre a geometria e desempenho de conexões estabelecidas pela API Spec. 5B (2008), verificando-se os modos de falha obtidos a partir de modelos em elementos finitos, os quais são comparados com a formulação de resistência prevista na API TR 5C3 (2008).

## Metodologia

A metodologia deste estudo inclui a geração de modelos bidimensionais parametrizados de conexões API dos tipos *round* e *buttress*, segundo os parâmetros indicados pela API Spec. 5B (2008). Os modelos devem ser capazes de verificar as resistências estabelecidas pela API TR 5C3 (2008), ou seja, as resistências dos filetes de rosca, à fratura de acoplamentos pino-luva, ao *jump-out* (vide Figura 1), à pressão interna e ao vazamento. Admite-se um modelo de contato não linear entre os filetes baseado na formulação de fricção por penalidade. Um modelo constitutivo não linear baseado na norma ASME VIII div. 2 (2015) é considerado para os graus de aço API. Avalia-se a distribuição de tensões ao longo do acoplamento, e as pressões de contato entre os filetes de rosca, por

meio do uso do *software* comercial de elementos finitos Abaqus®.

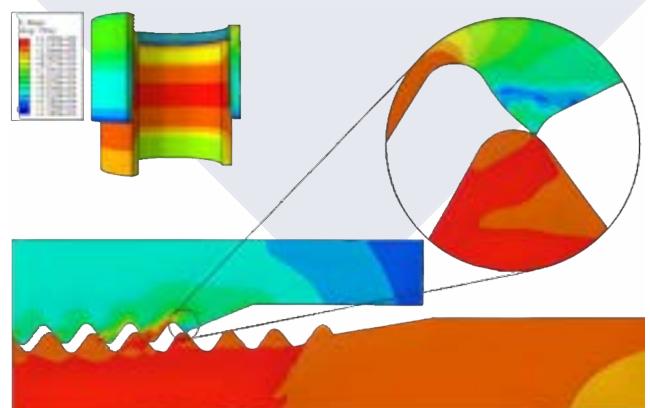


Figura 1: Modo de falha por *jump-out* em conexões API do tipo *round*.

## Resultados

Os resultados obtidos pela modelagem numérica apresentam uma compatibilidade com os indicados na literatura e no relatório técnico API TR 5C3 (2008), tanto na distribuição das tensões ao longo das seções pino-luva, como na localização dos pontos de tensão crítica. A modelagem é capaz de indicar a distribuição superficial das pressões de contato entre os filetes em função da posição e do tempo de simulação, já que a geração das superfícies de contato é feita de forma automatizada via Abaqus® *script*. O próximo passo deste estudo é reprodução testes de qualificação preconizados pela API RP 5C5 (2017) de forma a se estabelecer uma metodologia para a produção de envelopes de resistência de conexões proprietárias.

# Detecção de Picos na Derivada Numérica para o Módulo de Anomalias

Igor M. N. Oliveira (igornery@lccv.ufal.br)

William Wagner M. Lira, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo N. Araújo, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Thiago B. Silva, Lucas P. Gouveia

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Detecção de Anomalias, Detecção de Picos, Derivada Numérica Não Uniforme

## Introdução

O módulo de detecção de anomalias tem por objetivo identificar, em tempo real, comportamentos monitorados de temperatura a fim de detectar anomalias. Como comum em P&D, deseja-se



Figura 1: Valores de pressão simulados.

## Metodologia

Formula-se a derivada numérica de primeira ordem de uma série de dados não uniformemente espaçados. A formulação é flexível em avaliar a derivada sobre um ponto qualquer dentro do conjunto de pontos recebidos. Após a avaliação da derivada numérica sobre um conjunto de pontos, efetua-se a detecção de picos. Esta, baseia-se na métrica z-score para avaliar quão distante um novo ponto está em relação a um conjunto de pontos anteriores, utilizando a diferença do novo ponto para a média dos pontos anteriores, em termos de seu desvio padrão. Como a aplicação possui

(idealmente) dados bem comportados, a derivada

nunca deve ter resultados muito diferentes

e, portanto, a detecção de picos deve ser

acurada.

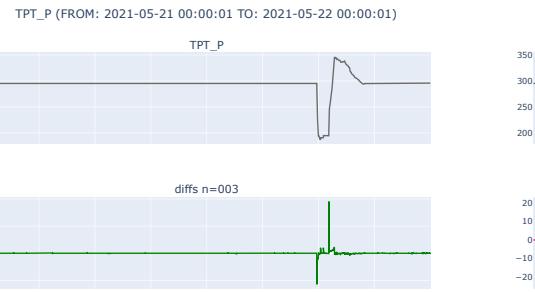
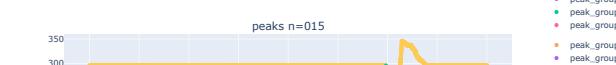


Figura 2: Derivada numérica dos valores de pressão.



Figura 3: Picos da derivada numérica.

## Resultados



# Estratégia automatizada para a modelagem numérica do APB em poços verticais de petróleo

Gleide K. M. Lins (gleidekarolayne@lccv.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, Thiago B. Silva, William Wagner M. Lira

**Monografia de graduação**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** APB, Expansão térmica de fluidos, Projeto de poços de petróleo

## Introdução

Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma estratégia automatizada para a modelagem numérica do APB (*Annular Pressure build-up*) em poços verticais de petróleo. Este fenômeno é caracterizado pelo incremento de pressão nos anulares do poço, decorrente do aquecimento do fluido nele contido e consequente tendência de expansão térmica (Figura 1). Assim, o APB ocasiona sobrecargas no revestimento, tornando necessário a consideração de seus efeitos para o correto dimensionamento do poço. O cálculo do APB, no entanto, é complexo e necessita do auxílio de ferramentas computacionais. Diante disso, o LCCV/UFAL desenvolve ferramentas computacionais para estimar os esforços causados pelo APB. Para verificar a qualidade das

implementações, opta-se pela comparação com *softwares* comerciais, como o ABAQUS. Para viabilizar esta comparação, faz-se necessário estudar uma estratégia para a modelagem do APB no ABAQUS e desenvolver um mecanismo que acelere seu processo de modelagem.

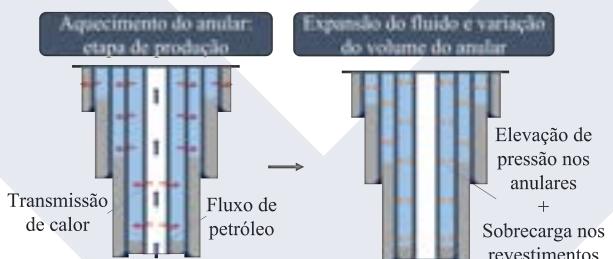


Figura 1: Processo do APB.

## Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto, desenvolve-se uma metodologia baseada em 3 etapas: i) modelagem numérica do APB em um exemplo de geometria simplificada; ii) modelagem numérica do APB em um poço hipotético disponível na literatura e iii) automatização dos processos de modelagem. A Figura 2 ilustra a modelagem física adotada para o problema.

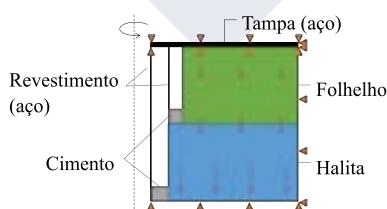


Figura 2: Modelagem física adotada para o problema.

## Resultados

Para o problema de vaso de pressão, com solução analítica, a estratégia adotada apresenta um erro relativo de -3,5% no resultado do APB. Já para o cenário disponível na literatura os erros relativos variam de -10% a 3%. A automatização proposta agrega agilidade às modelagens, pois permite a definição de diversos casos de simulação mediante um único arquivo de entrada. Desse modo, o presente estudo contribui com a apresentação de uma abordagem para a modelagem do APB em poços verticais de petróleo, proporcionando uma ferramenta adicional para auxiliar os estudos relacionados ao fenômeno. Em trabalhos futuros, propõe-se investigar mais a fundo os erros observados buscando melhorar a metodologia adotada.

# Resistência de tubos desgastados e corroídos em poços de petróleo ao longo de seu ciclo de vida

Lucas P. Gouveia (lucasgouveia@lccv.ufal.br)

**Tese de doutorado, Engenharia de petróleo**

Duração: 4 anos (Em andamento)

Financiamento: Ciências sem Fronteiras/CNPq

**Palavras-chave:** Colapso, MEF, FORM

## Introdução

Tubos de revestimento, produção e injeção em poços de petróleo são importantes elementos de barreira de segurança, desempenhando funções estruturais e de isolamento cruciais. O desgaste e a corrosão nesses tubulares ocorrem durante diferentes operações ao longo de seu ciclo de vida. As causas podem ser o contato agressivo dos tubos com outros equipamentos descidos no poço, ou ainda o ataque químico dos fluidos produzidos, injetados ou em contato com os tubos. Geralmente, esses defeitos são considerados de forma conservadora na fase de projeto de revestimento, de modo a evitar situações de perda de integridade, no entanto, há muita incerteza nessas previsões. Por outro lado, equipamentos modernos de inspeção disponíveis no mercado, como ferramentas de perfilagem ultrassônica e eletromagnética, têm permitido avaliar o estado real dos tubos em serviço.

## Metodologia

Neste trabalho, aplica-se uma metodologia inovadora de identificação de danos (desgaste e corrosão) baseada na inspeção da geometria do tubo: raio interno e espessura do tubo. Os dados são tratados com métodos estatísticos para serem modelados como variáveis aleatórias, permitindo uma análise probabilística da geometria residual das colunas tubulares ao longo da profundidade do poço. Essa informação é integrada com simulação em Método dos Elementos Finitos visando estimar a resistência residual do tubo. O modelo de resistência é avaliado probabilisticamente com o

método de confiabilidade estrutural FORM (First Order Reliability Method) para fins de verificação do risco associado em projeto ou em poços em reavaliação.

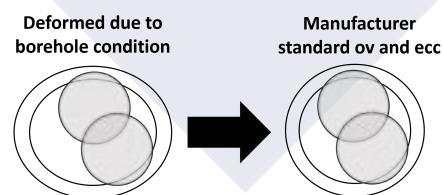


Figura 1: Geração da geometria a ser modelada com MEF.

## Resultados

Os resultados mostram resistências residuais ao colapso de tubos condizentes com outros trabalhos da literatura. Porém permite-se extrapolar conclusões para situações de múltiplas canaletas e múltiplos pites de corrosão. Nota-se que a resistência residual depende não somente da profundidade máxima de desgaste ou corrosão, mas também da área e da distribuição desses defeitos no tubo. A análise probabilística da resistência residual do tubo, apesar de ser muito custosa computacionalmente, pode auxiliar o projetista na tomada de decisão.

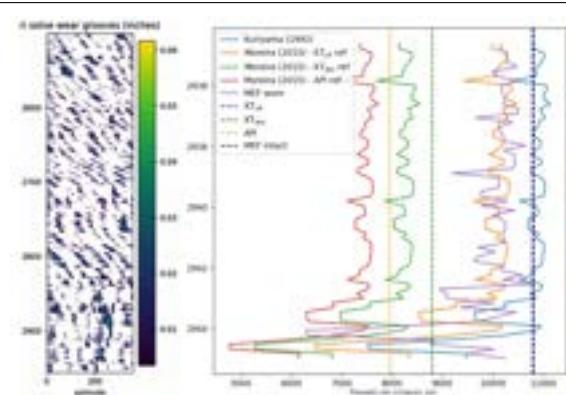


Figura 2: Perfil de defeitos (desgaste e corrosão) e de resistência residual.

# Contribuição para o aprimoramento de um simulador térmico em colunas de revestimento e anulares de poços de petróleo

**Luiz E. da Silva Filho** (luiz.elias@lccv.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, Lucas P. Gouveia, Thiago B. Silva, William Wagner M. Lira

**Monografia de graduação**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Transferência de calor, Perfis de temperatura, Escoamento multifásico

## Introdução

O escoamento em um poço de petróleo é complexo e, via de regra, opera em regime multifásico e turbulento. Essa complexidade reflete-se na previsão dos perfis de temperatura nos revestimentos e anulares do poço. Tais perfis são muito importantes, uma vez que são requeridos para cálculo do aumento de pressão nos anulares (APB), para previsão do processo de corrosão dos revestimentos e em operações de recuperação avançada de petróleo. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho consiste em aprimorar um simulador térmico de poços de petróleo já existente. A contribuição deste trabalho está associada à incorporação de modelagens de escoamento multifásico ao simulador.

## Metodologia

A metodologia de desenvolvimento do trabalho é baseada em 3 etapas principais: a) Escolha dos modelos multifásicos a serem implementados e sob quais condições (regime, padrão de escoamento, diâmetro, inclinações, etc.) são válidos, com base nas formulações mais utilizadas na indústria do petróleo; b) Implementação computacional dos métodos escolhidos na etapa anterior e acoplamento com o simulador existente; e c) Verificação das implementações realizadas.

## Resultados

Com base em um levantamento bibliográfico de modelos de escoamento multifásicos consagrados na indústria de petróleo e utilizados em simuladores comerciais, escolheu-se as correlações de Beggs & Brill e Hagedorn & Brown. Com a implementação desses métodos, o simulador foi validado utilizando cenários de poços presentes na literatura. Nas verificações, as diferenças percentuais máximas registradas nos perfis de temperatura ficaram entre 0,5% e 1,8%. Um exemplo da verificação do perfil de temperatura em escoamento multifásico é apresentado na Figura 1, onde pode-se destacar a adequabilidade dos resultados obtidos, conseguindo-se perfis satisfatórios. A principal contribuição do trabalho é a expansão da aplicabilidade do simulador, permitindo que este seja utilizado em cenários mais complexos. Esse simulador pode, ainda, ser acoplado a módulos para cálculos relativos à integridade do poço, tornando-se uma ferramenta

integrada na obtenção dos perfis de temperatura e na análise da integridade estrutural do poço.

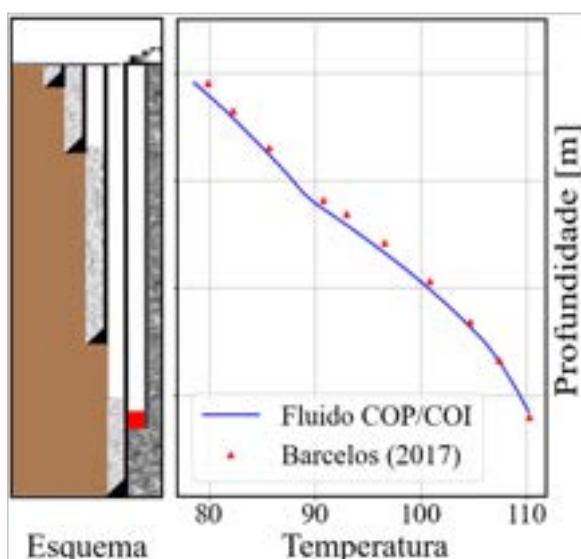


Figura 1: Exemplo de verificação.

# Modelagem Numérica de Colunas de Produção e Injeção em Poços de Petróleo para Quantificação de Atrito e Esforços Axiais

Otávio B. A. Rodrigues (otavio.rodrigues@lccv.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, João Paulo N. Araújo, William Wagner M. Lira, João Paulo L. Santos

## Dissertação de mestrado

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: PETROBRAS, Financiamento: Nenhum

**Palavras-chave:** Esforços axiais, Atrito, Colunas de produção e injeção

## Introdução

Durante a vida útil de um poço é importante que a coluna de produção ou injeção (COP/COI) suporte esforços axiais. Assim, mantém-se íntegra sua estrutura e evita-se a necessidade de intervenções pós-completação. Em poços direcionais, o peso e a trajetória naturalmente provocam o contato da coluna com o revestimento (ver Figura 1). A flambagem da coluna também contribui com esse contato, tornando as forças de atrito ainda maiores. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do atrito nos esforços axiais em COP/COI, através de uma modelagem numérica unidimensional.

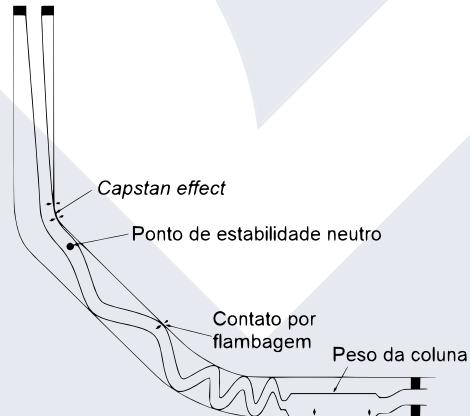


Figura 1: Formas de atrito COP/COI-revestimento.

## Metodologia

Para atingir o objetivo proposto, a metodologia adotada é dividida em cinco macro etapas: i) estudos sobre atrito e flambagem em COP/COI; ii) modelagem computacional de flambagem com atrito para COP/COI; iii) incorporação de novos efeitos à modelagem de flambagem com atrito; iv) realização de estudos de caso em poços direcionais; v) comparação de resultados com *software* comercial.

## Resultados

Um modelo numérico de flambagem com atrito foi implementado, verificado e outros efeitos que provocam atrito adicionados. Assim, é possível estudar poços direcionais ou verticais sujeitos a diferentes operações. A Figura 2 ilustra a força axial em uma coluna de produção de um poço direcional submetida a uma operação de despressurização. Nesse caso, a fricção atua reduzindo tal esforço e permitindo projetos menos conservadores. A força axial com atrito do modelo desenvolvido possui boa concordância junto ao *software* comercial.

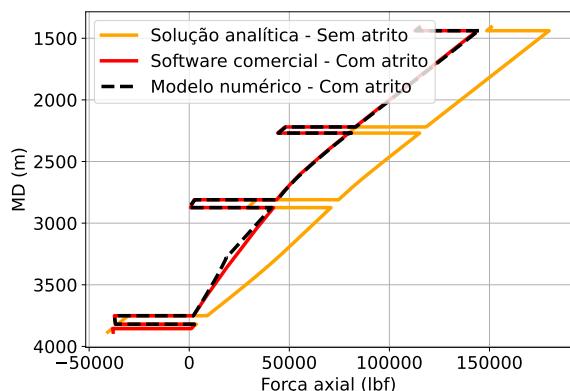


Figura 2: Esforços axiais em uma operação de despressurização.

# Modelagem e Estratégias de Mitigação do Aumento de Pressão em Anulares Confinados de Poços

**Pedro R. R. Magalhães** (pedro.magalhaes@ctec.ufal.br)

Eduardo T. Lima Jr., Thiago B. Silva

**Monografia de graduação**, Engenharia de petróleo

Duração: 18 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Crescimento de Pressão Anular, Integridade de Poços, Mitigação de APB

## Introdução

O aumento de pressão em anulares de poços, também conhecido como APB (*Annular Pressure Buildup*), é um fenômeno ocasionado pela expansão térmica do fluido anular aprisionado, que ocorre principalmente na fase de produção. O APB é um problema capaz de causar graves danos estruturais e que vem ganhando destaque conforme cresce o interesse pela perfuração de poços profundos e poços HPHT (*High Pressure and High Temperature*). Dessa forma, se torna cada vez mais importante a aplicação de algum método de mitigação capaz de reduzir e manter a pressão a níveis aceitáveis, chamado de *Allowable APB* ou APB permitido. No presente trabalho, dois métodos de mitigação são implementados com o objetivo de analisar seu impacto no aumento de pressão.

## Metodologia

Dois métodos de mitigação foram modelados e assim seja possível extravasar fluido para ela e implementados através da linguagem de programação *Python* em conjunto ao modelo de cálculo do APB: o método das espumas sintéticas colapsáveis e o método da sapata do revestimento aberto. O primeiro consiste em instalar espumas sintéticas preenchidas por esferas de vidro ocas na parte interna dos revestimentos (Figura 1), na qual colapsam e liberam volume para o fluido confinado se expandir livremente quando submetidas a uma certa pressão crítica, assim aliviando o aumento de pressão. Já o segundo consiste em cimentar o anular de forma parcial, deixando que parte dele tenha contato direto com a formação rochosa



Figura 1: Espuma sintética instalada na parede interna.

## Resultados

No cenário analisado, a utilização de 80 metros de espuma (8% da profundidade total do anular) provocou a diminuição de 50,6% do APB. Além disso, foi feita uma análise da quantidade ótima de espuma para o caso estudado. Os resultados indicaram que o APB não sofreu alterações significativas a partir de 110 metros de espuma instalada, pois não foi atingida a pressão necessária para o colapso das demais espumas sintéticas. Por sua vez, a técnica da sapata do revestimento aberto provocou a diminuição de 55,6% do valor do APB no anular aplicado. Dessa forma, é possível afirmar que os métodos de mitigação são eficientes, porém também é importante destacar que sua aplicação possui ressalvas. As espumas sintéticas colapsáveis possuem um efeito de mitigação bom e confiável, porém apresentam alto custo. Já a técnica da sapata do revestimento aberto apresenta baixa confiabilidade no efeito de mitigação apesar de sua aplicação ser barata.

# Análise do Comportamento do Solo em Operações com Condutor Cravado

Jennifer Mikaela F. Melo (jennifer.ferreira@lccv.ufal.br)

Francisco A. V. Binas Jr., Raniel Deivisson A. Albuquerque, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

## R&D activity

Duração: 12 months (In progress)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Setup, Bogard, Condutor

## Introdução

A análise do comportamento do solo durante o processo de cravação evita projetos de poços mal dimensionados. O efeito *setup* é o aumento da capacidade de carga no sistema solo-condutor em função do tempo. Ao longo da instalação, o solo circundante é perturbado devido a grandes tensões, afetando a distribuição das pressões de poros. Após a instalação, o excesso de pressão de poros se dissipia, aumentando a tensão efetiva e a consolidação do solo. Existem vários métodos para obter a capacidade de carga na literatura condicionada pela instalação do revestimento condutor.

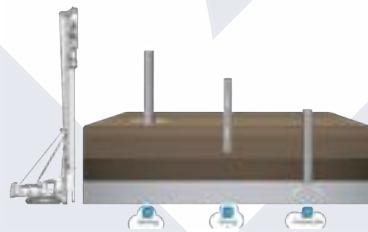


Figura 1: Processo de cravação. (JUNTTAN).

## Metodologia

Para dimensionar um poço cravado por martelo, é considerado o crescimento da capacidade axial ao longo do tempo. Além disso, é importante destacar que este cenário depende do efeito *setup*. Bogard (2000) sugeriu um método utilizando as fórmulas abaixo:

$$Q(t) = (0,3 + 0,7 \cdot U) \cdot Q \quad (4.1)$$

$$U = \frac{\frac{t}{t_{50}}}{1 + \frac{t}{t_{50}}} \quad (4.2)$$

onde  $Q(t)$  é a capacidade de carga no tempo  $t$ ,  $Q$  é a capacidade última,  $U$  é o grau de adensamento do solo,  $t$  é o tempo de recuperação e  $t_{50}$  é tempo no qual ocorre 50% do adensamento.

## Resultados

A metodologia de avaliação da capacidade de carga desenvolvida por Bogard (2000) foi implementada no SIMCON 2.0. Como mostra a Figura 1, ao comparar a implementação com a anteriormente adotada, desenvolvida por JeanJean (2002), os resultados foram os esperados para um sistema instalado por martelo hidráulico.

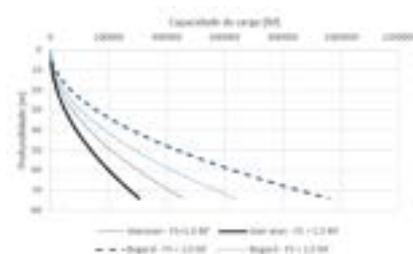


Figura 2: Comparação entre as metodologias (Autores (2022)).

# Análise Confiabilística dos Revestimentos Condutor e Superfície em Projetos Estruturais de Poços de Petróleo

Joyce K. F. Tenório (joyce.tenorio@lccv.ufal.br)

Christiano Augusto F. Várady Filho, Aline V. Esteves, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos,  
Eduardo T. Lima Jr.

## AAtividade de P&D

Duração: 38 meses (Em progresso)

Parceiros: PROJ-PERF/CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** FORM, Índice de Confiabilidade, Projeto de Início de Poço

## Introdução

O presente trabalho utiliza um modelo baseado em confiabilidade estrutural para avaliar os indicadores estatísticos de projetos de poços de petróleo. A heterogeneidade e a anisotropia do solo trazem incertezas sobre a representatividade das amostras, o que é agravado por observações limitadas. É possível uma divergência significativa entre os resultados de projeto e o comportamento mecânico real envolvido no processo. O grupo de projeto de poços é capaz de otimizar os riscos, incorporando formulações baseadas nas incertezas para alcançar maior robustez e controle sobre o projeto geotécnico. Os métodos determinísticos não são capazes de considerar completamente tais tipos de riscos, ignorando a variabilidade dos parâmetros e todas as suas incertezas ao considerar um único valor de fator de segurança. Por outro lado, a análise confiabilística pode ser utilizada para atribuir uma probabilidade de falha a um determinado fenômeno e auxiliar os projetos de poços de petróleo, avaliando a função de estado limite com base no modelo de resistência não drenada.

## Metodologia

A técnica de confiabilidade utilizada para estimar a integridade do revestimento foi o Método de Confiabilidade de Primeira Ordem (FORM). A técnica foi aplicada a estudos de caso fornecidos pela companhia e os dados de comportamento mecânico do conjunto revestimento-solo são obtidos a partir de um software de análise de elementos finitos (SIMCON), que é solicitado a cada iteração da análise de confiabilidade. O modelo avalia a resposta utilizando os seguintes critérios de projeto estrutural: 1) capacidade de carga do revestimento condutor; 2) deslocamento do sistema de cabeça de poço; e 3) fator de segurança triaxial da revestimento de superfície.

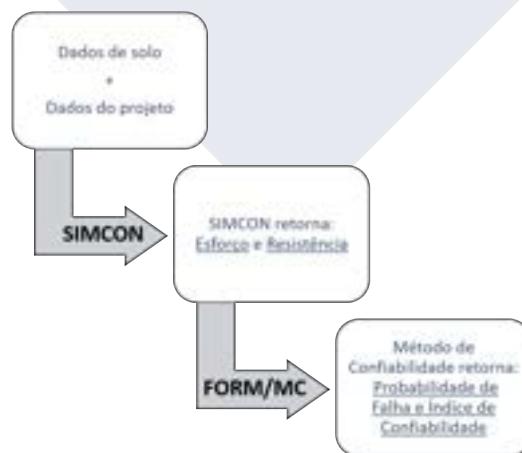


Figura 1: Etapas do Módulo de Confiabilidade.

## Resultados

A partir dos estudos de caso realizados foi possível avaliar os dados e comparar as informações oriundas da análise probabilística com os fatores de segurança. Os resultados baseados na análise probabilística auxiliarão na tomada de decisões sobre o projeto de revestimento, mantendo os fatores de segurança dentro de um intervalo aceitável e diminuindo os custos com condutor e operação de cimentação. Os resultados previos apresentam probabilidades de falha consistentes com os cenários analisados.

# Cravabilidade de Condutor em Solos Arenosos: Uma Revisão de Literatura

Joyce K. F. Tenório (joyce.tenorio@lccv.ufal.br)

Aline V. Esteves, Christiano Augusto F. Várady Filho, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos, Eduardo T. Lima Jr.

## Atividade de P&D

Duração: 18 meses (Em progresso)

Parceiros: PROJ-PERF/CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Cravabilidade, Geomecânica, Projeto de Ínicio de Poço

## Introdução

O presente estudo realizou uma revisão bibliográfica com o objetivo de compreender quais métodos são utilizados, bem como selecionar o método mais adequado para modelar o problema da cravação de condutores em areias. Sabe-se que as areias possuem coesão zero ou desprezíveis e apresentam comportamento dilatante ou contrátil no cisalhamento, a depender de sua compacidade inicial. Tendo em vista o papel da força de cisalhamento no processo de cravação, a importância do estudo do comportamento de solos arenosos frente ao processo de cravabilidade é evidente. Além disso, carregamentos uniaxiais com grandes deformações neste tipo de material resultam na fratura dos grãos e grandes mudanças nos vazios. Fenômenos como os mencionados aumentam a complexidade da modelagem do problema da cravabilidade em areias, sendo então amplamente utilizados métodos fenomenológicos e empíricos.

## Metodologia

Entre os métodos encontrados, destacam-se a Formulação de Poncelet (1839) e a Formulação de Young (1967). Poncelet determina a profundidade final alcançada em função da massa e da velocidade do objeto, da contribuição das tensões iniciais e da parte associada à resistência do solo. A Formulação Young, por outro lado, determina a profundidade atingida em função da velocidade inicial do objeto e dos parâmetros de ajuste, sem sentido físico, denominados Coeficiente de Performance e o Coeficiente de Penetrabilidade. Ambos os métodos foram inicialmente selecionados devido à sua ampla utilização e relevância na literatura.

## Resultados

Nota-se que as profundidades alcançadas ao utilizar os métodos de Poncelet e Young estão entre as mais elevadas (Figura 1), quando comparadas com as outras formulações. Percebeu-se ainda que no caso das areias, a componente dissipativa relacionada com os efeitos viscosos pode ser negligenciada. Testar estas metodologias para casos reais e verificar a sua adequação ao problema são os próximos passos deste estudo, embora os dados reais para a cravação em areias ainda sejam escassos.

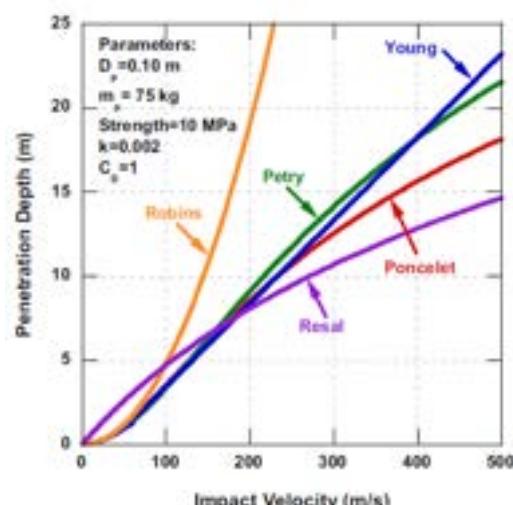


Figura 1: Profundidade de penetração com a variação da velocidade de impacto (Omidvar et al., 2014).

settypeAtividade de P&D

## Desenvolvimento do Sest-Solos e Simcon

**Alisson T. Pinto** (alisson.tenorio@edge.ufal.br)  
Diogo S. Fônseca, Alan D. Santos, João Paulo L. Santos

Duração: 18 meses (Em andamento)  
Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Simulator development

### Introdução

O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de um sistema de análise de furos geotécnicos. Isso pode ser feito com diversas metodologias de cálculo. Além disso, a automação de processos onerosos realizados manualmente pode se tornar mais rápida devido aos desenvolvimentos realizados neste período de tempo, gerando um ganho de produtividade para a empresa e tornando as pessoas que utilizam o sistema mais eficientes em suas tarefas.

### Metodologia

As estratégias de desenvolvimento ágil e SCRUM foram utilizadas para desenvolver as atividades criadas pelos Stakeholders da LCCV e Petrobras, com planejamento quinzenal do sprint, quando os macroresultados eram apresentados à Petrobras e reuniões menores com a equipe de desenvolvimento às terças, quartas e sextas-feiras para discutir os progresso. A metodologia Kanban foi usada para ajudar a acompanhar o progresso dos problemas de desenvolvimento. Essas questões foram classificadas de acordo com seu status:

1. **TODO** - backlog de issues abertas;
2. **In Progress** - Issues sendo desenvolvimento por um desenvolvedor;
3. **To review** - Issues concluídas a serem revisadas por outros desenvolvedores;
4. **Validation** - Novos recursos disponíveis em ambiente de staging a serem validadas pela equipe de engenharia;
5. **Not validated** - Novos recursos que não

atenderam os requisitos especificados;

6. **Done** - Novos recursos prontos para serem entregues ao cliente final *Petrobras*.

O controle de versão do Git foi utilizado em conjunto com a estratégia do Gitflow, onde cada tarefa era convertida em um branch no repositório e, quando finalizada, enviada por Pull Request *PR* para ser revisada por outros membros da equipe. Os *PR* aprovados foram, então, entregues automaticamente no ambiente de teste por uma ferramenta de implantação automatizada *Drone + Docker*, vinculada a ações no Github.



Figura 1: Ilustração do Sest-Solos.

### Resultados

Ferramentas computacionais foram desenvolvidas e aprimoradas para auxiliar no projeto SEST-SOLOS, dentre elas: Integração das metodologias de cálculo DNV, BR e Norsok para a seção de Dados do Solo; Seção para análise e comparação de dados de relatórios de jateamento com dados de poços, utilizando ferramentas gráficas e cálculos de dispersão medidos; Seção para geração e análise gráfica de Perfis Virtuais; Guia de filtragem de dados de furos geotécnicos, de propriedades,

filtros, resoluções e profundidades personalizadas.

# Modelagem Numérica de Freio Geomecânico em Base Torpedo para Análises de Cravabilidade

**Christiano Augusto F. Váraday Filho** (christiano\_varady@lccv.ufal.br)

Joyce K. F. Tenório, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em Progresso)

Parceiros: PROJ-PERF/CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Modelagem de Estacas, Análise de Cravabilidade, Projeto de Início de Poço

## Introdução

O presente trabalho analisa a influência do freio geomecânico na profundidade final de uma base de torpedo, modelando o dispositivo numa formulação de cravabilidade numérica. Uma base de torpedo é um tipo de revestimento condutor instalado em solo marinho, principalmente por queda livre do seu próprio peso como energia de cravação. A principal vantagem desta técnica é a possibilidade de instalar o revestimento condutor antes da chegada do navio de perfuração ao local, reduzindo o tempo de perfuração do poço e, assim, poupando custos significativos.



Figura 1: Freio Geomecânico em base torpedo. Fonte: Sousa (2017).

## Metodologia

A formulação de cravabilidade utilizada é de True (1974), que consiste em um processo iterativo que avalia a profundidade final de qualquer projétil em argila não drenada. É implementado no SEST-Solos uma solução web utilizada pela Petrobras para analisar dados de piezocone e caracterizar a resistência ao cisalhamento não drenado ( $S_u$ ). A modelagem do freio geomecânico consiste inicialmente em aumentar a área lateral em contato com o solo durante a penetração, ocorrendo o aumento da resistência a cravação.

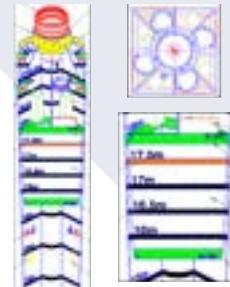


Figura 2: Esquemática de um freio geomecânico. Fonte: Arcevo de projetos de base torpedo.

## Resultados

Os resultados mostram uma diferença significativa na profundidade final avaliada ao modelar o freio geomecânico. Na Figura 3, pode-se observar várias profundidades finais para diferentes velocidades iniciais e para dois valores de resistência ao cisalhamento não drenada. Atualmente, apenas a área lateral é considerada e a próxima etapa é

avaliar a influência das grades instaladas entre o freio geomecânico e o revestimento condutor.

Velocidade Inicial (m/s)	0.67	4.0	8.0	12.0
Penetração Mínima [Su Sup]	18.4	18.9	19.9	21.1
Penetração Mínima [Su Inf]	17.7	18.0	18.8	19.8
Penetração Mínima [Su Inf]	23.0	23.8	24.9	26.5
Penetração Mínima [Su Inf]	20.8	21.4	22.3	23.8

Figura 3: Penetração mínima em metros com e sem o freio.

# Modelagem Estatística de Solos Marinhos Baseada em Testes de Piezocone

**Andressa C. A. Silva** (andressa.celestino@lccv.ufal.br)

Christiano Augusto F. Várady Filho, Joyce K. F. Tenório, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em progresso)

Parceiros: PROJ-PERF/CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Teste CPTu, Métodos Estatísticos, Projeto de Início de Poço

## Introdução

O presente trabalho visa caracterizar os parâmetros de ensaio do CPTu e propor procedimentos numéricos que permitam a manipulação e utilização de resultados de ensaios piezocone em projetos estruturais de poços petrolíferos. A caracterização dos parâmetros de CPTu promove uma melhor compreensão e classificação dos limites do solo. O teste CPTu é caracterizado como uma das mais importantes ferramentas de prospecção geotécnica e seus resultados podem ser utilizados para a determinação estratigráfica dos perfis do solo, determinação das propriedades dos materiais prospectados e previsão da capacidade de carga das fundações (Figura 1).

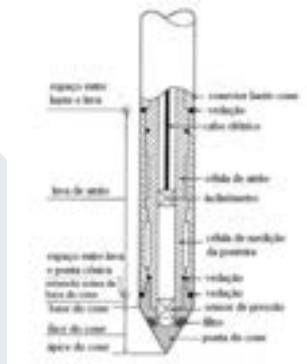


Figura 1: Componentes do piezocone. Fonte: Lunne et al. (1997).

## Metodologia

O teste CPTu consiste em conduzir hastas de 1m com uma ponta côncica de 60° no terreno desejado com uma velocidade constante de 20 mm/s. Alguns resultados gráficos de um teste CPTu são mostrados na Figura 1. Os principais parâmetros são a resistência de ponta ( $qc$ ), atrito lateral ( $F_s$ ) e o excesso de poropressão ( $U_2$ ). Pode-se obter parâmetros a partir dessas grandezas utilizando funções de correlação, tais como a razão de atrito ( $R_f$ ), o parâmetro de poropressão ( $U_2$ ), OCR e sensibilidade ao almogamento. A partir destas correlações, é possível chegar a resultados

mais aproximados das características do solo.

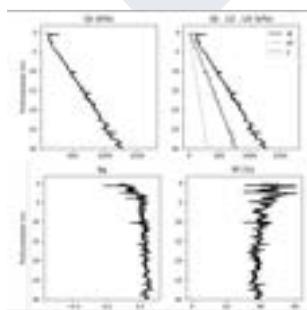


Figura 2: Resultados de testes de Piezocone.

## Resultados

Os resultados esperados verificarão as funções de correlação propostas por diferentes autores na literatura para compreender e classificar os limites do solo. A classificação adota a modelagem estatística dos dados com base no teste de Bartlett modificado e as implementações já desenvolvidas serão validadas com dados reais.

# Simulações numéricas do jateamento de um revestimento condutor em solo argiloso

Natália C. S. Santos (natalia.santos@lccv.ufal.br)

Eduardo Matheus A. Pacheco, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

**Atividade de P&D**, Engenharia química

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Revestimento condutor, Jateamento, Lattice-Boltzmann

## Introdução

O jateamento do revestimento condutor é uma técnica aplicada na construção de poços em ambientes de águas profundas. Entretanto, esta operação ainda se baseia na expertise do time de escavação para uma performance bem-sucedida. Por isso, a fluidodinâmica computacional é usada como uma alternativa mais segura e econômica comparadas aos testes de campo. Nesse âmbito, a modelagem fluidodinâmica do solo marinho é aplicada para simplificar a análise das interações do conjunto jateado e o solo. Neste projeto, a modelagem e simulação do jateamento foi realizada pelo método de Lattice-Boltzman (LBM), em conjunto com modelos multifásicos, em função de sua capacidade em simular a dinâmica dos fluidos, em paralelo aos fenômenos de transporte e termodinâmicos.

## Metodologia

Esse trabalho foi realizado no *software* SIMULIA XFlow®, versão 2019x (Dassault Systèmes). Duas abordagens multifásicas foram propostas: uma com o uso método de Volume de Fluido (VoF) e outra com o rastreio baseado em partículas. Para ambas, os parâmetros de solo foram validados para um poço específico e os parâmetros da água considerados à 288,15 K. Ademais, a vazão mássica foi estabelecida como 6,3 kg/s na superfície da broca. Como mostra a Figura 1, a principal diferença entre os modelos está nas dimensões do domínio, especialmente no condutor, o qual inteiramente no (B) e parcialmente em (A).

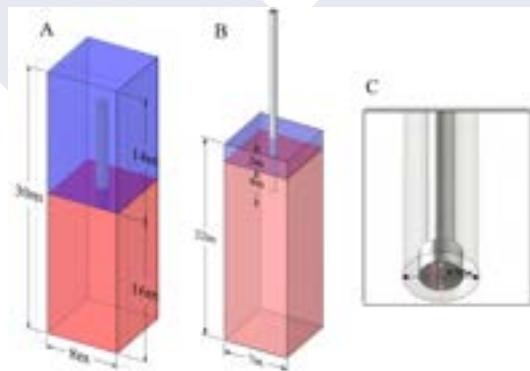


Figura 1: Dimensões do domínio para o modelo atual (A), modelo anterior (B) e condutor (C).

## Resultados

Inicialmente, as simulações foram executadas com o VoF. Essa estratégia permitiu a identificação dos parâmetros que mais influenciavam os modelos, como: a viscosidade do fluido, a gravidade e a velocidade do condutor. Além disso, evidenciou as funções do *software* que mais afetaram a representação física do processo e a solução dos balanços de massa, gradientes de velocidade e pressão. O modelo (B) executou a operação do jateamento corretamente para os primeiros 2 m. Porém, devido a instabilidade na interface e a tensão da superfície solo-água, esse modelo não continuou ser bem-sucedido. Por isso, para desativar a tensão superficial entre essas fases, o modelo (A) foi aplicado com o rastreamento de partículas. Atualmente, simulações com 250s apresentaram balanços de massa e gradientes de velocidade estáveis. No entanto, observa-se pontos instáveis de pressão and alta intensidade de turbulência. Ademais, modelo (A) com o VoF também apresentou o efeito da turbulência no domínio, embora a pressão estivesse estável.

# Análise Numérica de Métodos de Otimização de Parâmetros de Projeto Estrutural de Poços de Petróleo

**Christian Augusto F. Váraday Filho** (christiano\_varady@lccv.ufal.br)

Aline V. Esteves, Joyce K. F. Tenório, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 38 meses (Em progresso)

Parceiros: PROJ-PERF/CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Otimização, Projeto de Revestimento, Início de Poço

## Introdução

Dentre vários aspectos, a indústria do petróleo e gás visa a melhor integridade estrutural possível, mantendo os custos em um nível aceitável. Os custos de revestimento podem variar até 15% do custo total de um poço. A prática habitual de projeto envolve alterar repetidamente o comprimento do condutor ou o topo de cimento do revestimento de superfície e verificar se os critérios globais de projeto da estrutura são atendidos. Os estudos de otimização neste trabalho envolvem a determinação do comprimento mínimo do revestimento condutor e do topo de cimento do revestimento de superfície, garantindo que os critérios globais do operador para o projeto de revestimento sejam atendidos.

## Metodologia

As etapas do algoritmo de otimização são mostradas na Figura 1. O processo começa com um arquivo JSON contendo os parâmetros a serem otimizados (comprimento do revestimento condutor e topo de cimento do revestimento de superfície). Depois, o software de elementos finitos da companhia é chamado para obter as variáveis relacionadas com o comportamento mecânico do acoplamento solo-poço. Várias técnicas de optimização foram analisadas para avaliar o seu desempenho e precisão de parâmetros, minimizando ao mesmo tempo os critérios necessários. Foi então desenvolvido um estudo de caso para verificar qual o método de optimização

que proporciona os melhores resultados com o menor número de iterações.



Figura 1: Fluxograma do processo.

## Resultados

De acordo com as análises realizadas, a metodologia de otimização discutida neste estudo pode apoiar os projetistas de poços de petróleo, reduzindo o tempo necessário para esta tarefa. Com base nos resultados (Figura 2), o método de Ridder e o Algoritmo 748 forneceram os melhores resultados, considerando a redução das dimensões do revestimento do condutor e do topo do cimento. Podem ser realizadas melhorias a este código, incluindo critérios de projeto adicionais e a combinação dos resultados com uma análise

econômica automatizada para verificar qual a solução mais viável.

Método	Número de Iterações	Comprimento do revestimento (m)	Topo de cimento (m)
Bissecção	7	100	137
Brent	7	100	140
Brent + Hiperbólico	7	100	140
Ridder	12	100	133
Algoritmo 748	12	100	133

Figura 2: Resultados numéricos.

# Modelagem da cravação de condutores com o MPM

Raniel Deivisson A. Albuquerque (raniel@lccv.ufal.br)

Jennifer Mikaela F. Melo, Francisco A. V. Binas Jr., Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

## Projeto de P&D

Duração: 12 meses (Em curso)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Argila mole, Mohr-Coulomb, Capacidade de carga

## Introdução

O condutor é o primeiro revestimento a ser instalado em um poço de petróleo (Figura 1). Uma de suas principais funções é sustentar os equipamentos da cabeça de poço e o revestimento de superfície. Uma das formas de instalar o revestimento condutor é por cravação por martelamento. O processo de cravação gera pertubações no solo. E a medição desses efeitos é fundamental para garantir a confiabilidade da capacidade de carga do solo. Dessa forma, esse projeto tem por objetivo construir um modelo computacional da cravação por martelamento e estudar seus efeitos no solo. O Método dos

Pontos Materiais (MPM) está sendo utilizado para desenvolver o modelo, uma vez que o Método dos Elementos Finitos (MEF) encontra dificuldades para resolver problemas com grandes deformações.

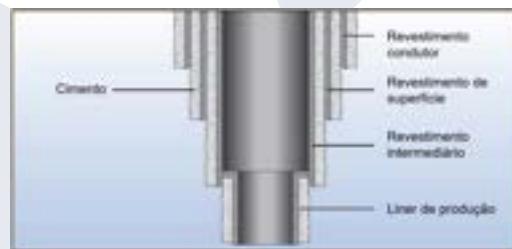


Figura 1: Revestimentos de um poço. Fonte: slb.com.

## Metodologia

MPM é uma abordagem baseada no MEF no qual as propriedades dos materiais são armazenadas em pontos materiais (PM) e não nos nós da malha. A Figura 2 mostra o esquema computacional do MPM. A informação presente nos PM é mapeada ao nó mais próximo (a). As equações governantes são calculadas nos nós (b). A tensão, deformação, e a velocidade são atualizadas no PM (c). A malha é reiniciada (d). Como a malha é restaurada ao fim de cada passo, não ocorrem deformações excessivas. O Anura3D é uma aplicação de código aberto, baseada no MPM, e é usado para realizar as simulações. Ele tem por foco resolver problemas geotécnicos sob grandes deformações e quantificar

as interações entre estruturas e água.

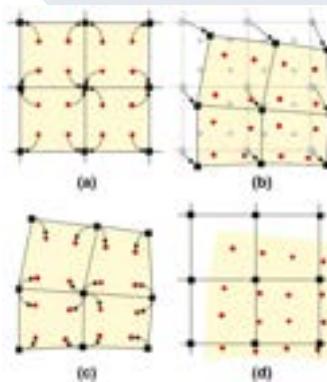


Figura 2: Esquema do MPM. Fonte: Ceccato (2017).

## Resultados

Pretendemos construir um modelo da cravação do revestimento condutor por martelamento com MPM para estudar o estado do solo durante a instalação. As tensões, deformações e pressão de poros são analisadas para determinar potenciais parâmetros que afetam a estabilidade do condutor. O aumento da capacidade de carga do solo devido à dissipação da pressão dos poros, bem como o tamponamento do condutor por solo, pode ser estimado.

# Análise da integridade de revestimentos de poços de petróleo submetidos ao evento de WCD

**Francisco A. V. Binas Jr.** (francisco.junior@lccv.ufal.br)

Jennifer Mikaela F. Melo, Raniel Deivisson A. Albuquerque, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Influxo de Fluido, Descontrole de Poço, Fechamento de Poço

## Introdução

A profundidade dos poços perfurados nos Campos Brasileiros aumentaram significativamente com a descoberta do Pré-sal. Provocando redução na janela operacional, limitando a escolha do fluido de perfuração e elevando a probabilidade de ocorrer o influxo do fluido da formação para o poço (Figura 1). O descontrole deste fluxo é nomeado de blowout. Considerando um poço neste cenário, o WCD consiste no pior cenário da vazão diária, assumindo todas as zonas produtoras com seu maior potencial de fluxo. WCA é a análise que busca comprovar se o projeto do poço é adequado para a instalação do equipamento de bloqueio na

condição do poço em blowout, sem restrições à produção.

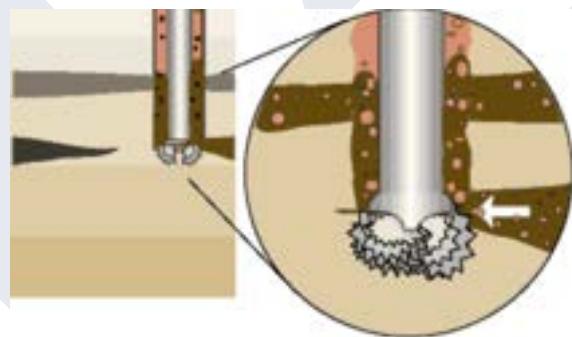


Figura 1: Influxo de fluido. Fonte: osha.gov.

## Metodologia

Durante o WCA avalia-se o efeito das cargas provenientes de um blowout nas colunas de revestimento e equipamentos de cabeça de poço. Entre estes carregamentos destacam-se as cargas de colapso, pressão interna e esforços axiais provenientes do fluido confinado nos anulares do poço em fluxo. Além destes, deve-se considerar a transmissão de calor e a pressão interna provenientes do influxo de fluido e fechamento do poço para instalação do equipamento de bloqueio. A Figura 2 esquematiza tais cargas. Calcula-se a

resistência de projeto dos tubulares para cada tipo de carregamento, por meio de expressões contidas em normas técnicas como ISO e API.

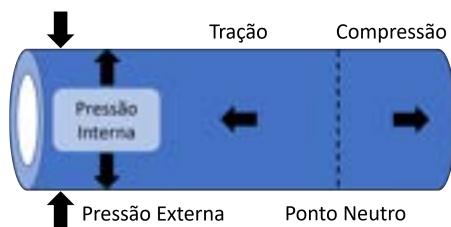


Figura 2: Cargas atuantes no revestimento. Fonte: Autor.

## Resultados

O objetivo deste trabalho é verificar se as consequências da falha de integridade durante o evento de WCD garantem a instalação do sistema de bloqueio. Serão quantificados os fatores de segurança (colapso, pressão interna, axial e triaxial) das colunas de revestimento, o fator de segurança triaxial mínimo do revestimento de superfície, assim como o deslocamento do sistema de cabeça de poço.

# Engenharia Oceânica

# Portal SubWEB - Banco de Acessórios

**Ricardo A. Fernandes** (ricardoaf@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Diogo T. Cintra, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Kim R. Gama

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Engenharia Submarina, Dutos flexíveis, Acessórios

## Introdução

Por meio de parceria com o CENPES/Petrobras, foi desenvolvido o portal SubWEB (ver Figura 1), como forma de acelerar a transformação digital na companhia. O portal SubWEB agrupa várias aplicações do contexto da Engenharia Submarina: de ferramentas de dados básicos a aplicações que automatizam a fase de projeto. Hoje, uma das principais aplicações do portal SubWEB é o Busca em Estoque, utilizado para análise de reaproveitamento de tramos de dutos flexíveis do estoque da companhia. Dentro desse contexto, durante a análise da vida pregressa de tramos, é de fundamental importância conhecer as configurações de linha e sob quais condições de operação essas linhas operaram. Nesse sentido, foi desenvolvida a aplicação Banco de Acessórios

como forma de gerenciar dados de acessórios como enrijecedores, conectores e flutuadores que compõem o unifilar da linha. Neste resumo, apresenta-se a aplicação Banco de Acessórios dentro do contexto do portal SubWEB.



Figura 1: Portal SubWEB (Engenharia Submarina).

## Metodologia

A aplicação Banco de Acessórios permite o cadastro e edição de acessórios do tipo: enrijecedor, conector e flutuador. No caso de enrijecedores e conectores, estes podem ser importados diretamente do Banco de dados de Dutos Flexíveis (BDDF) Petrobras, por meio da aplicação Histórico Operacional, só sendo necessário preencher eventuais informações ausentes. Acessórios recém-criados ou editados estão sujeitos a uma etapa de aprovação, em que usuários com permissão de aprovador podem atestar a conformidade dos dados. Os registros disponíveis no Banco de Acessórios também podem ser utilizados para associação de enrijecedores, conectores e flutuadores a configurações de linha na aplicação Histórico Operacional.

## Resultados

Como resultado, mostra-se a aplicação Banco de Acessórios para gerenciamento de dados de acessórios que são persistidos no contexto do portal SubWEB. Na Figura 2, ilustra-se a aba de conectores, exibindo a lista de conectores cadastrados. Na parte à direita, pode-se visualizar ou editar os dados de um conector selecionado, ou ainda atestar a autenticidade de seus dados no caso de um usuário aprovador.



Figura 2: Visualização da tela de gerenciamento de conectores no Banco de Acessórios.

# Integração da aplicação OtimRota com o portal SubWEB

Diogo T. Cintra (diogotc@lccv.ufal.br)

Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Kim R. Gama

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** SubWEB, Banco de Equipamentos, OtimRota

## Introdução

O presente trabalho tem como objetivo permitir a integração do OtimRota com o portal SubWEB. O OtimRota é um software voltado para ambiente desktop e atua no projeto conceitual de vários sistemas submarinos, inclusive no cenário do pré-sal. Seu desenvolvimento computacional ocorre em parceria com UFRJ/LAMCSO, USP/NDF e PUC-Rio/Tecgraf. Este sistema até então se comunicava com um banco de dados de equipamentos, disponibilizado na UFRJ. Com o intuito de maior integração de dados e de disponibilização em ambiente Petrobras, optou-se por portar o banco de equipamentos como módulo integrante do SubWEB e adaptar os mecanismos de integração.

## Metodologia

Foram desenvolvidos dois webservices expondo APIs de comunicação, um com propósito de interface com o software OtimRota e outro voltado para a comunicação com o banco de dados de equipamentos. Os webservices desenvolvidos, implementados em linguagem Python e utilizando o framework web FastAPI, se comunicam com a SQUID para interface com a solução de autenticação de usuários da Petrobras (CAv4). Uma vez que o SubWEB utiliza o banco Postgres para seus módulos integrantes, foi realizado um trabalho de importação do banco de dados existente na UFRJ (Oracle). Durante esta etapa de desenvolvimento, optou-se por modificar as tabelas de dados para a utilização de chaves primárias no

padrão UUID, mais aderente à prática adotada nos módulos do SubWEB.

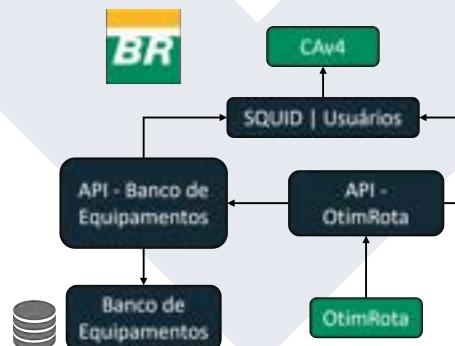


Figura 1: Integração do OtimRota com SubWEB, SQUID, Banco de Equipamentos e CAv4.

## Resultados

As APIs desenvolvidas foram disponibilizadas na Petrobras em sua infraestrutura de containers, e estão em atual estágio de homologação. O banco de equipamentos foi portado para a Petrobras, em um schema próprio no banco de dados do SubWEB. Até então é composto por um conjunto de 17 tabelas, contendo informações de árvores de natal, bombas, compressores, separadores, RWIs e manifolds. No estágio atual de desenvolvimento, o software OtimRota já se comunica com as APIs desenvolvidas, permitindo o consumo de dados do banco em sua interface gráfica (Figura 2).



Figura 2: Tela do OtimRota consumindo o Banco de Equipamentos via SubWEB.

# Portal SubWEB - Barramento de Encomendas

**Kim R. Gama** (kim.rocha@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Diogo T. Cintra, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Ricardo A. Fernandes

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Engenharia Submarina, Integração de Dados

## Introdução

O Portal SubWEB, desenvolvido em parceria com o CENPES/Petrobras, agrupa várias aplicações do contexto da Engenharia Submarina. Essas aplicações, por mais específicas que sejam, fazem parte de uma espinha dorsal do desenvolvimento da produção de óleo e gás da companhia. As diversas fases que compõe um projeto são compostas, portanto, por uma série de atividades que são desenvolvidas em diferentes softwares. Portanto, integrar esses softwares significa transformar digitalmente o dia a dia da engenharia. Para as integrações assíncronas, isto é, aquelas que geram demandas de diferentes usuários em softwares distintos, as soluções convencionais de transferência de dados tendem a não atender. Para viabilizar essas integrações dentro do ecossistema SubWEB, foi desenvolvido o Barramento de Encomendas: uma aplicação capaz de modelar, controlar, disponibilizar e auditar diversos tipos de dados que trafegam entre aplicações.

## Metodologia

A partir dos estudos do fluxo de atividades de projetos básicos e complementares, criou-se um serviço genérico o suficiente para que diferentes softwares pudessem demandar atividades um ao outro. Essas demandas são instanciadas na forma das encomendas, caracterizadas por um fluxo pré-determinado que envolvem: os slots, definidos por os dados que vão servir de matéria-prima para a atividade, e as responses, definidas pelos produtos das análises encomendadas. Diferentes atores (softwares) podem participar do preenchimento dessas etapas. Assim, qualquer um desses, desde que inserido no ecossistema SubWEB, pode encomendar uma análise previamente configurada mediante o consumo de uma API REST documentada.

## Resultados

O serviço, durante do seu desenvolvimento, passou por uma severa prova de conceito a partir de situações de integrações de até 4 sistemas orientados a uma única encomenda. Na próxima fase, o Barramento de Encomendas será utilizado como protagonista da integração entre o WebFlex (software responsável pela análise de fadiga de risers) e o Busca em Estoque (software responsável pela análise de reaproveitamento de tramos). Para tal, a equipe da TIC/CENPES, responsável pelo desenvolvimento do WebFlex, está implementando o consumo da API disponibilizada pelo Portal SubWEB.

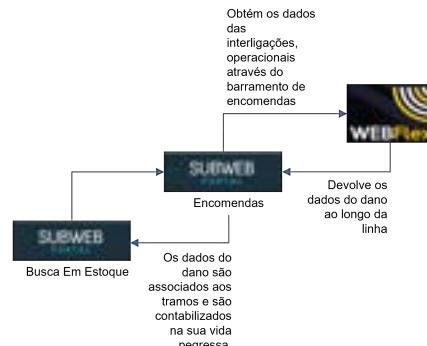


Figura 1: Fluxo da integração entre o Busca em Estoque e o WebFlex.

# Aplicação Explosão: viabilizando a execução de análises de explosão aos projetos de estruturas navais.

**Tiago P. S. Lôbo** (tiago.lobo@lccv.ufal.br)

André L. L. S. Lima, Christian C. Oliveira, Dilnei Schmidt, Diogo T. Cintra, Eduardo S. S. Silveira, Edwal H. Sanomia, Fábio M. G. Ferreira, Gabriel C. Freitas, Kevin T. L. M. Souza, Leonardo T. Ferreira, Lucas Diego F. Lino

## Projeto de P&D

Duração: 4 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Análise não linear, Transformação digital, Portal NavalWeb

## Introdução

A aplicação Explosão, disponibilizada no portal NavalWeb, foi feita para ajudar engenheiros estruturais a estudar o comportamento de estruturas de uma UEP quando submetidos a uma carga explosiva. Ao automatizar diversas partes do processo de preparação do modelo estrutural para ser executado em uma análise não linear de explosão, essa aplicação viabiliza que esta atividade seja executada em tempo hábil na fase de projeto básico. Uma atividade que manualmente demoraria semanas para ser finalizada para um único módulo, terá seu tempo de execução reduzido em mais de 90%. Para tanto, prototipou-se uma aplicação que irá disponibilizar dois assistentes: um para automatizar a preparação de modelos e outro para executar simulações não lineares.

## Metodologia

O app Explosão consiste em dois assistentes: "Assistente de preparação do modelo de explosão" e "Assistente para execução de análise de explosão". Apesar do objetivo final ser automatizar por completo os dois assistentes, atualmente é necessária a interação de um engenheiro para executar softwares de simulação de terceiros. Os assistentes funcionam recebendo como entrada os arquivos da simulação *inplace* do módulo estrutural e auxiliando o engenheiro na simplificação da estrutura para executar a análise de *blast*.



Figura 1: Tela contendo o resumo dos passos de ambos os assistentes da aplicação.

## Resultados

Foi definido que o MVP da aplicação seria o "Assistente de preparação do modelo de explosão", o qual foi dividido em sete etapas diferentes. Em suma, recebe-se o modelo numérico da análise linear, e auxilia-se o engenheiro para que este possa obter os arquivos para executar a análise não linear. Todos os artefatos fornecidos e gerados pelo assistente ficam armazenados na aplicação Estruturas. O projeto encontra-se no momento em etapa de entrega do MVP.



Figura 2: Primeira etapa do assistente de preparação do modelo de explosão.

# Adição de métodos à aplicação Sistemas Navais v3.0: permitindo que usuários tenham controle sobre o cadastro de processos

**Lucas Diego F. Lino** (lucaslino@lccv.ufal.br)

Eduardo S. S. Silveira, Márcio M. Ribeiro, Tiago P. S. Lôbo, Leonardo T. Ferreira

**Projeto de P&D**, Engenharia civil

Duração: 6 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Sistemas Navais, Calculadora, UI/UX

## Introdução

A nova versão da aplicação sistema naval tem como foco dar a possibilidade dos usuários terem controles sobre os dados que eles irão cadastrar. Deste modo, é importante que os usuários também possam realizar pequenas operações com as variáveis, para que dados derivados também sejam calculados. Neste contexto, para permitir que usuários forneçam essas operações, desenvolvemos um componente para facilitar o cadastro de fórmulas. Assim, foi desenvolvida uma calculadora afim de auxiliar o usuário durante a criação dos atributos de sistemas navais que envolvem cálculos e fórmulas.

## Metodologia

A calculadora foi criada com o objetivo de ser um componente genérico para a aplicação Sistemas Navais, utilizada em todos módulos que necessitam que o usuário forneça fórmulas. Seu layout foi elaborado de forma a facilitar a manipulação de operações básicas. Assim, 18 botões compõem a seção de operações escalares (adição, subtração, multiplicação, dentre outras) e 6 botões são dedicados às operações matriciais, como: cálculo do determinante, soma e multiplicação de matrizes. Além disso, a calculadora possui dois *Dropdowns* dedicados à introdução de variáveis escalares e matriciais



Figura 1: Ilustração do componente calculadora.

## Resultados

Ao clicar em algum dos 24 botões dedicados aos cálculos escalares e matriciais, a operação é escrita na área de texto localizada no campo superior do componente. Ademais, variáveis específicas do sistema naval são mostradas entre cífrões \$ e uma mensagem de erro é emitida caso o usuário digite uma variável inexistente no sistema naval. Por fim, para futuros trabalhos, pretende-se incluir um realce de sintaxe na fórmula, permitindo maior facilidade de leitura com diferentes cores para as variáveis.

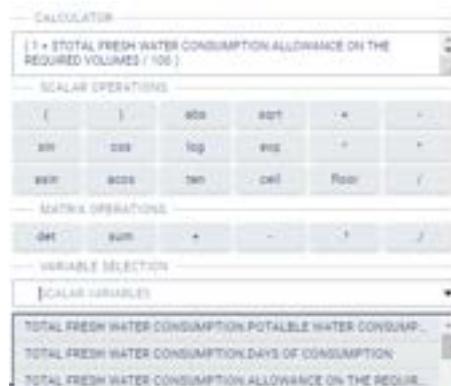


Figura 2: Ilustração da utilização da calculadora em um sistema naval.

# Incorporação de um pré-visualizador de arquivos ao aplicativo Estruturas do portal NavalWeb

**Tiago P. S. Lôbo** (tiago@lccv.ufal.br)

André L. L. S. Lima, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira, Leonardo T. Ferreira, Lucas Diego F. Lino

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Transformação digital, Portal NavalWeb, Preview de arquivos

## Introdução

A aplicação estruturas atua possibilitando o armazenamento, versionamento e compartilhamento de artefatos de projetos de estruturas navais. A aplicação faz parte de uma suíte de aplicativos, disponibilizados pelo portal NavalWeb, que auxiliam na execução e gerenciamento de projetos estruturais. Dentre os artefatos armazenados estão planilhas, relatórios, scripts e arquivos de simulação. Para facilitar a identificação e a navegação desses artefatos, desenvolvemos um pré-visualizador capaz de fornecer um feedback aos usuários sobre o conteúdo de cada arquivo.



Figura 1: Preview de um arquivo .obj pelo aplicativo Estruturas.

## Metodologia

A aplicação Estruturas utiliza o storage da Squid para armazenar todos os artefatos de projetos. A pré-visualização de arquivos foi implementada no front-end da aplicação e consiste de diferentes módulos para diferentes tipos de arquivos. Como, além do conteúdo dos artefatos, também armazenamos metadados referentes a eles, identificamos o tipo e extensão do arquivo através de seus metadados e chamamos o pré-visualizador específico daquele tipo de arquivo. Quando possível, o visualizador utilizado era o padrão do browser, e para casos específicos utilizamos as bibliotecas tree.js (para visualização 3D) e react-rapid-highlight (para preview de scripts e syntax highlighting).

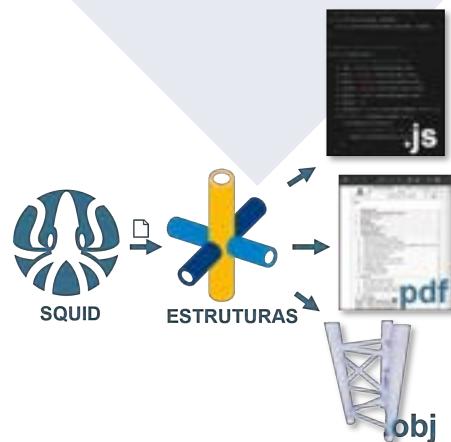


Figura 2: Esquematização da arquitetura adotada para pré-visualização de arquivos.

## Resultados

O pré-visualizador de arquivos é capaz de tratar diferentes tipos de casos: a) fazer o preview de arquivos .pdf; b) visualização de imagens (.png, .jpg, etc.); c) visualização de arquivos .xml; d) visualização de modelos 3D em formato .obj; e) visualização de scripts javascript e python com realce de sintaxe; f) quando o formato não é suportado fornecemos a opção de visualizar o arquivo como ASCII.

# Portal SubWEB - Aplicação Histórico Operacional: Processamento e exibição da topologia de interligações

**Ricardo A. Fernandes** (ricardoaf@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Diogo T. Cintra, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Kim R. Gama

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Engenharia Submarina, Dutos flexíveis, Automatização de processos

## Introdução

Dentro da Engenharia Submarina da Petrobras, esforços relacionados à transformação digital de processos são cada vez mais demandados. Ações dessa natureza contribuem entregando grande valor para a companhia: acelerando fluxos de trabalho e demandas operacionais, e permitindo mobilizar mão de obra especializada em tarefas mais complexas ou com maior valor agregado. O portal SubWEB (ver Figura 1) foi desenvolvido pelo LCCV em parceria com o CENPES/Petrobras e reúne um conjunto de aplicações voltadas ao contexto da Engenharia Submarina. Dentre elas, está a aplicação Histórico Operacional, também desenvolvida pelo LCCV, que auxilia na análise e visualização do histórico de condições operacionais de tramos de dutos

flexíveis. Neste resumo, apresenta-se a atividade de processamento e exibição da topologia de interligações, evidenciando o sequenciamento dos tramos que compõem a linha ao longo de sua vida operacional.



Figura 1: Portal SubWEB (Engenharia Submarina).

## Metodologia

Dado o código único de um tramo-alvo de duto flexível, buscam-se informações relacionadas a esse tramo no Banco de Dados de Dutos Flexíveis (BDDF) da Petrobras. Entre esses dados, consta uma lista de operações associadas aos tramos, como operações de conexão (instalação, ativação, remanejamento e reativação) e de desconexão de tramo (desinstalação). Para cada operação, tem-se a data e a interligação (linha) associada ao procedimento. Com essas informações, foi desenvolvido um algoritmo para determinação da topologia dos tramos nas linhas para cada um de seus subperíodos operacionais.

## Resultados

Como resultado, foi desenvolvida uma tela para visualização dos tramos que compõem uma determinada interligação ao longo do tempo (ver Figura 2). Esse recurso agrega grande valor para a Engenharia Submarina do CENPES/Petrobras e para clientes como Engenharia de Dutos Flexíveis e de Equipamentos, visto que reúne informações processadas até então não disponíveis para a companhia.



Figura 2: Visualização da topologia da linha para um dado tramo-alvo.

# Portal SubWEB - Aplicação Histórico Operacional: Processamento e exibição de dados operacionais

**Ricardo A. Fernandes** (ricardoaf@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Diogo T. Cintra, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Kim R. Gama

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Engenharia Submarina, Dutos flexíveis, Automatização de processos

## Introdução

A transformação digital é cada vez mais evidente na Petrobras. No contexto da Engenharia Submarina, o portal SubWEB foi desenvolvido pelo LCCV em parceria com o CENPES/Petrobras como um *hub* de aplicações, visando transformar digitalmente o dia-a-dia de profissionais da área, automatizando tarefas e gerando grande valor para a companhia. Dentre essas aplicações, está o Histórico Operacional, também desenvolvida pelo LCCV, que auxilia na análise e visualização do histórico de condições operacionais de tramos de dutos flexíveis. Neste resumo, apresenta-se a atividade de processamento e exibição de dados operacionais, evidenciando históricos de dados associados ao contexto de tramos, interligações e poços, ao longo de sua vida operacional.

## Metodologia

Primeiramente, dado um código único de um poço, no qual estão associadas interligações e seus tramos, são consumidos dados das aplicações:

Medidor de Vazão Multifásico (MVM) e Sistema de Informações de Reservas e Reservatórios (SIRR). No MVM, para dadas janelas de operação, buscam-se dados diários de pressão, vazão e massa específica do fluido ao longo da interligação (linha). No SIRR, para dadas janelas de operação, buscam-se dados pontuais da concentração de contaminantes ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , cloreto, acetato e bicarbonato) para toda a linha. Com base nesses dados, um algoritmo inteligente para definição de regimes operacionais, baseado em desvio padrão dos dados, pode ser utilizado para simplificar a

importação de eventos. Entradas manuais podem ser usadas caso não existam dados em alguma janela operacional.

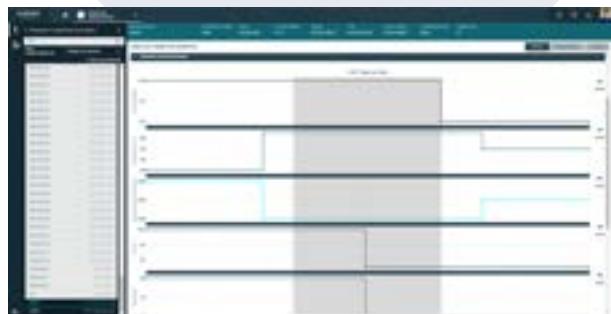


Figura 1: Visualização de dados operacionais para um tramo-alvo em uma interligação.

## Resultados

Como resultado, foram desenvolvidos dois ambientes: um para visualização dos dados operacionais para um tramo-alvo em uma interligação (ver Figura 1); e outro para o contexto de um poço (ver Figura 2). A reunião dessas informações e visualização em gráficos são de grande valia visto não existir um outro ambiente para consulta de histórico de dados operacionais com esse nível de detalhe pela companhia.

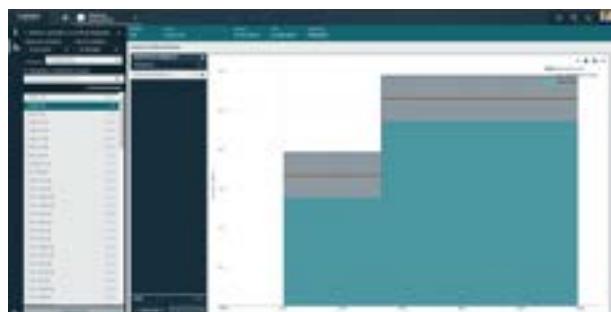


Figura 2: Visualização de dados operacionais para um poço.

# Configuração de um cluster para suporte ao desenvolvimento do NavalSubWEB

Diogo T. Cintra (diogotc@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Infraestrutura, Cluster, Docker

## Introdução

As aplicações do projeto NavalSubWEB, incluindo os portais NavalWEB e SubWEB bem como a plataforma SQUID, foram construídas utilizando uma arquitetura de software baseada em microserviços. Nesta arquitetura, uma coleção de serviços containerizados, utilizados por desenvolvedores e parceiros do CENPES/PETROBRAS, executam de maneira ininterrupta através de uma interface com a internet. Devido à demanda de alta disponibilidade requerida, a infraestrutura alocada foi terceirizada em um contrato de VPS dedicado, com SLA de 99,8%. O presente trabalho corresponde à configuração de software necessária para uso desta infraestrutura.

## Metodologia

A solução adotada para a orquestração dos containers foi o Docker Swarm, que cria uma rede de comunicação entre os servidores e permite o uso colaborativo dos recursos computacionais (ver Figura 1). Três endereços de domínio foram adquiridos para apontar para a infraestrutura através da internet, evitando interrupções associadas a falhas no servidor DNS da universidade. A disponibilização dos serviços no cluster ocorre de maneira automatizada, através de uma integração contínua configurada em código-fonte (CI/CD). Os containers podem ser monitorados pelos desenvolvedores através da interface web do Swarmpit, acessível através de uma conexão segura disponibilizada. As tecnologias utilizadas nos containers incluem Java, NodeJS, ReactJS, Python e GoLang. Suas respectivas imagens são armazenadas na

infraestrutura de nuvem do Gitlab. No total a infraestrutura de hardware utilizada contém 24 vCpus, 48 GB de RAM e 768 GB de SSD. O sistema operacional utilizado é o Debian Linux.

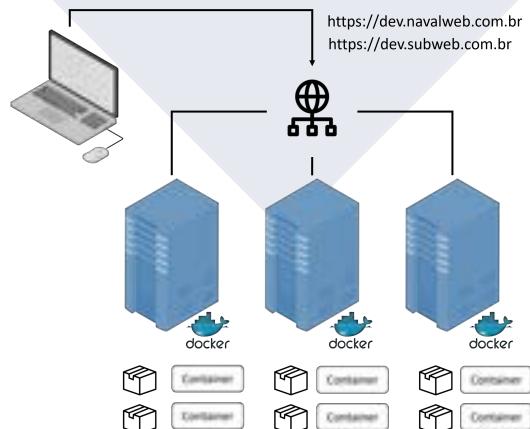


Figura 1: Ilustração de cluster utilizando Docker.

## Resultados

Desde meados de janeiro de 2022, desenvolvedores e clientes podem contar com a solução de software configurada. Sua utilização vem crescendo ao longo do tempo com a inclusão dos módulos dos portais. Atualmente a infraestrutura hospeda cerca de 80 microserviços, contendo aplicações próprias (NavalSubWEB), de terceiros (Integrispan), bancos de dados, serviços de monitoramento e de controle de qualidade de código (Sonar), dentre outros. O uso da tecnologia Docker foi essencial para a reproduzibilidade de todo o ambiente de software envolvido. Cerca de 40% do recurso provisionado (RAM) está em pleno uso no momento da escrita deste relatório.

# Portal NavalWeb: Aplicação Estruturas

**Gabriel C. Freitas** (gabriel.freitas@lccv.ufal.br)

André L. L. S. Lima, Christian C. Oliveira, Daniel B. F. Silva, Dilnei Schmidt, Diogo T. Cintra, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Fabrício J. F. Farias, Kevin T. L. M. Souza, Leonardo T. Ferreira, Lucas Diego F. Lino, Tiago P. S. Lôbo

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Aplicação, Estruturas, Engenharia Naval, NavalWeb

## Introdução

Um dos objetivos do Portal NavalWeb é realizar a integração de bases de dados entre diversas aplicações, a fim de evitar inconsistências entre bases de dados diferentes e proporcionar um ambiente multidisciplinar colaborativo e facilmente escalável em termos de novas aplicações. Nesse contexto, surgiu a necessidade de se desenvolver uma aplicação que acesse dados cadastrados em outras aplicações existentes no Portal NavalWeb, como a aplicação Projetos, e que armazene, de maneira organizada, modelos e arquivos de dados referentes a análises estruturais de Engenharia Naval para, posteriormente, serem utilizados em outras análises e aplicações. Assim, foi concebida a aplicação Estruturas, que visa atender às demandas citadas a fim de facilitar o gerenciamento da vida útil de instalações navais e possibilitar o pronto acesso a informações cruciais em situações de atendimento a emergências.

## Metodologia

Inicialmente, foram realizadas reuniões para entendimento da problemática e levantamento de requisitos da aplicação. Em seguida, foram elaborados protótipos de telas da aplicação, que foram validados com o Product Owner da mesma com base nos requisitos levantados anteriormente. Uma vez validados os protótipos, foram cadastradas as funcionalidades e estórias no software Jira e iniciado o desenvolvimento da aplicação. Algumas das tecnologias utilizadas foram PostgreSQL (banco de dados), Docker (containerização), Java (back-end) e React (front-end).

## Resultados

Como resultado principal dessa aplicação, tem-se a disponibilização dela tanto em ambiente de desenvolvimento do LCCV (ver figura ao lado) quanto em ambiente de produção da PETROBRAS. Atualmente, a aplicação Estruturas está totalmente funcional e torna fácil e automatizado o acesso a modelos e outros arquivos necessários para os cálculos estruturais de uma Unidade Estacionária de Produção, de forma rápida e centralizada, e conta também com outras funcionalidades como pré-visualização de arquivos e versionamento de projetos estruturais. Além disso, atualmente encontra-se em fase de desenvolvimento a aplicação Explosão, que acessa diretamente os projetos estruturais cadastrados

na base de dados da aplicação Estruturas, materializando assim o ecossistema integrado de ferramentas do Portal NavalWeb que foi idealizado inicialmente.

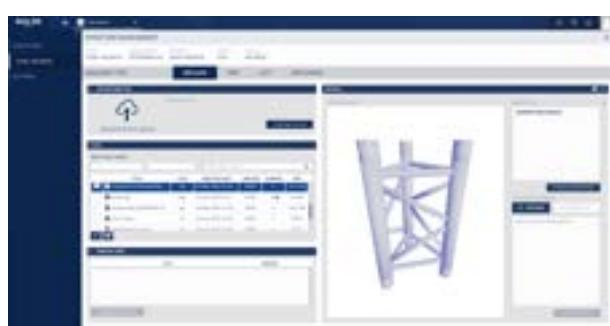


Figura 1: Aplicação em ambiente de desenvolvimento.

# Implementação de um SDK em Python para acesso às APIs da Plataforma SQUID

**Daniel B. F. Silva** (danielborges@lccv.ufal.br)

Diogo T. Cintra, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Plataforma SQUID, SDK, Python

## Introdução

A SQUID é uma plataforma de software baseada em serviços projetada para permitir o desenvolvimento e a integração entre aplicações das engenharias naval e submarina. Tais serviços estão disponíveis por meio de APIs (*Application Programming Interface*) web, facilitando, desta forma, a integração. Visando a facilidade de integração, desenvolveu-se um SDK - *Software Development Kit*, que é uma camada que abstrai o acesso às APIs de serviços da SQUID, utilizando código fonte Python.

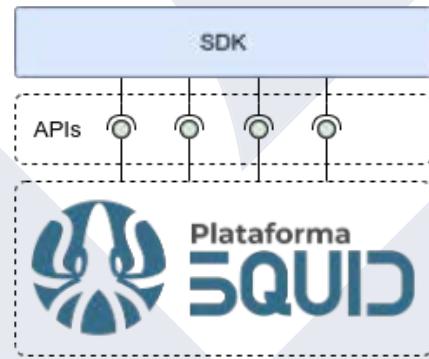


Figura 1: Arquitetura da API com SDK.

## Metodologia

A implementação do SDK tem como premissa disponibilizar funções facilitadoras que acessam APIs da Plataforma SQUID. Internamente, o SDK é subdividido em três módulos principais: (i) *config*: configurações de ambiente; (ii) *domain*: classes que fazem parte do contexto/domínio do SDK; e (iii) *consumers*: contém a lógica das requisições às APIs da Plataforma SQUID - este é considerado o módulo mais importante do SDK. Cada *consumer* contém funções que acessam os respectivos *endpoints* dos serviço que a SQUID oferece. Ao instalá-lo como uma biblioteca Python através do gerenciador de dependências

PyPI, basta configurar a aplicação conforme suas especificações e importá-lo no código fonte.

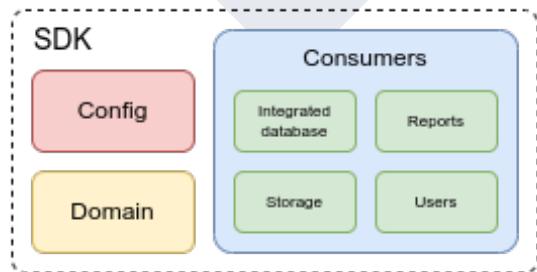


Figura 2: Arquitetura interna do SDK.

## Resultados

O SDK foi desenvolvido com base na versão 3.8 do Python, visando a compatibilidade com aplicações novas e existentes com o máximo de segurança. Este está disponível através de repositórios PyPI. Na web, pode ser encontrado no repositório privado do projeto NavalSubWEB no GitLab. Na Petrobras, internamente na RIC, também em repositório privado no software Nexus. O SDK da Plataforma SQUID, apesar de estar em fase de desenvolvimento, já está sendo utilizado na Petrobras pelo Portal SubWEB por meios de alguns módulos desenvolvidos em Python.

# Implementação de um SDK em Python para acesso às APIs do Portal SubWEB

**Diogo T. Cintra** (diogotc@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Kim R. Gama, Ricardo A. Fernandes

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Portal SubWEB, SDK, Python

## Introdução

O portal SubWEB foi construído visando a integração de ferramentas no contexto de engenharia submarina. Durante seu desenvolvimento computacional, obteve-se pela adoção de uma arquitetura de microserviços. Isto permite isolar responsabilidades em webservices dedicados, cada um portanto possuindo seu repositório de código-fonte. Uma consequência desta escolha é que algumas funcionalidades consumiam ser reimplementadas em cada webservice, gerando problemas no controle de versões e trabalho redundante. O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um SDK para facilitar o consumo de funcionalidades comuns no portal SubWEB.

## Metodologia

A escolha pela linguagem Python é aderente às tecnologias utilizadas nos serviços de backend mais recentes do portal. Grande parte das funcionalidades implementadas no SDK são referentes ao consumo de APIs dos microserviços. Isto confere mais agilidade ao desenvolvimento, uma vez que a comunicação em HTTP pode ser realizada em mais alto nível. A disponibilização do SDK é feita através de repositório PyPi, com controle de versionamento semântico, de maneira automática (CI/CD). Desta forma os artefatos correspondentes ao SDK, pacotes compactados de código-fonte, são armazenados

quando ocorrem alterações nas branches principais de código-fonte.



Figura 1: SDK do SubWEB em ambiente Petrobras.

## Resultados

Atualmente, através do SDK, um desenvolvedor inserido do contexto do SubWEB consegue consumir as APIs dos serviços do banco de acessórios, BDDF, MVM, permeação, SIRR e banco de estruturas. Também é possível ter acesso a algumas rotinas predefinidas que acessam mais de uma API com finalidade específica, as chamadas "recipes". O SDK do SubWEB está configurado para uso em ambiente de desenvolvimento e na rede interna da Petrobras. O webservice que implementa a aplicação de histórico operacional de tramos de linha (HistOp) é um dos casos de uso mais recente do SDK.



Figura 2: Grafo de dependências (SDK do SubWEB).

# Migração e expansão do serviço de relatórios da Squid

**Leonardo T. Ferreira** (leonardotoledo@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Diogo T. Cintra, Kim R. Gama, Leandro M. Sales, Fábio M. G. Ferreira, Márcio M. Ribeiro, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Plataforma SQUID, Microsserviços, Serviço de Relatórios

## Introdução

A geração de relatórios é um processo importante nos projetos de engenharia, uma vez que permite detalhar e sumarizar os resultados obtidos pelo engenheiro. Entretanto, sua execução demanda a alocação de recursos humanos qualificados em tarefas repetitivas e, em muitos casos, altamente automatizáveis. A solução foi a criação do serviço **SQUID Reports**, integrado aos portais NavalWeb e SubWeb, com o objetivo de disponibilizar aos usuários e aplicações desses portais um mecanismo de preenchimento automatizado de relatórios com base em *templates* pré-definidos. Com o tempo e o uso, entretanto, identificou-se a demanda pela expansão das funcionalidades desse serviço.

## Metodologia

O serviço de relatórios funciona mediante a associação de *tags* que são chaves de um arquivo JSON com *tags* que estão presentes num arquivo de *template* DOCX (armazenado no serviço **SQUID Storage**). Através dessa associação, podem ser passados campos do tipo texto simples, imagens (codificadas em base64) e tabelas. Inicialmente, esse serviço foi escrito no ambiente NodeJS (linguagem Javascript) e possuía interface REST com as aplicações dos portais. Entretanto, a expansão do serviço trouxe como requisito a migração do serviço para outra linguagem. Desse modo, fez-se necessária a validação das funcionalidades presentes e o potencial de realização das novas funcionalidades desejadas numa nova linguagem, de modo a



Figura 1: Migração dos serviços em NodeJS.

## Resultados

Após considerar a linguagem mais adequada para a migração do serviço **SQUID Reports**, optou-se pelo uso do Java, mediante a biblioteca poi-tl (que funciona como uma camada de encapsulamento sobre a biblioteca APACHE POI). Atualmente, o serviço encontra-se em ambiente de produção ainda em NodeJS, entretanto, a migração para Java já foi mapeada e novos desenvolvimentos são esperados em breve. Uma das principais aplicações

beneficiadas por essas modificações será **Sistemas Navais**, uma vez que vários *templates* já foram desenvolvidos e estão em uso.



Figura 2: Solução com a linguagem Java.

# Plataforma de Comunicação e Documentação do projeto NavalSubWeb

**Maria Clara L. Barbosa** (mariaclara.barbosa@lccv.ufal.br)

André L. L. S. Lima, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Gabriel C. Freitas, Isabela G. Siqueira, Tiago P. S. Lôbo

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Site, NavalSubWeb, Comunicação, Documentação

## Introdução

O projeto NavalSubWeb desenvolve, em parceria com a PETROBRAS, uma plataforma web colaborativa para elaboração e acompanhamento de projetos de Engenharia Naval e Submarina, o que torna indispensável a documentação adequada desse processo e uma boa comunicação entre os membros do time. Assim, com a finalidade de facilitar o gerenciamento e acompanhamento do projeto por todos, além de também tornar possível uma apresentação propícia do projeto para os possíveis clientes e apoiadores, foi iniciada a construção de um site do projeto NavalSubWeb.

## Metodologia

Inicialmente, foi aplicado um formulário de pesquisa às partes interessadas, entre membros da equipe de desenvolvimento e parceiros da PETROBRAS, para identificação dos documentos e informações mais demandados e que, portanto, necessitam de pronto acesso. Em seguida, foi iniciada a criação do site do projeto NavalSubWeb por meio da ferramenta Microsoft SharePoint, e foi construído de forma a sanar as maiores dificuldades da equipe no que concerne à localização de informações e documentos referentes ao projeto. Para isso, foi montada a estrutura do site, de modo que contivesse os objetivos do projeto, descrições dos portais e aplicações, assim como apresentações, cronograma, agenda e andamento do projeto e os membros do time responsáveis por cada segmento, de forma intuitiva e acessível.

## Resultados

Atualmente o site encontra-se totalmente funcional, conforme a Figura 1, e é desenvolvido e atualizado pela equipe de documentação do projeto, composta por uma representante do CENPES da PETROBRAS e dois representantes do LCCV, por meio da plataforma Microsoft SharePoint.

O site é dividido em uma área externa, voltada a partes interessadas da PETROBRAS e desenvolvedores parceiros, e uma área interna, voltada à equipe de desenvolvimento do LCCV. A área externa apresenta uma visão geral do projeto, e informações sobre seu funcionamento e objetivos, dos portais NavalWeb e SubWeb, e suas respectivas aplicações, e da plataforma SQUID, além de conter instruções básicas para desenvolvedores parceiros. A área interna, por sua vez, conta com informações específicas pertinentes

somente à equipe de desenvolvimento do projeto, como apresentações de boas práticas de projeto, estrutura de pastas adotada, e links de acesso rápido aos documentos do projeto e às páginas utilizadas na rotina do desenvolvedor.



Figura 1: Site do projeto.

# Estratégia de predefinição de variáveis com o foco no reuso e otimização de tempo de projeto de sistemas navais

**Daniel B. F. Silva** (danielborges@lccv.ufal.br)

Diogo T. Cintra, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Gabriel C. Freitas, Kevin T. L. M. Souza, Leonardo T. Ferreira, Lucas Diego F. Lino, Tiago P. S. Lôbo

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Portal NavalWEB, Sistemas Navais

## Introdução

O Portal NavalWeb tem por objetivo agregar as aplicações utilizadas pela engenharia naval para desenvolvimento de seus projetos. A disciplina de Sistemas Navais foca em projetos de transporte de flúidos entre diferentes sistemas e envolve equipamentos como dutos, bombas e válvulas. A aplicação Sistemas Navais tem como objetivo primordial auxiliar os engenheiros da área, tanto na modelagem dos diversos sistemas navais como na elaboração das memórias de cálculo desses sistemas. Dentre os avanços da implementação desta aplicação, notou-se a necessidade de modelar *databases* que têm como função definir valores predefinidos para determinados tipos de dados.

## Metodologia

A aplicação Sistemas Navais possui um sistema dinâmico de definição de classes e atributos pelos usuários. A funcionalidade de *databases* permite predefinir valores às classes e atributos previamente cadastrados. Estes valores ficam agrupados nos *databases* por meio de classes que foram publicadas. Este agrupamento foi denominado de "entrada de dados" (*data entries*). Esta funcionalidade dá a possibilidade de reuso de dados que são utilizados com uma frequência

relevante, otimizando, desta forma, o tempo de cadastro de informações.

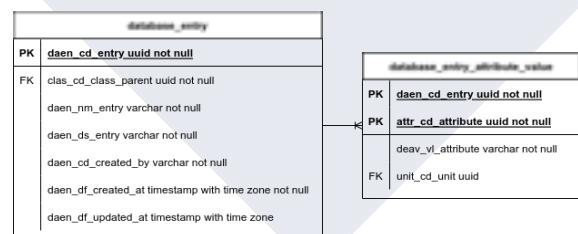


Figura 1: Representação Entidade Relacionamento.

## Resultados

Em conjunto com o desenvolvimento de todas as funcionalidades da aplicação Sistemas Navais, a funcionalidade de *databases* se tornou uma das mais úteis da aplicação. Com ela permitiu-se otimizar o tempo da análises de sistemas navais utilizando a aplicação, eliminando a necessidade de cadastrar novos dados que se repetem entre análises. Desta forma, o engenheiro, usuário da aplicação, tem mais facilidade ao utilizar o sistema.

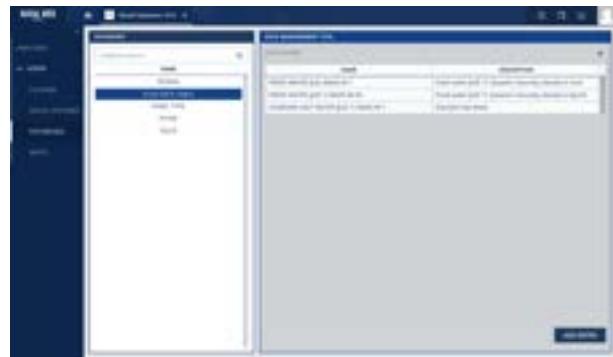


Figura 2: Screenshot da área de databases.

# Aplicação Sistemas Navais v3.0: automatizando e auxiliando processos de dimensionamento de bombas

**Tiago P. S. Lôbo** (tiago@lccv.ufal.br)

André L. L. S. Lima, Igor Jablausky, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira, Márcio M. Ribeiro, Diogo T. Cintra, Leonardo T. Ferreira, Daniel B. F. Silva, Kevin T. L. M. Souza, Gabriel C. Freitas, Lucas Diego F. Lino

## Atividade de P&D

Duração: 24 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Transformação digital, Portal NavalWeb, Sistemas Navais

## Introdução

A aplicação Sistemas Navais, disponibilizada através do portal NavalWeb, tem por objetivo auxiliar e automatizar atividades intensivas em trabalho manual no processo de dimensionamento de bombas, tais como a preparação de modelos numéricos para análise em software de terceiros e a checagem de informações e cálculos de regra a partir de dados básicos do sistema. Esta aplicação atua ajudando o engenheiro naval ao centralizar as informações de projeto, armazenar arquivos e dados, e ao automatizar tanto o processamento e extração de dados provenientes das análises quanto a geração de relatórios baseados nesses dados e resultados.

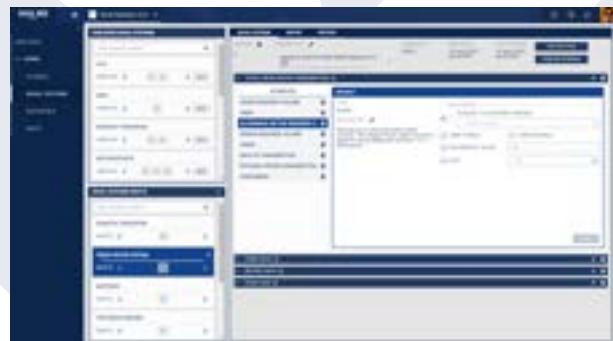


Figura 1: Montagem de um sistema naval na versão 3.0 da aplicação.

## Metodologia

Por se tratar de uma disciplina dinâmica, com procedimentos que mudam constantemente, foi necessário desenvolver novas tecnologias para impedir uma rápida obsolescência, como foi o caso da versão inicial desta aplicação. Nesta última versão, em desenvolvimento, permitimos que o usuário monte o sistema naval (utilizando entidades pré-programadas como bombas, fluidos e arquivos de processamento), evitando, assim, que mudanças nas especificações impliquem na necessidade de desenvolvimento de uma nova versão de toda a aplicação.

## Resultados

Permitindo que o usuário construa os sistemas navais, evitamos que novos ciclos de desenvolvimentos sejam necessários para adequar a aplicação a novas especificações da disciplina. Deste modo, o usuário tem controle sobre todos os fluxos necessários para a criação de um sistema naval (desde variáveis básicas, a databases e execução de scripts), permitindo a aplicação a agilizar os processos relativos a dimensionamento de bombas.



Figura 2: Modal para adição de um método a um sistema naval.

# Busca em Estoque: Inclusão dos tramos em operação no universo de candidatos à reaproveitamento de dutos

**Kim R. Gama** (kim.rocha@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Diogo T. Cintra, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Ricardo A. Fernandes

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Engenharia Submarina, Busca em Estoque, Análise de Reaproveitamento de Tramos

## Introdução

Uma das formas de tornar os projetos viáveis ou mais rentáveis é a reutilização de equipamentos ou linhas que não tenham mais uso na aplicação original para o qual foram adquiridos, mas ainda dispõem de vida útil para operar. Esta reutilização além de reduzir os investimentos necessários para o desenvolvimento dos projetos também reduz os prazos de implantação. Até 2021, antes da aplicação Busca em Estoque, o processo de avaliação para reutilização de dutos flexíveis na Petrobras era feito de forma lenta e, praticamente, manual. Do início de sua implementação em 2020, até a entrega de sua primeira versão funcional em 2021, foram menos de 12 meses, devido ao fato de o Busca em Estoque nascer integrado a um ecossistema interoperável de aplicações da Petrobras: o Portal SubWEB. Na sua última versão, foram introduzidos os tramos ainda em operação ao universo de tramos candidatos ao reaproveitamento, possibilitando a ampliação das possibilidades de retorno à companhia.

## Metodologia

A análise de reaproveitamento de tramos ainda em operação pode parecer inusitada em primeiro momento. Entretanto, na perspectiva da desmobilização de uma linha, o reaproveitamento imediato, na mesma plataforma ou em plataforma próxima, é uma grande possibilidade de ganho,

pois diminui os custos com transporte de dutos até o estoque na base e reduz as possibilidades de dano em função do armazenamento por demasiado tempo. Contudo, incluir todos os tramos em operação para análise poderia significar uma redução drástica na performance da aplicação. Considerando essas perdas, essa funcionalidade foi implementada a partir da inserção manual de um conjunto de tramos que tem planos de desmobilização, dessa forma,

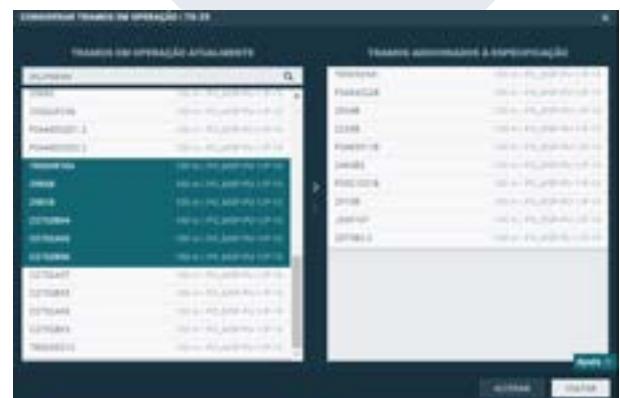


Figura 1: Janela de seleção de tramos em operação a serem incluídos como candidatos na análise de reaproveitamento.

## Resultados

A funcionalidade foi disponibilizada em maio de 2022 em produção na Petrobras, assim, poderá ser utilizada no processo de reaproveitamento de tramos, como, por exemplo, no ramp-up do projeto sépia ou na substituição de tramos danificados ou em final de vida útil em Albacora.

# Portal NavalWeb: Elaboração de Manuais de Usuário das Aplicações Projetos e Estruturas

**Gabriel C. Freitas** (gabriel.freitas@lccv.ufal.br)

André L. L. S. Lima, Dilnei Schmidt, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Isabela G. Siqueira, Tiago P. S. Lôbo

## Atividade de P&D

Duração: 3 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** NavalWeb, Manual, Projetos, Estruturas

## Introdução

O Portal NavalWeb faz parte do projeto NavalSubWeb e surgiu como parte do esforço colaborativo da PETROBRAS e do LCCV para concretizar a transformação digital por meio do desenvolvimento de uma plataforma web colaborativa. Para isso, foram desenvolvidas diversas aplicações que têm por objetivo auxiliar os engenheiros projetistas do setor de Engenharia Naval da PETROBRAS. Contudo, a cada funcionalidade adicionada às aplicações integradas ao Portal NavalWeb, aumenta-se também a necessidade de fornecer aos usuários uma documentação clara e objetiva, elucidando dúvidas que possam surgir quanto à utilização das aplicações disponibilizadas. Nesse contexto, surgiu a necessidade de elaboração dos Manuais de Usuário das aplicações Projetos e Estruturas, ambas integradas ao Portal NavalWeb.

## Metodologia

Inicialmente, foram realizadas reuniões com o time de desenvolvimento para entendimento do funcionamento da aplicação Projetos. Em seguida, foi elaborado o protótipo inicial do Manual de Usuário, em sintaxe Markdown, que foi submetido a sucessivas revisões por parte do time de desenvolvimento, do Product Owner da aplicação e de outros profissionais da PETROBRAS. Após validação por todas as partes, o Manual do Usuário foi adicionado ao site do projeto, conforme a Figura 1, e um link para o mesmo adicionado à aplicação Projetos dentro do Portal NavalWeb. Por fim, após validação da metodologia adotada para a elaboração do Manual do Usuário da

aplicação Projetos, o procedimento para o Manual da aplicação Estruturas foi análogo.



Figura 1: Manual de Usuário da aplicação Projetos.

## Resultados

Como resultado principal dessa atividade, tem-se a disponibilização dos Manuais de Usuário das aplicações Projetos e Estruturas, proporcionando aos usuários das mesmas o suporte necessário para a plena utilização das funcionalidades disponibilizadas, assim como a validação de um processo estrutura- do para a elaboração de documentações de usuário que pode ser facilmente reproduzido em outras aplicações. Assim, complementam-se as entregas do projeto como parte dos esforços para materialização do ecossistema integrado de ferramentas do Portal NavalWeb que foi idealizado inicialmente.

# Geomecânica Computacional

# Uma nova estratégia para a estimativa da pressão de impacto com o Método dos Pontos Materiais (MPM)

**Leonardo T. Ferreira** (leonardotoledo@lccv.ufal.br)

Tiago P. S. Lôbo, Adeildo S. Ramos Jr.

**Dissertação de mestrado**, Engenharia civil

Duração: 24 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Submarine Landslides, Material Point Method, Impact Pressure

## Introdução

Na indústria de óleo e gás, a análise do posicionamento de dutos deve levar em conta o risco de impacto com deslizamentos submarinos, uma vez que esses fenômenos podem levar à sua ruptura e, consequentemente, perdas econômicas e socioambientais graves. Dessa forma, o estudo do impacto de desastres naturais nessas estruturas é necessário. Neste trabalho, o MPM é utilizado para calcular a pressão de impacto entre deslizamentos submarinos e estruturas *offshore*, visto que esse método tem a capacidade de simular grandes deslocamentos e deformações, que são comuns nesses eventos de impacto. Limitações nas possíveis soluções a esse problema foram exploradas, bem como formas alternativas de se calcular o parâmetro pressão de impacto. Análises foram feitas no contexto de problemas clássicos. Um estudo paramétrico comparou os resultados numéricos com dados experimentais.

## Metodologia

Neste trabalho, nós expandimos as capacidades do *software* E-Sub para permitir o cálculo numérico da pressão de impacto com o método dos pontos materiais. Nossa metodologia se destaca do estado da arte por levar em conta a área de impacto real, que é obtida dinamicamente e muda durante o evento de impacto. A figura à direita ilustra como a superfície de impacto pode ser difícil de definir no MPM (através dos elementos esverdeados). Na nossa metodologia, uma curva é ajustada à nuvem de pontos para se obter uma aproximação dessa região. Assim, podemos detectar picos na

pressão de impacto que não são detectados pelas metodologias atuais.

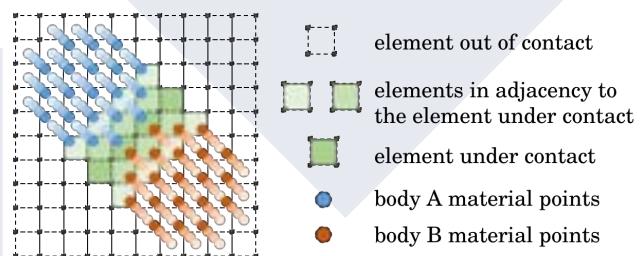


Figura 1: Impact pressure methodology.

## Resultados

Com essa nova abordagem para a estimativa de pressão de impacto, o E-Sub conseguiu representar as nuances de um gráfico de pressão de impacto obtido com dados experimentais de um estudo com calhas, tais como o formato, a magnitude e a duração do contato entre o solo e os sensores de pressão de impacto. Os resultados mostram uma boa concordância entre os dados do E-Sub (pela média móvel modificada) e os dados experimentais (obtidos do estudo de Tang e Hu (2018)).

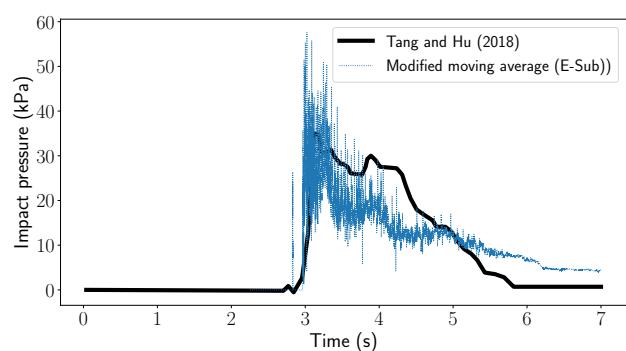


Figura 2: Comparison with experimental data.

# Incorporação de modelos elasto-plásticos ao método dos pontos materiais para simulação de problemas geomecânicos

**Lucas Diego F. Lino** (lucaslino@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Jr., Ricardo A. Fernandes, Tiago P. S. Lôbo, Luciana C. L. M. Vieira, Leonardo T. Ferreira

**Projeto de P&D, Engenharia civil**

Duração: 24 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Modelos constitutivos, Elasto-plástico, MPM, Geomecânica, Geologia Estrutural

## Introdução

A geomecânica é uma subdisciplina das geociências dedicada ao estudo da origem e magnitude das tensões presentes na crosta terrestre. Portanto, a escolha do modelo constitutivo que irá representar o geomaterial é essencial para reproduzir corretamente o seu comportamento mecânico. Neste contexto, implementamos numericamente modelos constitutivos elasto-plásticos para poder simular problemas geomecânicos dentro do software E-Sub.

## Metodologia

Como caso de estudo, escolhemos duas aplicações que simulam a formação de dobras em regimes contracionais: a) uma camada única de rocha submetida à flambagem; e b) uma falha contracional em múltiplas camadas de rochas. A falha contracional da segunda aplicação estudada foi a anticlinal Bargy, que faz parte de um cinturão de dobramentos e cavalgamentos localizado na França.

## Resultados

Todas as simulações reproduziram com sucesso o processo de deformação de dobras formadas em regimes contracionais, onde observamos a influência dos parâmetros relacionados à evolução da superfície de escoamento na geometria final obtida. Para a segunda aplicação, utilizamos Drucker-Prager e Mohr-Coulomb para poder reproduzir com sucesso os aspectos mais gerais da geometria da anticlinal Bargy, como sua assimetria devido à rotação das camadas estratigráficas superiores. Redução na coesão de cada camada estratigráfica gerou pequenas mudanças na configuração final da dobra. Destaca-se que nossas simulações apresentaram uma maior assimetria em relação à anticlinal Bargy. Com



Figura 1: Ilustração do modelo de simulação da segunda aplicação.

Drucker-Prager e Mohr-Coulomb, deformações permanentes com magnitudes elevadas surgiram sobretudo no topo esquerdo da anticlinal e na base de seu cavalo, em direção diagonal.

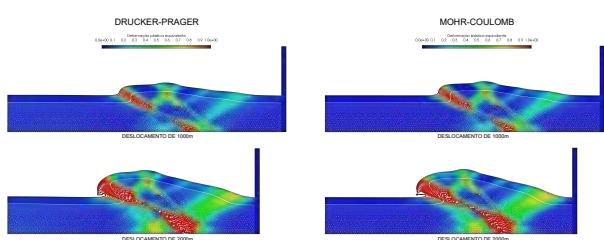


Figura 2: Comparação entre a deformação plástica equivalente utilizando os modelos Drucker-Prager e Mohr-Coulomb, para a segunda aplicação.



# Modelagem computacional de linhas de ancoragem e de produção

# Modelo de simulação dinâmica para linhas de ancoragem em configuração catenária

Milton M. G. Santos (milton.guimaraes@lccv.ufal.br)

Eduardo N. Lages

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: PUC-RJ e USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Linhas de ancoragem, Formulação de Morison, Estruturas Submarinas

## Introdução

O presente trabalho tem por objetivo construir um modelo de simulação para linhas de ancoragem em configuração catenária, permitindo a análise deste elemento estrutural das unidades de plataformas flutuantes em ambiente offshore (ver Figura 1). A metodologia proposta utiliza de soluções analíticas que incorporam, iterativamente, os efeitos dinâmicos do meio offshore para dispor um comportamento dinâmico realístico, contribuindo à análise fiel da solicitação mecânica das linhas de ancoragem com menor custo computacional.

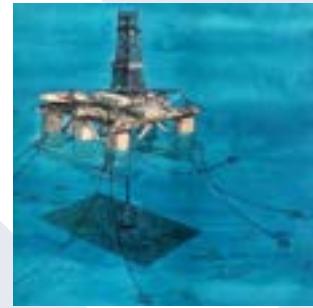


Figura 1: Ilustração de unidade flutuante com linhas de ancoragem em configuração catenária.

## Metodologia

O modelo em questão utiliza a formulação analítica de elementos de cabo submetidos a cargas uniformemente distribuídas, permitindo a discretização da linha para representar materiais diferentes e refinar a incorporação das ações dinâmicas. Com a prescrição do movimento do *fairlead*, as configurações estáticas são obtidas para cada instante e, com base na cinemática (velocidade e aceleração) que o elemento desenvolve ao longo de sua extensão, são obtidas as ações dinâmicas discretizadas ao longo da linha que, por sua vez, são convertidas em cargas uniformemente distribuídas para obter uma nova configuração catenária da linha.

## Resultados

A implementação computacional do modelo em questão foi migrada para a linguagem C++, trazendo maior performance às simulações.

A formulação desenvolvida foi verificada com base em resultados obtidos com a formulação clássica do framework DOOLINES. Os resultados apresentaram grande aderência para análises estáticas, bem como grande representatividade para movimentos prescritos do *fairlead* com velocidades e acelerações extremas de baixa magnitude. Prescrições com altas velocidades e acelerações fazem a análise dinâmica perder sua representatividade, devido às diferenças da cinemática ao longo das linhas implementadas no

framework DOOLINES e no modelo em questão, o que norteará um estudo quanto a funções de decaimento da cinemática.

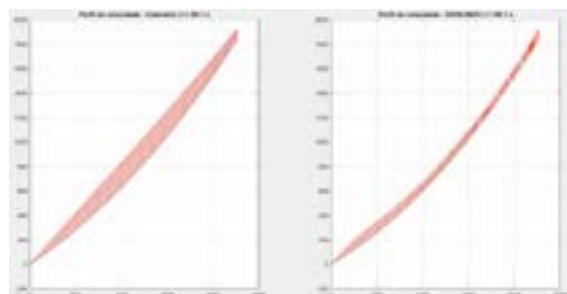


Figura 2: Diferenças entre perfis de velocidade entre o modelo em questão (à esquerda) e o DOOLINES (à direita).

# Revisão e adequação da formulação do elemento de viga corrotacional

Heleno P. Bezerra Neto (helenopontes@lccv.ufal.br)

## Atividade de P&D

Duração: 24 meses (Em andamento)

Parceiros: PUC-RJ e USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Linhas de ancoragem e risers, Dinâmica da estrutura, Método dos elementos finitos

## Introdução

O DOOLINES é um *framework* desenvolvido em linguagem orientada a objetos, que possibilita a análise dinâmica não linear, no domínio do tempo, de linhas de ancoragem e *risers*. No DOOLINES, até então, as linhas de ancoragem e os *risers* eram discretizados em elementos finitos unidimensionais que utilizam uma formulação simplificada com seis graus de liberdade (translacionais) por elemento, com a consideração apenas das rigidezes axial e à flexão, quando desejável, sendo essa de maneira indireta. Neste trabalho, incorpora-se à estrutura de classes do DOOLINES um novo tipo de elemento com formulação completa de viga que utiliza a teoria corrotacional, com doze graus de liberdade (translacionais e rotacionais)

por elemento, capaz de representar diretamente as rigidezes axial, à flexão e à torção (ver Figura 1).

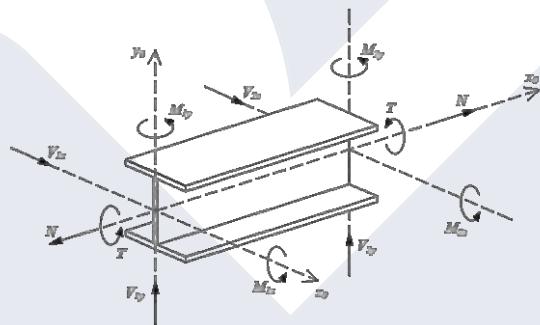


Figura 1: Esforços resultantes.

## Metodologia

O elemento corrotacional está implementado em uma versão descontinuada do DOOLINES. Desta forma, revisa-se a teoria EICR (*Element Independent Corotational Formulation*) (ver Figura 2). Revisa-se, também, o cálculo da matriz de massa concentrada do elemento, visto que o DOOLINES utiliza algoritmos explícitos de integração. Analisa-se, também, o cálculo das forças internas do elemento. Por fim, serão comparados os dois elementos finitos (simplificado e completo), realizando-se testes de convergência e de custo computacional.

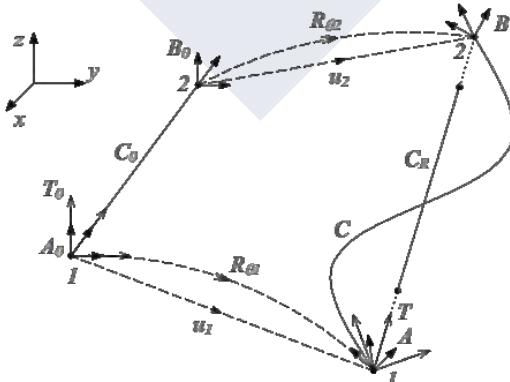


Figura 2: Configurações inicial, corrotacionada e deformada.

## Resultados

Com a revisão e adequação do elemento finito completo de viga, que utiliza a teoria corrotacional, são realizados exemplos para verificação da formulação, mostrando suas potenciais aplicações.

# Análise de fadiga por tensão combinada TT + OPB + IPB

**Michele A. L. Martins** (micheleagra@lccv.ufal.br)

Eduardo N. Lages, Catarina N. A. Fernandes, Matheus A. Miranda

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: PUC-RJ e USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Fadiga, Flexão fora do plano, Linhas de ancoragem

## Introdução

Linhos de ancoragem são componentes críticos de instalações offshore. A avaliação da fadiga desses componentes muitas vezes requer cálculos complexos para determinar as cargas nos elos das amarras. Tradicionalmente, apenas o carregamento de tração era considerado relevante no cálculo da vida à fadiga dessas estruturas. Entretanto, após o relato de diversas ocorrências da ruptura inesperada de amarras de ancoragem após curto período de operação, embora concebidas de acordo com as normas da indústria, foi identificado um novo mecanismo de falha. Constatou-se que a ruptura prematura estava associada à fadiga devido à flexão fora do plano do primeiro elo livre da amarra no *fairlead*,

em situações nas quais a linha de ancoragem é submetida a pretensões elevadas associadas a rotações relativas entre elos.

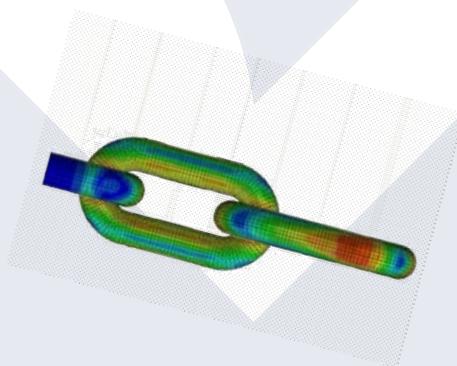


Figura 1: Modelo numérico do elo.

## Metodologia

O objetivo macro desta atividade de projeto consiste na incorporação de uma metodologia de cálculo de vida à fadiga de amarras de linhas de ancoragem que considere o dano causado por tensões combinadas de tração (TT), flexão no plano (IPB) e flexão fora do plano (OPB) no programa Dynasim. Em uma primeira etapa, foi implementada a metodologia alternativa descrita no apêndice das notas de orientação da BV NI 604. Na fase atual, a atividade está direcionada ao melhor entendimento do fenômeno e no aperfeiçoamento da modelagem desse efeito dentro do escopo do Dynasim. Para tanto, está sendo realizada uma modelagem local dos elos com auxílio do programa Abaqus.

## Resultados

Após o entendimento inicial do problema, a metodologia alternativa descrita no apêndice da BV NI 604 foi integralmente implementada no programa Dynasim. Paralelamente, a modelagem numérica do elo foi desenvolvida, considerando o elo sob flexão no plano e fora do plano, sendo esse modelo verificado com base em dados de relatórios da indústria. Estudos paramétricos estão sendo também desenvolvidos para aprimorar o entendimento do fenômeno e dos diferentes parâmetros que o definem.



Figura 2: Interface do Dynasim para cálculo de vida útil de amarras.

# Desenvolvimento de módulo de otimização para sistemas de ancoragem

**Gabriel R. Domingos** (gabriel.domingos@lccv.ufal.br)  
 Adeildo S. Ramos Jr., Eduardo N. Lages, Fábio M. G. Ferreira

**Atividade de P&D**  
 Duração: 48 meses (Em andamento)  
 Parceiros: PUC-RJ e USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Otimização, Sistemas de ancoragem, Estruturas offshore

## Introdução

Esta atividade tem como objetivo a construção de *templates* de otimização paramétrica aplicados ao projeto de sistemas de ancoragem. Visando auxiliar o projetista no lançamento da estrutura, os *templates* terão o objetivo de diminuir o raio de ancoragem e/ou aumentar a abertura angular do *pattern* de ancoragem, visando possibilitar a entrada de mais risers por um único bordo da UEP e diminuir a interferência entre sistemas de ancoragem e produção de uma mesma unidade ou de unidades adjacentes, buscando projetos mais econômicos.

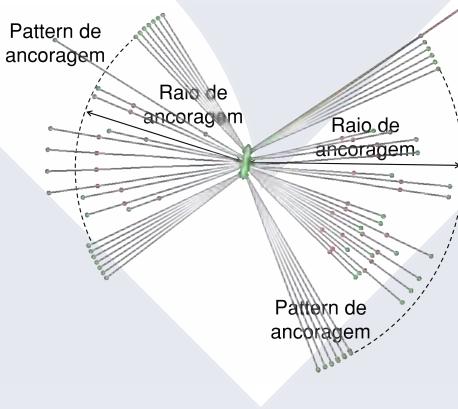


Figura 1: Pattern e raio de ancoragem.

## Metodologia

A atividade é dividida entre fase de teste e validação dos *templates* e fase de incorporação dos *templates* no programa Dynasim. Na primeira, são utilizados algoritmos de otimização em código aberto na linguagem Julia, que utilizam informações do cálculo das linhas provenientes do programa Dynasim para a busca do objetivo definido no *template*. Na segunda fase, os *templates* de otimização validados na fase anterior são incorporados ao programa Dynasim, de forma que o usuário tenha acesso a uma ferramenta para lhe ajudar no projeto de sistemas de ancoragem.

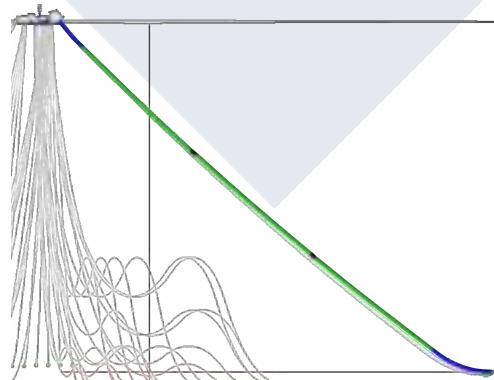


Figura 2: Linha de ancoragem composta por segmentos de diferentes materiais.

## Resultados

Inicialmente, o *template* estudado é o de uma única linha de ancoragem, composta por segmentos de diâmetro e material pré-estabelecidos pelo usuário, com comprimentos a serem definidos pelo algoritmo de otimização. O objetivo é, com base no custo linear de cada material que define os segmentos, determinar a configuração mais econômica do ponto de vista financeiro, respeitando restrições normativas (controle da tração máxima medida em cada trecho e controle do passeio da unidade) e de projeto (controle da tração no *fairlead*, ângulo da linha no *fairlead* e garantia que segmentos compostos por materiais mais suscetíveis à abrasão não sejam submetidos a esse efeito).

# Modelagem viscoelástica não linear do comportamento mecânico de linhas de ancoragem em poliéster

Eduardo N. Lages (enl@lccv.ufal.br)

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: PUC-RJ e USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Linhas de ancoragem, Poliéster, Análise dinâmica

## Introdução

O avanço da fronteira de exploração offshore de petróleo e gás natural, com o consequente aumento da lâmina d'água, tem direcionado o uso de linhas de ancoragem com trechos de materiais poliméricos, como o poliéster (Figura 1), que apresentam favorável relação rigidez/peso. Contudo, o comportamento mecânico dos mesmos é mais complexo, de natureza viscosa, que precisa ser devidamente modelado. Observa-se, experimentalmente, uma dependência da rigidez axial em função do nível médio, da amplitude do desvio do valor médio e do período da tração de excitação. Ainda assim, como prática de simulação, adota-se uma rigidez axial de referência elástica linear em uma análise quase-estática, bem como, para uma análise dinâmica, um procedimento simplificado em que a rigidez

dinâmica axial é também assumida elástica linear e definida em função, exclusivamente, do valor médio da tração de excitação e do *Minimum Breaking Load* (MBL) da linha. Neste trabalho, desenvolve-se um modelo viscoelástico não linear que capture naturalmente todas as dependências observadas experimentalmente e que possa ser incorporado ao framework DOOLINES.



Figura 1: Carretel com linha de ancoragem em poliéster.

## Metodologia

A partir da expressão de dependência do módulo específico proposta por Del Vecchio (1992), vários modelos viscoelásticos lineares e não lineares são investigados, procurando-se identificar as potenciais representatividades das dependências apontadas para a rigidez dinâmica axial. Várias combinações do nível médio, da amplitude do desvio do valor médio e do período da tração de excitação são utilizadas para calibrar os parâmetros dos modelos viscoelásticos estudados, via a solução de um problema de mínimos quadrados, utilizando-se a função *lsqnonlin* do MATLAB.

## Resultados

Os modelos viscoelásticos lineares são incapazes de representar todas as dependências observadas para a rigidez dinâmica axial, bem como em alguns modelos não lineares polinomiais da deformação, no componente elástico, e da taxa de deformação, no componente viscoso. Outros modelos viscoelásticos não lineares já estão sendo investigados, tendo no modelo de Zener-Maxwell com não linearidade exclusiva nos componentes viscosos (Figura 2) um potencial uso.

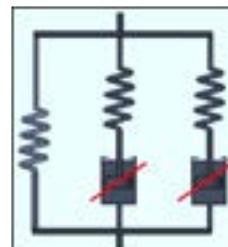


Figura 2: Modelo de Zener-Maxwell não linear.

# Wrapper DOOLINES para linguagem Python

Fábio M. G. Ferreira (fabio.ferreira@lccv.ufal.br)  
 Eduardo N. Lages

**Atividade de P&D**  
 Duração: 48 meses (Em andamento)  
 Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Análise de linhas *offshore*

## Introdução

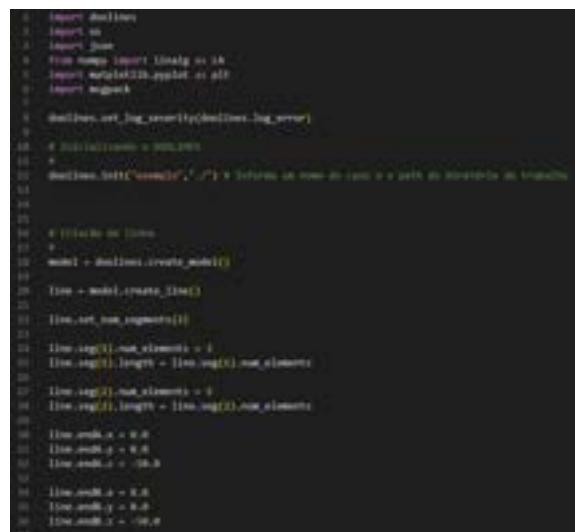
O *framework* DOOLINES é capaz de realizar análises não lineares estáticas e dinâmicas de linhas offshore, como linhas de ancoragem, *risers*, mangotes flutuantes, entre outras. Como o custo computacional envolvido nessas análises é elevado, o DOOLINES foi desenvolvido usando a linguagem orientada a objetos C++, que junto a outras linguagens compiladas tendem a gerar código bem otimizados. Porém, por se tratar de um *framework*, sua utilização depende de implementação por parte do usuário. Assim, para tornar o uso mais amigável para usuários com conhecimentos básicos em programação, optou-se por criar um *wrapper* de C++ para Python, que é uma linguagem largamente utilizada na comunidade científica, com um sem-número de bibliotecas que facilitam seu uso. Dessa forma, tem-se o melhor dos dois mundos, pois o binário do C++ continuará sendo responsável pelas simulações numéricas propriamente ditas, enquanto a API de comunicação com o usuário será em Python. Ressalta-se que, dessa forma, a performance é equivalente caso tudo fosse em C++, mas, dessa forma, ganhasse a versatilidade de utilizar o Python.

## Metodologia

Para iniciar a modelagem de um problema de análise de linhas de ancoragem e de *risers* é necessário criar uma instância da classe *model*, que contém toda a estrutura e representa uma abstração do modelo físico a ser analisado. Esta instância é criada utilizando valores *default*, cabendo ao usuário fazer os ajustes que achar necessários por meios dos métodos das classes. A partir disso, os dados fornecidos são armazenados na estrutura do *wrapper* e a classe *Simulation* fica responsável por construir as instâncias dos elementos do DOOLINES necessários para simulação do problema descrito. O método *run*, o principal dessa classe, utiliza algoritmos de integração temporal para simular os dados obtidos por meio do binário C++ do DOOLINES. Os dados de saída da simulação são armazenados em um JSON, que possibilita uma extração rápida dos dados para um pós-processamento.

## Resultados

Nesta primeira versão do *wrapper* DOOLINES para Python, é possível construir modelos de linhas com aplicação de carga concentrada e prescrição de movimento em nós, nos quais o leito marinho pode ser um solo elástico ou um solo visco-elastoplástico e a carga de correnteza pode ser aplicada ao longo do perfil vertical. Os resultados da simulação são armazenados em um JSON, onde são gravadas as informações por nó e elemento em cada instante de tempo, tais como: coordenadas espaciais e curvatura nos nós e comprimento indeformado, deformado, forças nos nós i e j no sistema local e global por elemento.



```

import doolines
import os
import json
from doolines import Doolines as dk
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

doolines.set_log_level(doolines.log_error)
# Set time from 0 to 2000
doolines.set('time', 0, 2000)

model = doolines.create_model()
time = model.create_time()

time.set('start', 0)
time.set('end', 2000)
time.set('step', 1)

time.set('node_element', 1)
time.set('node_element', 2)
time.set('node_element', 3)
time.set('node_element', 4)
time.set('node_element', 5)
time.set('node_element', 6)

time.set('node_i', 0)
time.set('node_j', 1)
time.set('node_i', 1)
time.set('node_j', 2)
time.set('node_i', 2)
time.set('node_j', 3)
time.set('node_i', 3)
time.set('node_j', 4)
time.set('node_i', 4)
time.set('node_j', 5)
time.set('node_i', 5)
time.set('node_j', 6)

time.set('x', 0.0)
time.set('y', 0.0)
time.set('z', 0.0)

```

# Índice Remissivo

## A

- Adeildo S. Ramos Jr., 10–12, 18, 98, 99, 104  
Alan D. Santos, 70  
Aiel F. Riente, 9  
Aline S. R. Barboza, 9, 14, 15, 18, 37–41, 43–52  
Aline V. Esteves, 68, 69, 75  
Alisson T. Pinto, 70  
André L. L. S. Lima, 82, 84, 88, 92, 94, 96  
Andressa C. A. Silva, 18, 73  
Antonio Paulo A. Ferro, 9, 43  
Artur C. de Jesus, 29

## B

- Beatriz R. Barboza, 18, 67–69, 73, 74, 76, 77  
Bruno B. Santos, 59  
Bruno C. A. Moura., 58  
Bruno F. O. Lima, 9, 44

## C

- Carlos Mikael A. Tenorio, 22  
Carlos W. L. Barbosa Neto, 9, 45, 48, 51  
Catarina N. A. Fernandes, 54, 56, 62, 64, 65, 103  
Christian C. Oliveira, 13, 82, 88  
Christiano Augusto F. Várady Filho, 18, 68, 69, 72, 73, 75

## D

- Débora S. Moreira, 9, 46  
Daniel B. F. Silva, 13, 79, 81, 85–91, 93–95  
Daniel M. Pimentel, 9, 45, 48, 51  
Daniell P. Silva, 15, 20–35  
Darlysson O. Nascimento, 22–25  
Diego V. G. Ferreira, 9, 44  
Dilnei Schmidt, 82, 88, 96  
Diogo S. Fônseca, 70  
Diogo T. Cintra, 11–13, 79–82, 85–91, 93–95

## E

- Edson Rabelo Jr., 9, 45, 48, 51  
Eduardo Matheus A. Pacheco, 18, 74  
Eduardo N. Lages, 10, 11, 18, 101, 103–106  
Eduardo S. Paranhos Sobrinho, 17, 53, 59, 61  
Eduardo S. S. Silveira, 11, 13, 14, 37–41, 79–96  
Eduardo T. Lima Jr., 9, 16–18, 53, 57, 59–61, 66, 68, 69, 72, 75  
Edwal H. Sanomia, 82  
Emerson Acácio F. Santos, 14, 37–41  
Eric S. Coelho, 29, 32, 34

## F

- Fábio M. G. Ferreira, 10, 13, 14, 37–41, 79–82, 84–96, 104, 106  
Fabrício J. F. Farias, 88  
Felipe P. Lima, 9, 47, 50, 52  
Felipe Pontes, 16  
Francisco A. V. Binas Jr., 9, 44, 46, 47, 49, 50, 52, 67, 76, 77

## G

- Gabriel C. Freitas, 13, 82, 88, 92–94, 96  
Gabriel R. Domingos, 10, 104  
Gilberto L. L. Santos, 54–56  
Giuliana Castro D. Arecippo, 30  
Gleide K. M. Lins, 62  
Gustavo T. Silva, 57, 60

## H

- Heleno P. Bezerra Neto, 10, 102  
Higor Daniel C. Cabral, 23

## I

- Igor Jablauksky, 94  
Igor M. N. Oliveira, 53, 59, 61  
Ilivanilton R. Barros, 9, 45, 48, 51  
Isabela G. Siqueira, 92, 96

## J

- Jéssica P. V. Valença, 9, 46, 49  
Júlia B. F. Souza, 18  
Jadson C. S. Santos, 9  
Jennifer Mikaella F. Melo, 18, 67, 76, 77  
Jeyson S. N. Silva, 9  
João Lucas O. Costa, 31  
João Paulo L. Santos, 9, 16–18, 54, 56, 60, 65, 67–70, 72–77  
João Paulo N. Araújo, 16, 17, 53, 59, 61, 65

João V. M. A. Crisóstomo, 9, 50

Josué D. Silva Neto, 14, 37–41

Jouber L. Lessa, 21

Joyce K. F. Tenório, 18, 68, 69, 72, 73, 75

## K

- Kevin T. L. M. Souza, 13, 82, 88, 93, 94  
Kim R. Gama, 13, 79–81, 85, 86, 90, 91, 95

## L

- Lívia Andressa S. Santos, 32  
Leandro M. Sales, 9, 13, 45, 48, 51, 91

Leonardo T. Ferreira, 11–13, 82–84, 88, 91, 93, 94, 98, 99 William Wagner M. Lira, 16, 17, 53, 54, 56, 59, 61, 62, 64, 65

Lucas Diego F. Lino, 12, 13, 82–84, 88, 93, 94, 99 Willy C. Tiengo, 16, 17

Lucas G. O. Lopes, 12, 17

Lucas P. Gouveia, 9, 16–18, 43, 53, 57, 59–61, 63, 64

Luciana C. L. G. Pinheiro, 18

Luciana C. L. M. Vieira, 11, 12, 99

Luiz C. L. Véras, 57, 60

Luiz E. da Silva Filho, 64

## M

Márcio M. Ribeiro, 13, 83, 91, 94

Manuela O. L. Lôbo, 13

Marcio A. Guimarães, 17

Marcos A. B. Lima, 9, 45, 48, 51

Maria Clara L. Barbosa, 13, 92

Matheus A. Miranda, 14, 37–41, 103

Michele A. L. Martins, 10, 103

Milton M. G. Santos, 101

## N

Natália C. S. Santos, 18, 74

## O

Otávio B. A. Rodrigues, 65

## P

Paulo Victor L. Severiano, 28

Pedro R. R. Magalhães, 66

## R

Raniel Deivisson A. Albuquerque, 18, 67, 76, 77

Regis S. Coelho, 22, 24, 25

Renata G. Mendes, 20, 35

Ricardo A. Fernandes, 11–13, 79, 81, 85, 86, 90, 95, 99

Rodrigo B. Paes, 16, 17

Rodrigo L. Pinheiro, 11

## T

Teófanes Vitor Silva, 9, 14, 37–41, 47, 50, 52

Thiago B. Silva, 16, 17, 53, 54, 56, 59, 61, 62, 64, 66

Thiago Rogério F. Santos, 22, 24, 25

Tiago P. S. Lôbo, 11–13, 82–84, 88, 92–94, 96, 98, 99

## V

Victor Luygg M. Santos, 26–33

## W

Weverton M. Silva, 14, 37–41

William Kleber A. Santos, 28, 31, 33



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE ALAGOAS



**Imagen 1: Monumento em homenagem aos Jangadeiros Alagoanos, Ponta Verde, Maceió-AL.**

**Imagen 2: Partida da Jangada Independência do ancoradouro de Jaraguá em 1922 rumo ao Rio de Janeiro-RJ.**

## Laboratório de Computação Científica e Visualização

Universidade Federal de Alagoas

Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n,

Cidade Universitária - Maceió/AL - CEP 57072-970