

I CONGRESSO EM MONTAGEM INDUSTRIAL

NITERÓI, RJ, BRASIL
DE 25 A 27/10/2023

PMI



Universidade
Federal
Fluminense



ANAIS



ANAIS DE CONGRESSO

I CONGRESSO EM MONTAGEM INDUSTRIAL

ORGANIZAÇÃO:
UFF

APOIO:
PROPI
PROEX
FAPERJ
3GEO
PMN
PDPA
FEC

DE 25 A 27 DE OUTUBRO
NITERÓI, RJ, BRASIL

I CONGRESSO EM MONTAGEM INDUSTRIAL

NITERÓI, RJ, BRASIL
DE 25 A 27/10/2023

PMI



Universidade
Federal
Fluminense



ANAIS

©2023. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MONTAGEM INDUSTRIAL
(PMI)

©2023. UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

Permite a reprodução total ou parcial desta obra desde que citada a fonte.

1º Edição

Livre circulação

ORGANIZADORES:

Anna Virgínia Muniz Machado

Roger Matsumoto Moreira

Walber Paschoal da Silva

PROJETO GRÁFICO:

Guilherme da Silva Pessôa

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Anais de congresso [livro eletrônico] :
I Congresso de Montagem Industrial
(10. : 2023 : Niterói, RJ) / organizadores
Anna Virgínia Muniz Machado, Roger Matsumoto
Moreira , Walber Paschoal da Silva. -- 1. ed.
-- Niterói, RJ : Ed. dos Autores, 2024.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-00-92766-5

1. Eficiência energética 2. Engenharia
3. Indústria 4. Instalações industriais
5. Sustentabilidade I. Machado, Anna Virgínia Muniz.
II. Moreira, Roger Matsumoto. III. Silva, Walber
Paschoal da.

24-191641

CDD-620

Índices para catálogo sistemático:

1. Engenharia 620

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

ESCOLA DE ENGENHARIA UFF

Universidade Federal Fluminense

Campus Praia Vermelha

Rua Passo da Pátria, 152, São Domingos

CEP: 24210-240

e-mail: tce@id.uff.br

Telefone: (21) 26295385

REITOR:

Antônio Cláudio Lucas da Nóbrega

VICE - REITOR:

Fábio Barboza Passos

PRÓ - REITORA DE PESQUISA, PÓS - GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO:

Mônica Maria Guimarães Savedra

PRÓ - REITORA DE EXTENSÃO:

Leila Gatti Sobreiro

DIRETOR DA ESCOLA DE ENGENHARIA:

José Rodrigues de Farias Filho

VICE - DIRETOR DA ESCOLA DE ENGENHARIA:

Bruno Campos Pedroza

COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM MONTAGEM INDUSTRIAL:

Walber Paschoal da Silva

COMITÊ ORGANIZADOR:

Roger Matsumoto Moreira

Anna Virgínia Muniz Machado

Bruno Campos Pedroza

Cássia Andréa Ruotolo Morano

Eliane Maria Lopes Carvalho

Janine Domingos Vieira

João Felipe Mitre de Araújo

José Mauro Moraes Junior

Ney Robinson Salvi dos Reis

Paulo Roberto Dualibe Monteiro

Miguel Luiz Ribeiro Ferreira

Walber Paschoal da Silva

Vivian Bezerra da Silva

Apresentação

Prezados,

É com grande satisfação que o Programa de Pós-Graduação em Montagem Industrial (PMI) da Universidade Federal Fluminense (UFF) disponibiliza os Anais do Primeiro Congresso em Montagem Industrial (I CMI), ocorrido nos dias 25, 26 e 27 de outubro de 2023 na UFF, Auditório do Instituto de Computação, Campus da Praia Vermelha, Niterói, RJ.

O evento contou com especialistas da indústria de construção e montagem, visando impulsionar o aumento da sua produtividade, a inovação dos seus métodos/processos e soluções para problemas complexos da engenharia.

As mesas redondas e sessões técnicas foram organizadas nos seguintes temas: Descomissionamento de instalações offshore e reciclagem de navios; Sustentabilidade; Análise de falhas; Indústria 4.0; Eficiência energética; Building Information Modeling (BIM). A programação e os resumos expandidos dos trabalhos apresentados nas sessões técnicas podem ser encontrados ao longo desta publicação.

Gostaríamos de agradecer o apoio da Escola de Engenharia, Instituto de Computação e Pró-Reitorias da UFF, Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional à UFF (FEC), Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), Prefeitura Municipal de Niterói (PMN) por intermédio do Programa de Desenvolvimento de Projetos Aplicados (PDPA) e, em especial, a empresa de geotecnia 3GEO.

Cabe registrar o esforço das seguintes empresas, entidades e instituições de ensino e pesquisa, que enviaram profissionais e pesquisadores, enriquecendo a

discussão das mesas redondas e sessões técnicas: PETROBRAS, Estaleiro Mauá, Cluster Naval, SINAVAL, Shell, MODEC, RADIX, Rio+, TECMETAL, Upsensor, SENAI (RS e SC), ENBPar, Eletrobras, AVEVA, INT, UERJ, UFC, UNIFEI, UNICAMP, USP, PUC-Rio, IFRJ (Paracambi e Volta Redonda) e IECC-PR.

Com o sucesso do primeiro congresso, organizaremos uma segunda edição daqui a dois anos.

Saudações,

Roger Matsumoto Moreira

rmmoreira@id.uff.br

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Montagem Industrial

Universidade Federal Fluminense



Sumário

APRESENTAÇÃO	6
PROGRAMAÇÃO	10
1. DESCOMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES OFFSHORE E RECICLAGEM DE NAVIOS	13
1.1 CONTROLE DE EXPOSIÇÃO A REJEITOS RADIOATIVOS DE OCORRÊNCIA NATURAL EM DESCOMISSIONAMENTO OFFSHORE.....	14
1.2 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A RECICLAGEM DE NAVIOS NO SUL DA ÁSIA, FRENTE A DISPONIBILIDADE DE INSTALAÇÕES REGULAMENTADAS PELA NORMA EUROPEIA	19
1.3 DESCOMISSIONAMENTO DE PLATAFORMAS OFFSHORE: ESTUDO DE CASO DE UMA FPSO NA BACIA DE CAMPOS	23
1.4 ESTIMATIVA DE FAMÍLIAS DE MATERIAIS COM POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DURANTE A RECICLAGEM DA FLOATING, PRODUCTION, STORAGE AND OFFLOADING - FPSO P32	29
2. SUSTENTABILIDADE	34
2.1 PROPOSTA DA INTENSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE SEPARAÇÃO BGTX VIA RECOMPRESSÃO DE VAPOR.....	35
2.2 PROPOSTA DE INTENSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO REATIVA PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA VIA RECOMPRESSÃO DE VAPOR	41
2.3 AVALIAÇÃO DE ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRÍOLISE DE LÁSTICOS	48
2.4 PROPOSTA DE INTENSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE SEPARAÇÃO DE ACETONA E N-HEPTANO VIA RECOMPRESSÃO DE VAPOR	53
3. ANÁLISE DE FALHAS	59
3.1 ESTUDO DAS TENSÕES RESIDUAIS ORIUNDAS DO FRESAMENTO FRONTAL DO ADL CLASSE 3	60
3.2 PROCEDIMENTO DE PROJETO À FADIGA E TUBULAÇÕES INSTALADAS NO TOPSIDE DE FPOS	67
3.3 APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL A ESCOAMENTOS DO TIPO GOLFADA EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS	70
3.4 DISCUSSÃO SOBRE MÉTODOS MODERNOS DE MONTAGEM DE JUNTAS DE FLANGE API	74

4. INDÚSTRIA 4.0	76
4.1 AVALIAÇÃO DA CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA DO SEGMENTO DE REPAROS NAVAIS DE NITERÓI	77
4.2 SISTEMA ROBÓTICO PARA INSPEÇÃO E ATUAÇÃO INTERNA EM DUTOVIAS DE ÓLEO E GÁS	81
4.3 CALÇO TIPO CAMES: DISPOSITIVO E MÉTODO PARA CALÇAMENTO DE DUTOS SUBMARINOS	86
5. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	91
5.1 ESTUDO DA APLICAÇÃO DE EMBARCAÇÃO AUTÔNOMA DO TIPO SOLAR/ELÉTRICA PARA A REGIÃO DA AMAZÔNIA	92
5.2 COMPARATIVO DA ANÁLISE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO EM USINAS FOTOVOLTAICAS DE SOLO COM ESTRUTURA TRACKER E FIXA.....	97
5.3 ANÁLISE DA TENDÊNCIA DE FALHAS DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE UMA USINA FOTOVOLTAICA A PARTIR DO HISTÓRICO DE OPERAÇÃO	101
5.4 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE ENERGIA EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL.....	108
5.5 DISPOSITIVO DE LIMITAÇÃO DE CORRENTE DE CURTO CIRCUITO EM UM CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES (CCM) DE UMA PLATAFORMA MARÍTIMA TIPO FPSO.....	112
6. BUILDING INFORMATION MODELING	117
6.1 DIMENSIONAMENTO DE OLEODUTOS TERRESTRES: CÁLCULO DA PRESSÃO DE PROJETO.....	118
6.2 AVALIAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PROJETO APLICADAS NO SETOR DE CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE DE NITERÓI.....	125
6.3 A IMPORTÂNCIA DAS NORMAS DE SEGURANÇA NA MONTAGEM INDUSTRIAL E GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE GLP – GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO.....	128
6.4 POSSIBILIDADES E DIFICULDADES NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS GREENFIELD E BROWNFIELD PARA PROJETOS DE SANEAMENTO.....	134

1º Congresso de Montagem Industrial

Programação

Quarta: 25/10/2023		
8:00 – 9:00h	Registro	
Mesa de abertura		
9:00 – 10:00h	Fábio Barboza Passos (Vice-Reitor da UFF)	
	José Rodrigues de Farias Filho (Diretor da Escola de Engenharia da UFF)	
	Alberto Di Sabbato (Diretor-Presidente da FEC)	
	Lindalva Cavalcanti Cid (Subsecretária de Desenvolvimento Econômico da Prefeitura Municipal de Niterói)	
	Miguel Luiz Ribeiro Ferreira (Fundador do Programa de Pós-Graduação em Montagem Industrial da UFF)	
	Roger Matsumoto Moreira (Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Montagem Industrial da UFF)	
10:00 – 10:30h	Coffee break	
Mesa redonda 1	Descomissionamento de instalações offshore e reciclagem de navios	Mediador: Newton Pereira (UFF)
10:30 – 12:00h	Rogério Benevenuto (PETROBRAS)	
	Milton Branquinho (Estaleiro Mauá)	
	Walter Lucas da Silva (Cluster Naval)	
	Gilberto Israel (SINAVAL)	
12:00 – 14:00h	Almoço	
Sessão técnica 1	Descomissionamento de instalações offshore e reciclagem de navios	Chairman: Geraldo Ferreira (UFF)
14:00 – 14:10h	012: Controle de exposição a rejeitos radioativos de ocorrência natural em descomissionamento offshore	<u>Adelci Mello</u> (UFF), Ney R.S. Reis (PETROBRAS), Geraldo Ferreira (UFF)
14:10 – 14:20h	018: Estudo comparativo entre a reciclagem de navios no sul da Ásia, frente a disponibilidade de instalações regulamentadas pela norma europeia	<u>Guilherme Ramos</u> (UFF), Newton Pereira (UFF)
14:20 – 14:30h	026: Descomissionamento de plataformas offshore: estudo de caso de uma FPSO na baía de Campos	<u>Guilherme Mansano</u> (MODEC), Vinícius Salustino (Shell), Alessandra Duailibe (UFF)
14:30 – 14:40h	032: Estimativa de famílias de materiais com potencial de reutilização durante a reciclagem da <i>Floating, Production, Storage and Offloading</i> - FPSO P32	<u>Guilherme C. Ribeiro</u> (RADIX), Newton Pereira (UFF)
Mesa redonda 2	Sustentabilidade	Mediadora: Anna Machado (UFF)
15:00 – 16:30h	Diego Prata (UFF)	
	André Young (UFF)	
	André Salomão (UERJ)	
	Nélson Carvalho (Rio+)	
16:30 – 17:00h	Coffee break	
Sessão técnica 2	Sustentabilidade	Chairman: Diego Prata (UFF)
17:00 – 17:10h	008: Proposta de intensificação do processo de separação BTX via recompressão de vapor	<u>Fernanda Figueiredo</u> (UFF), Diego Prata (UFF)
17:10 – 17:20h	017: Proposta de intensificação do processo de destilação reativa para produção de acetato de butila via recompressão de vapor	<u>Renan Batista</u> (UFF), Diego Prata (UFF)
17:20 – 17:30h	019: Avaliação de estudos de viabilidade econômica da pirólise de plásticos	<u>João V. Mota</u> (UFF), Alessandra Duailibe (UFF), Beatriz Frias (UFF)
17:30 – 17:40h	029: Proposta de intensificação do processo de separação de acetona e n-heptano via recompressão de vapor	Georgia Paludo (UFF), <u>João P. Catharina</u> (UFF), Diego Prata (UFF)

Programação

Quinta: 26/10/2023

8:00 – 9:00h	Registro	
Mesa redonda 3	Análise de Falhas	Mediador: Sérgio Tavares (UFF)
9:00 – 10:30h	Hamilton Abreu (UFC)	
	Cássio Barbosa (INT)	
	Annelise Zeemann (TECMETAL)	
	André Pimenta (IFRJ)	
	Sérgio Tavares (UFF)	
10:30 – 11:00h	Coffee break	
Sessão técnica 3	Análise de Falhas	Chairman: André Pimenta (IFRJ)
11:00 – 11:15h	013: Estudo das tensões residuais oriundas do fresamento frontal do ADI-classe 3	<u>Pedro P.R. Paula</u> (UFF), Lucas Benini (UFF)
11:15 – 11:30h	025: Procedimento de projeto à fadiga de tubulações instaladas no topside de FPSOs	<u>Breno de Mello</u> (UFF), Leonardo M. Matos (UFF), Antonio Gama (UFF)
11:30 – 11:45h	020: Aplicação da técnica de fluidodinâmica computacional a escoamentos do tipo golfada em tubulações industriais	<u>Luiz Ribeiro</u> (UFF), Roger Moreira (UFF)
11:45 – 12:00h	031: Discussão sobre métodos modernos de montagem de juntas de flange API	<u>Felipe D' Oliveira</u> (UFF), Antonio L. Gama (UFF)
12:00 – 14:00h	Almoço	
Mesa redonda 4	Indústria 4.0	Mediador: Bruno Pedroza (UFF)
14:00 – 15:30h	Ney Robinson (PETROBRAS)	
	Ivan Boesing (Upsensor)	
	Leonardo Vidal (IFRJ)	
	Lessandro Teixeira Rodrigues (PETROBRAS)	
15:30 – 16:00h	Coffee break	
Sessão técnica 4	Indústria 4.0	Chairman: Bruno Pedroza (UFF)
16:00 – 16:15h	015: Avaliação da capacitação tecnológica do segmento de reparos navais de Niterói	Jullia Miranda (UFF), <u>Cassia Morano</u> (UFF), Miguel Ferreira (UFF)
16:15 – 16:30h	028: Sistema robótico para inspeção e atuação interna em dutovias de óleo e gás	<u>Ivan Boesing</u> (Upsensor), Gabriel Kuhn (Upsensor), Gabriel Silveira (Upsensor), Ney Robinson (PETROBRAS), Cristiane Becker (SENAI-RS), André Wentz (SENAI-RS), Anselmo Junior (SENAI-SC), William Henrique (SENAI-SC)
16:30 – 16:45h	014: Calço tipo cames: Dispositivo e método para calçamento de dutos submarinos	<u>Ney R. Reis</u> (UFF)

1º Congresso de Montagem Industrial

Programação

Sexta: 27/10/2023

Sexta: 27/10/2023		
8:00 – 9:00h	Registro	
Mesa redonda 5	Eficiência Energética	Mediador: Thales Lopes (UFF)
9:00 – 10:30h	Alexandre Rodrigues (PROCEL-ENBPar)	
	Marcel da Costa Siqueira (Eletrobras)	
	Luiz Horta (UNIFEI)	
	Luiz Carlos Pereira (UNICAMP)	
	Geraldo Tavares (UFF)	
10:30 – 11:00h	Coffee break	
Sessão técnica 5	Eficiência Energética	Chairman: Paulo Duailibe (UFF)
11:00 – 11:10h	006: Estudo da aplicação de embarcação autônoma do tipo solar/elétrica para a região da Amazônia	Priscila Silva (UFF), Paulo Monteiro (UFF), Thales Lopes (UFF), Daniel Dias (UFF), Wanderson Correa (UFF)
11:10 – 11:20h	021: Comparativo da análise de desempenho energético em usinas fotovoltaicas de solo com estrutura tracker e fixa	Beatriz Ramos (UFF), Gustavo Azeredo (UFF), Sandro Coelho (UFF), Marcio Fortes (UFF)
11:20 – 11:30h	023: Análise da tendência de falhas dos principais equipamentos de uma usina fotovoltaica a partir do histórico de operação	Pedro Nogueira (UFF), Thales Lopes (UFF)
11:30 – 11:40h	024: Identificação e análise qualitativa de riscos na implementação de projetos de energia eólica offshore no Brasil	Fillipe Silva (UFF), Geraldo Ferreira (UFF)
11:40 – 11:50h	027: Dispositivo de limitação de corrente de curto circuito em um centro de controle de motores (CCM) de uma plataforma marítima tipo FPSO	Lucas Gonçalves (UFF), Paulo Monteiro (UFF)
12:00 – 14:00h	Almoço	
Mesa redonda 6	Building Information Modeling	Mediador: Roger Moreira (UFF)
14:00 – 15:30h	Eduardo Toledo Santos (USP)	
	Juan Reis (AVEVA)	
	Carlos Augusto Pereira (PETROBRAS)	
	André Maues Brabo Pereira (UFF)	
15:30 – 16:00h	Coffee break	
Sessão técnica 6	Building Information Modeling	Chairman: Walber Paschoal (UFF)
16:00 – 16:15h	001: Dimensionamento de oleodutos terrestres: Cálculo da pressão de projeto	Diego Antunes (UFF), Luis F.G. Pires (PUC-Rio), Walber P. Silva (UFF)
16:15 – 16:30h	002: Avaliação das ferramentas de projeto aplicadas no setor de construção naval e offshore de Niterói	Cássia A.R. Morano (UFF), Roger M. Moreira (UFF), Miguel L.R. Ferreira (UFF)
16:30 – 16:45h	016: A importância das normas de segurança na montagem industrial e gerenciamento de manutenção de instalações de distribuição de GLP – Gás Liquefeito de Petróleo	Bruno Coutinho (UFF), Geraldo Ferreira (UFF)
16:45 – 17:00h	004: Possibilidades e dificuldades no desenvolvimento de projetos <i>greenfield</i> e <i>brownfield</i> para projetos de saneamento	Airton Silva (IECC-PR)
Encerramento		
17:00 – 18:00h	Roger Matsumoto Moreira (Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Montagem Industrial)	

Tema 1: Descomissionamento de instalações offshore e reciclagem de navios

(1) CONTROLE DE EXPOSIÇÃO A REJEITOS RADIOATIVOS DE OCORRÊNCIA NATURAL EM DESCOMISSIONAMENTO OFFSHORE.

ADELCI MELLO (UFF), NEY R. S. REIS (PETROBRAS), GERALDO FERREIRA (UFF)

(2) ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A RECICLAGEM DE NAVIOS NO SUL DA ÁSIA, FRENTE A DISPONIBILIDADE DE INSTALAÇÕES REGULAMENTADAS PELA NORMA EUROPEIA.

GUILHERME RAMOS (UFF), NEWTON PEREIRA (UFF)

(3) DESCOMISSIONAMENTO DE PLATAFORMAS OFFSHORE: ESTUDO DE CASO DE UMA FPSO NA BACIA DE CAMPOS.

GUILHERME MANSANO (MODEC), VINÍCIUS SALUSTINO (SHELL), ALESSANDRA DUALIBE (UFF)

(4) ESTIMATIVA DE FAMÍLIAS DE MATERIAIS COM POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DURANTE A RECICLAGEM DE FLOATING, PRODUCTION, STORAGE AND OFFLOADING.

GUILHERME C. RIBEIRO (RADIX), NEWTON PEREIRA (UFF)

CONTROLE DE EXPOSIÇÃO A REJEITOS RADIOATIVOS DE OCORRÊNCIA NATURAL EM DESCOMISSIONAMENTO OFFSHORE

Adelci Mello¹, Ney R. S. Reis², Geraldo Ferreira³

¹Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, adelcia@id.uff.br

²Petrobras, Rio de Janeiro, salvireis@gmail.com

³Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, geraldoferreira@id.uff.br

RESUMO

Rejeitos perigosos necessitam ser manipulados, gerenciados e dispostos de forma segura e regulamentada, compatíveis com princípios e normas internacionais de segurança. Uma vez que um resíduo perigoso é gerenciado de forma inadequada pode resultar em efeitos adversos à saúde humana ou ao meio ambiente, hoje e no futuro. Sendo assim, grande esforço tem sido empregado na formulação de princípios de gerência de rejeitos radioativos.

A crosta terrestre contém radionuclídeos que constituem a maior fonte de material radioativo de ocorrência natural (NORM - Naturally Occurring Radioactive Materials) no meio ambiente (IAEA, 2003). A maioria desses radionuclídeos pertence às cadeias de decaimento que se iniciam com, U-235, U-238 e Th-232 (GODOY & CRUZ, 2003).

Algumas práticas industriais, envolvendo recursos naturais, concentram os radionuclídeos a um grau que pode gerar riscos ao ser humano e ao ambiente circundante, se não forem controlados. Essas atividades humanas incluem operações de mineração e processamento de minérios e de areias, manufatura de fertilizantes e seu uso, fabricação de fosfatos, queima de combustível fóssil, incrustação e borra da extração de petróleo, refino de metais, bem como a mineração, beneficiamento e processamento de minérios de urânio.

Como foco deste trabalho, o estudo se concentra nas especificidades e características da presença de radionuclídeos na atividade de produção de petróleo. Esta é uma atividade essencial para a economia global, a qual se divide em três segmentos: upstream e downstream (THOMAS et al., 2004).

O upstream reúne as atividades de exploração, prospecção e produção de petróleo. A exploração e o estudo das possíveis áreas de prospecção e produção, compreendendo a geofísica e as avaliações geológicas da região, que indicarão a possibilidade de presença de óleo. A prospecção é caracterizada por observações de campo, medições com instrumentos sofisticados e interpretação de dados, com intuito de obter informações sobre o subsolo. A produção envolve a engenharia de poços, o estudo de reservas e reservatórios, e o processo de

produção. O downstream envolve as atividades de escoamento do petróleo e do gás natural, o refino e a distribuição e venda de derivados. A logística de escoamento ocorre por meio de dutos (gasodutos e oleodutos) e navios de grande porte. O refino envolve o processamento do petróleo, cujos derivados produzidos serão posteriormente distribuídos para venda (SZKLO e ULLER, 2008).

O primeiro poço de petróleo do Brasil foi perfurado em 1897, em Bofete, São Paulo, com profundidade final de 488 metros e produção de 0,5 m³ de óleo. Em 1953, o Presidente Getúlio Vargas assinou a Lei 2.004, de 03 de outubro de 1953, concretizando o plano governamental para a exploração do petróleo e estabelecendo as bases da política petrolífera no Brasil. Pela lei, o monopólio do petróleo é da união, exercido pela Petróleo Brasileiro S.A – Petrobras, então criada. A empresa inicia as atividades de exploração de petróleo e, em 1969, realiza a primeira descoberta de petróleo no mar (COTTA, 2008). Pela Lei 9.478 de 06 de agosto de 1997, a Petrobras deixa de exercer o monopólio, e é criada a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP). O mercado brasileiro abre as portas para o capital estrangeiro e diversas empresas se instalaram no país em busca de petróleo.

No mercado offshore brasileiro, nos últimos dez anos, foi iniciado um processo de desinvestimento de algumas instalações por grandes operadoras em campos maduros, devido a uma série de fatores, desde a queda de rendimento inerente da produção dos poços à menor atratividade financeira causada por uma queda expressiva do preço do barril de óleo. Apesar de o panorama do mercado de óleo e gás brasileiro apresentar expressivos investimentos em campos novos na região do Pré-Sal, na realidade do cenário nacional ainda há predominância de campos maduros, com mais de 25 anos de Operação (ANP, 2022).

Ocorre que, durante as operações de exploração e produção, tem sido gerado um rejeito para o qual o país não se preparou, seja no seu arcabouço jurídico ou técnico, para correto gerenciamento (DE-PAULA-COSTA et al, 2018). Este rejeito é o TENORM (Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material), composto por materiais radioativos que ocorrem naturalmente (elementos químicos radioativos), resultando da desintegração radioativa de elementos naturais, tais como urânio (U) 238 e tório (Th) 232 e que estão presentes nos equipamentos e dutos utilizados na produção de petróleo (AL NABHANI et al, 2017). O TENORM requer controle especial em toda sua cadeia de gerenciamento, seja pelo controle de exposição das pessoas ou pela proteção do meio ambiente (ATTALLAH, 2020).

Os elementos radioativos de maior incidência são Ra 226 e Ra 228, oriundos da série de decaimento do U 238 e Th 232, os quais são carregados até superfície junto com o petróleo, associados a fase aquosa, e ficam agregados aos equipamentos ao precipitar com o sulfato de bário ou, no próprio sedimento (borra oleosa) no fundo de tanques de carga de plataformas,

que armazenam petróleo (ALI et al, 2021).

Em muitos campos de petróleo e gás natural, o acúmulo de incrustações em tubos e vasos constitui um significativo perigo radiológico. Processos químicos e hidrodinâmicos resultam na acumulação de compostos com potencial radioquímico em equipamentos e linhas.

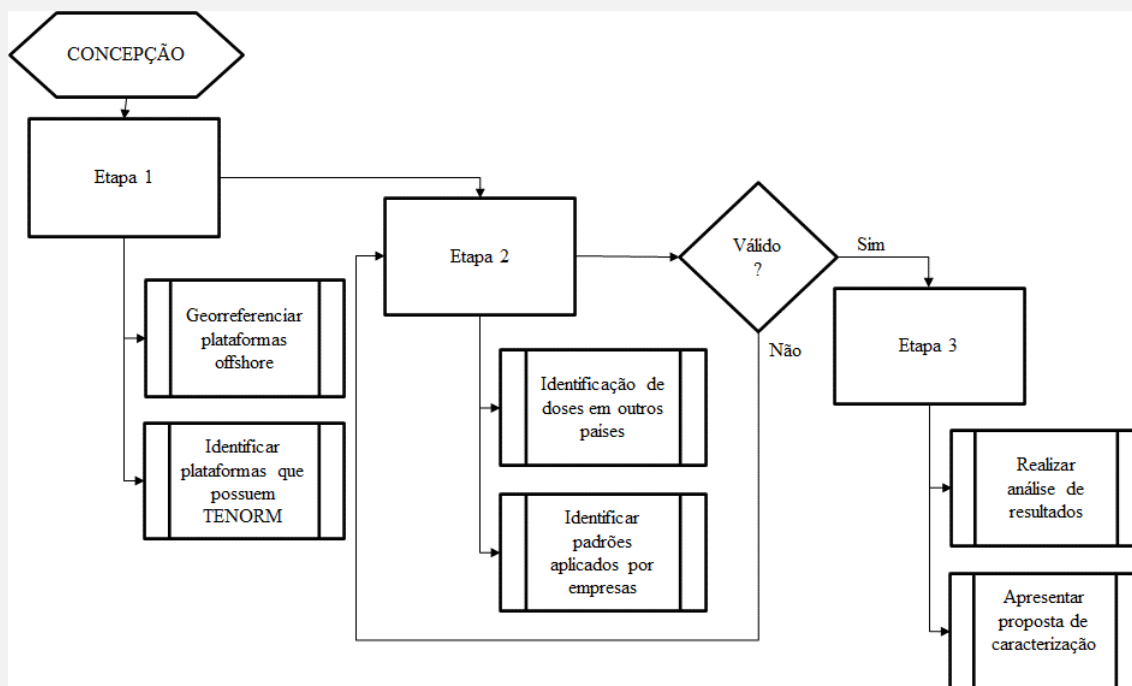
As radiações são produzidas por processos de ajustes que ocorrem no núcleo ou nas camadas mais eletrônicas, tal qual pela interação das outras radiações ou partículas com núcleo ou com átomo podendo ocasionar à emissão de partículas alfa (α) ou beta (β), bem como emissão de radiação gama (γ). Em função das características dessas radiações é possível estabelecer os métodos de controle de exposição e até mesmo proteção dos trabalhadores em função do potencial de penetração (LANDSBERGER et al, 2013).

Para o descomissionamento de instalações marítimas é necessário que sistemas e equipamentos utilizados no processamento e armazenamento de petróleo sejam limpos e, em alguns casos desmontados, conforme previsto na Resolução 817/20 da ANP. A necessidade de intervenção humana na realização destas atividades, expõe trabalhadores a ambientes contendo TENORM com risco de irradiação ou contaminação. A Resolução 288 (2021) que versa sobre o serviço de limpeza e acondicionado de rejeitos contendo radionuclídeo, impõe a necessidade de licenciamento para as empresas terceirizadas, porém não estabelece um controle de doses acumuladas ao longo do tempo, em função das variadas exposições nas instalações de diferentes empresas, ficando esta determinação para a empresa proprietária da instalação objeto da limpeza. Tal condições ocasiona um descontrole de doses acumuladas por trabalhadores ao longo de sua vida laboral.

No presente trabalho é apresentada uma proposta de gerenciamento de rejeitos de TENORM para que os trabalhadores de instalações marítimas estejam adequadamente protegidos de doses nocivas, por meio de padrões aplicáveis que subsidiam o melhor monitoramento, segregação, identificação e armazenagem dos rejeitos radioativos.

O processo de desenvolvimento da metodologia do trabalho está dividido em três fases, visando à melhor organização e acompanhamento. As macroetapas estão divididas em subetapas para melhor gerenciamento das tarefas e acompanhamento da evolução de cada fase, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1: Macro etapas do processo de desenvolvimento



Fonte: Próprio autor

PALAVRAS-CHAVES

TENORM, Rejeito Radioativo, Offshore, Instalação marítima, Radiação.

TEMA

Comissionamento e Descomissionamento de Instalações Industriais;

AGRADECIMENTOS

No caso de pesquisas financiadas, indicar o(s) órgão(s) financiador(es) da produção acadêmica.

REFERÊNCIAS

ALI, M. M.M.; LI, Z.; ZHAO, H.; RAWASHDEH, A.; AL HASSANE, M.; ADO, M. Characterization of the Health and Environmental Radiological Effects of TENORM and Radiation Hazard Indicators in Petroleum Waste –Yemen. **Process Safety and Environmental Protection** 146 (2021): 451-63. Web.

AL NABHANI, K.; KHAN, F.; YANG, M. Management of TENORMs Produced during Oil and Gas Operation. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries** 47 (2017): 161-68. Web.

ANP - AGÊNCIA Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/lista-de-plataformas-em-operacao>. Acesso em junho/2022.

ANP - AGÊNCIA Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Relação de Programas de Descomissionamento de Instalações submetidos à ANP**. Disponível em:

<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/publicidade-dos-programas-de-descomissionamento-de-instalacoes> . Acesso em abril/2022.

ATTALLAH, M. F. ABDELBAR, H. M.; EL-SOFANY, E. A.; MOHAMED, Y. T.; ABO-ALY, M. M. Radiation Safety and Environmental Impact Assessment of Sludge TENORM Waste Produced from Petroleum Industry in Egypt. **Process Safety and Environmental Protection** 142 (2020): 308-16. Web.

CARDOSO, L. C. **Petróleo: do Poço ao Posto**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

COTTA, P. S. **Sistema informatizado de gestão de monitoramento ambiental - sigema: uma ferramenta de gestão ambiental**. Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Sistema de Gestão da Universidade Federal Fluminense, jun/2008.

DE-PAULA-COSTA, G.T.; GUERRANTE, I.C.; COSTA-DE-MOURA, J.; A, F. C. Geochemical Signature of NORM Waste in Brazilian Oil and Gas Industry. **Journal of Environmental Radioactivity** 189 (2018): 202-06. Web.

GODOY, J.M. & CRUZ, R. P. 226Ra and 228Ra in Scale and Sludge Samples and Their Correlation with the Chemical Composition. **Journal of Environmental Radioactivity** 70.3 (2003): 199-206. Web.

IAEA – International Atomic Energy Agency – **Radiation and Waste Safety in the Oil and Gas Industry**. Report No. 34. IAEA-Safety, 2003.

LANDSBERGER, S.; BRABEC, C.; CANION, B.; HASHEM, J.; LU, C; MILLSAP, D.; GEORGE, G. Determination of 226Ra, 228Ra and 210Pb in NORM Products from Oil and Gas Exploration: Problems in Activity Underestimation Due to the Presence of Metals and Self-absorption of Photons. **Journal of Environmental Radioactivity** 125 (2013): 23-26. Web.

SZKLO, A. S.; ULLER, V. C. **Fundamentos do Refino de Petróleo: Tecnologia e Economia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

THOMAS, J. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. Editoria Interciência: Rio de Janeiro, 2004.

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A RECICLAGEM DE NAVIOS NO SUL DA ÁSIA, FRENTE A DISPONIBILIDADE DE INSTALAÇÕES REGULAMENTADAS PELA NORMA EUROPEIA

Guilherme Ramos¹, Newton Pereira²

¹ Universidade Federal Fluminense - UFF, RJ, gcpramos@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense - UFF, RJ, newtonpereira@id.uff.br

RESUMO

A indústria brasileira de petróleo e gás enfrenta uma fase de mudanças, com a entrada em operação de novas unidades de produção e o descomissionamento de plataformas antigas. A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) reporta a existência de Programas de Descomissionamento de Instalações (PDI), com previsão de investimentos significativos até 2026. O trabalho aborda um comparativo em 2022 de navios destinados para reciclagem em praias no sul da Ásia, frente a possibilidade de atendimento destas unidades em instalações aprovadas e reconhecidas pelo regulamento europeu, considerando fatores econômicos, ambientais, técnicos e de segurança. Com a chegada do fim da vida dos navios, com o ciclo de vida de 25 a 30 anos, os armadores buscam a venda de seus navios através da maior oferta de compra, conforme explicado por Hsuan e Parisi (2020).

Segundo a NGO Shipbreaking Platform¹ (NGO) – a indústria naval depende de países em desenvolvimento, para que seja possível reciclagem dos navios em final de vida útil, porém existem sérios problemas associados ao descarte realizado através de processos realizados nestes países, especialmente no sul da Ásia. Navios do tipo FPSO² e FSO³, são geralmente derivados de grandes navios petroleiros tipo VLCC⁴, que foram adaptados em plataformas de operação e produção. A escolha pelo local de reciclagem dos navios é influenciada, não somente pelas características da embarcação, mas também pelas condições e restrições dos estaleiros (NGO, 2018)

Para os próximos cinco anos, a PETROBRAS espera retirar de operação no mínimo 26 unidades de produção (NGO, 2023). Desta forma pode-se verificar uma crescente demanda de unidades que precisam de uma correta destinação, em termos de segurança para as pessoas e o meio

¹ NGO Shipbreaking Platform – Disponível em: <https://shipbreakingplatform.org/>. Acesso em: 30 de ago 2023.

² FPSO – Acrônimo das palavras em idioma inglês *Floating, producing, storage and offloading*.

³ FSO – Acrônimo das palavras em idioma inglês *Floating, storage and offloading*.

⁴ VLCC – Acrônimo das palavras em idioma inglês *Very Large Crude Carrier*

ambiente. Segundo O 'Campo e Pereira (2019) a limitação de recebimento de navios por parte da União Europeia e os problemas ambientais e de segurança para o trabalho nos estaleiros do sul da Ásia, favorece o desenvolvimento de novos mercados para reciclagem no Brasil e no mundo. Com o setor de petróleo e gás passando por uma desaceleração desde 2014, a NGO documentou um número crescente de unidades offshore vendidas para reciclagem. Mais de 200 estruturas flutuantes de petróleo e gás foram documentadas pela NGO como descartadas globalmente desde 2015 – cerca de 40% desses ativos acabaram nas praias do sul da Ásia, onde foram desmontadas em condições que causam danos irreparáveis ao ambiente costeiro e colocam em risco a vida, a saúde e a segurança dos trabalhadores. Mercúrio e contaminação radioativa são uma preocupação particular nas chamadas unidades flutuantes de produção e armazenamento (NGO, 2021).

A Convenção de Hong Kong⁵ e o regulamento EN-1257/2013⁶ têm abordagens distintas para a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente na desmontagem de navios. Enquanto a Convenção de Hong Kong estabelece princípios gerais e é global em sua abrangência, o regulamento EN-1257/2013 é uma norma específica da UE com requisitos detalhados para assegurar a conformidade dentro do bloco europeu. Além da combinação de métodos, outro fator importante é a capacidade técnica produtiva destas instalações, pois existe uma limitação física e regulamentada por alguns países, considerando limites máximos de LDT⁷ reciclados anualmente.

Conforme dados informados pela NGO⁸, ao longo do ano de 2022, foram desmontados um total de 443 embarcações ao redor do mundo, sendo 292 delas executadas nos países da Índia, Paquistão e Bangladesh, no sul da Ásia, onde as práticas de desmontagem dos navios permite o método de *beaching*⁹. O peso total de deslocamento leve, informado pela organização¹⁰, compreende um total de 2.921.616 toneladas métricas, distribuídas em 352 embarcações de

⁵ Convenção de Hong Kong – Disponível em: < <https://leap.unep.org/sites/default/files/treaty/TRE-155445.pdf>> Acesso em 29 de ago 2023.

⁶ EN-1257/2013- Regulamento (UE) n. ° 1257/2013 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de novembro de 2013 , relativo à reciclagem de navios e que altera o Regulamento (CE) n. ° 1013/2006 e a Diretiva 2009/16/CE Texto relevante para efeitos do EEE. Disponível em: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex:32013R1257>> . Acesso em 29 de ago 2023

⁷ LDT - Acrônimo das palavras em idioma inglês *Lightship displacement tonnage*, que representa o peso leve do navio.

⁸ Dados publicados pela NGO Shipbreaking Platform. Disponível em: <https://shipbreakingplatform.org/wp-content/uploads/2023/01/2022-List-of-all-ships-dismantled-all-over-the-world.xlsx>. Acessado em 20 de ago 2023.

⁹ *Beaching* - é o processo no qual um navio é colocado em um lodaçal de maré. A embarcação encalha deliberadamente durante a maré alta e as operações de desmanche geralmente ocorrem durante a maré baixa, quando a embarcação não está submersa no mar. Disponível em: <https://shipbreakingplatform.org/our-work/glossary/>. Acessado em 29 de ago 2023.

¹⁰ Nota do autor: Foram desconsiderados 91 navios, que não possuíam a informação do peso de deslocamento leve para o cálculo do peso total informado neste trabalho.

classificações variadas. Para o presente trabalho, foram identificadas 37 embarcações do tipo FPSO, FSO e Petroleiros, para verificar o total de toneladas desmontadas em 2022, totalizando 769.923 toneladas métricas, o que representam 26,4% do peso total processado.

A decisão pela reciclagem destas embarcações em instalações de reciclagem de navios aprovados pelo regulamento europeu, resultaria em um forte gargalo para atendimento destas embarcações, através das restrições dimensionais destas instalações. Através dos dados fornecidos pela listagem de estaleiros da união europeia (EUR-LEX¹¹, 2022), foi possível a identificação de 22 instalações capazes de receber os navios com dimensões acima de 240m de comprimento. Conforme a redação do regulamento europeu¹²:

- (a) O volume anual de reciclagem de navios obtido num estaleiro de reciclagem é dado pela soma do peso, expresso em LDT, dos navios que foram reciclados nesse estaleiro num determinado ano. O volume anual máximo de reciclagem de navios é determinado selecionando o valor mais alto atingido no anterior período de 10 anos para cada estaleiro de reciclagem ou, no caso de um estaleiro de reciclagem recentemente autorizado, o valor anual mais alto atingido nesse estaleiro; ou
- (b) em 31 de dezembro de 2018.

Portanto, é possível estimar a capacidade de atendimento destes estaleiros em atendimento ao que foi executado nas instalações do sul da Ásia e confrontar a possibilidade ou não de realizar esta reciclagem em estaleiros aprovados pelo regulamento. A Tabela 1 apresenta a distribuição de estaleiros capazes, através da limitação do comprimento dos navios.

TABELA 1 – Instalações de reciclagem aprovadas capazes de receber navios acima de 240 m

Instalações de Reciclagem Aprovados EN-1257/2013	Comprimento Max (m)	Quantidade de navios possíveis	Capacidade máxima LDT (ton)	Capacidade informada LDT (ton)
2	<240	9	70500	26500
1	<250	21	40000	20000
1	<265	23	50000	34000
1	<290	32	75000	31000
7	>300	37	885000	231480
10	Sem limite	37	885000	540121

Fonte: Dados (Eur-Lex, 2023) adaptados pelo autor.

Um dos argumentos que os armadores de navios de grande porte utilizam para justificar a reciclagem em países do sul da Ásia, como única opção para a reciclagem de seus navios, remete ao fato das instalações capazes de conduzir uma reciclagem responsável não são grandes o suficiente e, portanto, só podem receber navios de pequeno e médio porte (NGO, 2018).

O trabalho pretende demonstrar estratificar estas instalações e verificar a possibilidade ou não

¹¹ EUR-Lex - é o portal online para as leis da União Europeia. Está disponível em todas as 24 línguas oficiais da EU. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>. Acesso em: 30 de ago 2023

¹² Artigo N° 32 do Regulamento Europeu EN-1257/2013. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex:32013R1257>. Acesso em: 30 de ago 2023.

de atendimento desta demanda, sem a necessidade de recorrer aos países do sul da Ásia para a reciclagem destas embarcações, com base nos valores de capacidade informado pelas instalações.

PALAVRAS-CHAVES

Descomissionamento; Reciclagem; Offshore

TEMA

Descomissionamento de Instalações Industriais

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Newton Narciso Pereira pelo incentivo ao desenvolvimento de pesquisas voltadas para o mercado de reciclagem no Brasil.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS –ANP. **Painel Dinâmico de Descomissionamento de Instalações de Exploração e Produção**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-sobre-exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/painel-dinamico-de-descomissionamento-de-instalacoes-de-exploracao-e-producao>>. Acesso em 19 de mai 2023.

EUR-Lex - é o portal online para as leis da Uniao Europeia. Está disponível em todas as 24 línguas oficiais da EU. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>>. Acesso em: 30 de ago 2023

HSUAN, Juliana; PARISI, Cristiana. Mapping the supply chain of ship recycling. **Marine Policy**, Amsterdam, v. 118, p. 103979, ago. 2020.

NGO Shipbreaking Platform, 2023 <<https://shipbreakingplatform.org/>>. Acesso em 1 jul. 2023.

NGO Shipbreaking Platform, 2018/2019. Impact report 2018/2019 - NGO Shipbreaking Platform. Disponível em: <<https://shipbreakingplatform.org/wp-content/uploads/2020/06/NGOSBP-Bi-Annual-Report-18-19.pdf>>. Acesso em 1 jul. 2023.

NGO - Annual list of ships scraped worldwide – 2022 <<https://shipbreakingplatform.org/wp-content/uploads/2023/01/2022-List-of-all-ships-dismantled-all-over-the-world.xlsx>>. Acesso em 1 jul. 2023.

OCAMPO, Euler Sánchez; PEREIRA, Newton Narciso. Can ship recycling be a sustainable activity practiced in Brazil? **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 224, jul. 2019.

DESCOMISSONAMENTO DE PLATAFORMAS *OFFSHORE*: ESTUDO DE CASO DE UMA FPSO NA BACIA DE CAMPOS

Guilherme Mansano¹, Vinícius Salustino², Alessandra Duailibe³

¹ MODEC, São Paulo, Guilherme.mansano@modec.com

² Shell, Rio de Janeiro, v.salustino@shell.com

³ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, alessandra_duailibe@id.uff.br

RESUMO

A indústria *offshore* de O&G enfrenta a perspectiva de descomissionar milhares de instalações nas próximas décadas. Cerca de 60 plataformas poderão ser descomissionadas até 2029 (Mackenzie, 2020). As projeções para o crescimento das atividades neste setor são otimistas, de acordo com o Painel Dinâmico da ANP o mercado de descomissionamento no Brasil é promissor e deve movimentar cerca de R\$ 50 bilhões até 2026 (ANP, 2021).

Com este cenário, desenvolveu-se o trabalho, a estrutura estabelecida deu-se com a definição dos objetivos e escopo do projeto, estabelecendo quais principais preocupações acerca do descomissionamento. Revisão literária para reunir dados sobre os desafios dos projetos de descomissionamento em diferentes países e no Brasil. Como plano de fundo, utilizou-se o estudo de caso, uma metodologia prática para descomissionamento de uma unidade do tipo FPSO que são plataformas de produção, armazenamento e descarga, em fase de fim de vida útil na Bacia de Campos, no território de exploração brasileiro. Para confecção do estudo de caso, foram analisados webinars, cases, estudos e relatórios da indústria de O&G, bem como as práticas adotadas em PDIs já emitidos e aprovados pela ANP, como das FPSOs P-32 e Capixaba, que embasam a descrição da plataforma e os procedimentos da execução do descomissionamento, a fim de dar uma visão operacional de um projeto de descomissionamento de uma plataforma do tipo FPSO, associando a aplicação prática desse processo às considerações teóricas e normativas. Para a visão regulatória desse estudo de caso, foram utilizadas como referências as regulamentações brasileiras. No âmbito global, as regulamentações do petróleo do Reino Unido e Noruega, Convenção de Hong Kong e Convenção da Basiléia, além de referências da IMO e de outras autoridades regulamentadoras.

Apesar da produção *offshore* brasileira ter tido início em 1968, em Guaricema no Sergipe (ORTIZ NETO e COSTA, 2007), os primeiros projetos de descomissionamento *offshore* só criavam forma em torno de 2012. Ainda assim, as cadeias produtivas locais ainda não possuem a estrutura para suprir esses projetos da forma adequada, ou seja, a tecnologia dedicada e as

capacitações que habilitam o exercício das atividades de descomissionamento nacionais ainda são limitadas, porém com ampla margem de crescimento nos próximos anos (DELGADO *et al.*, 2021).

Na indústria internacional de Petróleo e Gás, a definição de “descomissionamento” (ou “decom”) não é padronizada e vários países e convenções adotam termos diferentes como “abandono”, “descarte” e “remoção” para descrever essas atividades, porém, que não caracterizam totalmente o processo, sendo todos esses termos apenas partes que integram o programa de descomissionamento (FAM, 2018). O descomissionamento dessas plataformas é o marco principal do fim do ciclo de vida útil das instalações produtoras de petróleo e gás. Este ciclo, corresponde desde a exploração do campo até a saída da unidade da locação, passando por toda fase produtiva e operacional da plataforma, é caracterizado por um grande investimento inicial, seguido de todo o faturamento proveniente da produção. Ao passo em que o campo se torna economicamente inviável de operar, o que ocorre em cerca de 20 a 25 anos (DELGADO *et al.*, 2021).

Durante o descomissionamento da unidade, os custos são expressivos e, devido ao fato da plataforma já não estar mais em fase produtiva, o fluxo de caixa operacional durante esse estágio é quase inteiramente negativo. O Brasil possui 54 plataformas offshore de produção de óleo e gás com mais de 25 anos de existência (ANP, 2022). Portanto, tendo em vista que essas unidades possuem vida útil média de 20 a 30 anos, elas são condicionadas, podendo ser passíveis de descomissionamento.

Anualmente, a ANP recebe das operadoras o Programa Anual de Trabalho (PAT), que inclui a estimativa de custos para potenciais projetos de descomissionamento. Até o final de 2022, de acordo com os dados enviados, estima-se que deverá ser investido mais de R\$ 51 bilhões, somente no período de 2022 até 2026, em projetos de descomissionamento de sistemas de produção. Em sua totalidade, se estipula a necessidade de realizar o descomissionamento de 9820 poços produtores em ambientes *onshore* e *offshore* (ANP, 2022).

Principais atividades que envolvem os custos futuros em descomissionamento no território nacional no período de 2022 até 2026 (ANP, 2021):

- Abandono Permanente de Poços;
- Arrasamento de Poço;
- Recuperação Ambiental;
- Desmobilização da Unidade Estacionária de Produção (UEP);
- Remoção de Instalações Associadas às Unidades de Produção Terrestre;

- Remoção dos Demais Equipamentos do Sistema Submarino.
- Remoção de Linhas;

Quando tratamos de aspectos ambientais, os impactos dessa prática de descomissionamento permanecem desconhecidos. As operações de descomissionamento *offshore* podem dispersar contaminantes no mar devido ao rompimento de estruturas, limpeza de instalações e equipamentos, disposição de resíduos, consumo de combustível ou degradação e corrosão de plataformas e equipamentos. Operadores e reguladores atualmente usam uma variedade de abordagens para avaliar os riscos, benefícios e compensações das opções de descomissionamento (FOWLER *et al.*, 2014). A partir disso surgem algumas soluções ambientais para a destinação desse gigante de aço. Alguns exemplos: execução do programa *Rigs to Reef*, ou Plataformas para Recife — consiste na prática de converter plataformas offshore de petróleo em recifes artificiais; execução de projetos de energia eólica offshore — utiliza-se a plataforma como estrutura da unidade. No Brasil, um dos desafios ambientais enfrentados no descomissionamento é em relação à ameaça do bioinvasor coral-sol, que são bioinvasores do gênero *Tubastraea*. Atualmente existem duas espécies em território marítimo brasileiro: *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis*. O coral-sol representa uma ameaça ao funcionamento do ecossistema a partir do momento que se estabelece e expande para novas áreas no Brasil. As plataformas e outras estruturas associadas à exploração de petróleo são apontadas como os principais vetores de introdução dessas espécies invasoras (LAGES *et al.*, 2011). Estudos têm mostrado que esse bioinvasor alterou as comunidades bentônicas das costas rochosas da região da Ilha Grande do Rio de Janeiro e dos recifes de corais da Bahia, reduzindo a abundância de macroalgas (MIRANDA *et al.*, 2016).

Em termos regulatórios, um marco importante do descomissionamento no Brasil foi o decreto da Resolução nº 817/2020 (ANP, 2020), a fim de regulamentar o descomissionamento de ativos *offshore* perante os principais órgãos reguladores, sendo eles a ANP, o IBAMA, e a Marinha do Brasil. Outro tópico importante dessa resolução é o estabelecimento do Programa de Descomissionamento de Instalações (PDI), que consiste majoritariamente em um documento que descreve a estratégia a ser adotada pela operadora para o descomissionamento de um ativo. A partir dessa resolução, os projetos de descomissionamento passam também a ter obrigações referentes a prazos e boas práticas de segurança e meio ambiente, além da ampliação da capacitação técnica da indústria no Brasil em relação ao tema.

O trabalho se propõe a apresentar o estudo de caso de um descomissionamento de uma Unidade Estacionária de Produção (UEP) do tipo FPSO em um campo *offshore* da Bacia de Campos, no Brasil, e as principais atividades realizadas para a desmobilização da plataforma até

o seu destino, normalmente um estaleiro especializado em desmontagem de navios para sucata.

Para o estudo foram levantadas todas as características técnicas da FPSO, por exemplo, capacidade, equipamentos da planta de processamento, tanques de armazenamento presentes, quantidades de dutos a que está conectada, dentre outros. O sistema de ancoragem também foi identificado, permitindo assim toda a elaboração de um planejamento de atividades de desmobilização e um cronograma executivo atendendo às regulamentações e melhores práticas de execução, mantendo os prazos detalhados pela ANP.

Dentre as principais atividades necessárias para a desmobilização desse tipo de plataforma, estão a desconexão dos dutos flexíveis de produção, limpeza e condicionamento da planta de processos, limpeza e condicionamento dos tanques de armazenamento de carga, desancoragem e preparação para o reboque da Unidade. Dentre outros prazos, foram estimados os seguintes após a parada de produção definitiva da plataforma:

- 10 dias para a desconexão (*pull-out*) de cada duto submarino, sequencialmente;
- 4 dias para a desconexão de cada linha de ancoragem, sequencialmente;
- 21 dias para a limpeza de cada tanque de armazenamento de óleo;
- 45 dias para a limpeza e isolamento da planta de processos.

Pôde-se verificar que o caminho crítico da execução é a desconexão dos *risers*, seguido da desancoragem, a qual deve ser a última atividade executada, uma vez que após ela, a plataforma deve seguir imediatamente para o reboque oceânico e saída do campo. As demais atividades, como a limpeza da planta de processos e dos tanques de armazenamento, e outras atividades, são realizadas em paralelo às desconexões e com duração menor, possibilitando uma maior flexibilidade operacional. Após o reboque oceânico do FPSO, a operadora ainda deverá realizar o descomissionamento dos sistemas submarinos, como *manifolds* e equipamentos de completação, além dos trechos de tubulação, bem como o tamponamento e abandono dos poços.

Por fim, conclui-se com esse trabalho que as atividades apresentadas são extremamente importantes para garantir que o descomissionamento atinja o objetivo, na medida do possível, de retornar o campo à sua condição antes do comissionamento, da forma mais sustentável possível.

Sugestões para Resultados/Conclusões

Ex.:1

As opções de remoção parcial tiveram melhores resultados ambientais do que a

remoção completa de plataformas. As principais considerações para esta escolha foram o aumento da biodiversidade, o fornecimento de habitat de recife e a proteção contra a pesca de arrasto de fundo, todos os quais são afetados negativamente pela remoção completa.

Ex.:2

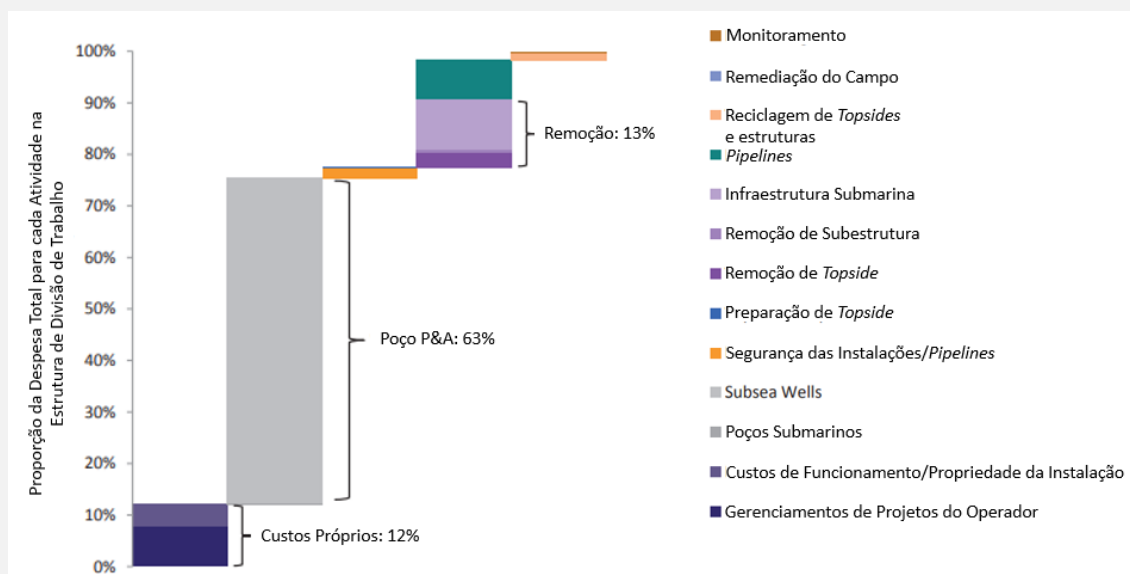
Estimativas de custo de um descomissionamento tendo como base o FPSO Shelley

Atividades de Descomissionamento do FPSO	Custo (US\$ milhões)
Remoção das instalações submarinas	US\$ 12.4
Remoção do FPSO	US\$ 12.7
Tamponamento e abandono de poços (P&A)	US\$ 23.9
Pesquisas pós desativação	US\$ 0.8
Total	US\$ 49.8

Fonte: Premier Oil, 2012.

Ex.:3

Proporção de Despesa Total para cada Atividade no descomissionamento



Fonte: OIL & GAS UK, 2016.

PALAVRAS-CHAVES

Descomissionamento; FPSO; *Offshore*

TEMA

Comissionamento e Descomissionamento de Instalações Industriais;

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP), 2020. **Resolução N° 817, de 24 de abril de 2020.**

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP), 2021. **Resolução N° 854, de 29 de setembro de 2021.**

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP), **Painel Dinâmico - Descomissionamento de Instalações de Exploração e Produção.** Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjFIMWl0MDgtNWw5NiNCOOTZILWI3NGQ0tOGM3MjQwODhjMTMwliwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>. Acesso em: 25 de novembro de 2022.

CARRETEIRO, R. **Reciclagem de Navios. 4º Workshop sobre Descomissionamento de plataformas e desmantelamento de navios** - SOBENA, 2020.

DELGADO, Fernanda; MOURA, Raphael; FRANÇA, Mariana. **Descomissionamento offshore no Brasil.** 2021.

FAM, Mei Ling et al. **A review of offshore decommissioning regulations in five countries – Strengths and weaknesses.** Ocean engineering, v. 160, p. 244-263, 2018.

FOWLER, A.M., Jørgensen, A., M., Svendsen, J.C., Macreadie, P.I., Jones, D.O.B., Boon, A.R. 2018. Environmental benefits of leaving offshore infrastructure in the ocean. Front. Ecol. Environ. 16 (10), 571–578

LAGES, BG., FLEURY, B.G., REZENDE, C.M. PINTO, A.C., CREED, J.C. 2012. **Proximity to competitors changes secondary metabolites of non-indigenous cup corals, *Tubastraea ssp.*, in the southwest Atlantic.** Marine Biology, 159(7), p. 1551-1559.

MIRANDA, R.J., CRUZ, I.C., BARROS, F. 2016. **Effects of the alien coral *Tubastrea tagusensis* on native coral assemblages in a southwestern Atlantic coral reef.** Marine Biology, 163(3), 1-12.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Convenção de Basiléia.** 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/convencao-de-basileia> Acesso em: 23 de jul. de 2022.

ORTIZ NETO, José Benedito; COSTA, Armando João Dalla. **A Petrobras e a exploração de petróleo offshore no Brasil: um approach evolucionário.** Revista Brasileira de Economia, v. 61, p. 95-109, 2007.

WOOD MACKENZIE. 2020. **“Brazil offshore decommissioning scenario in the 2020s”.** Verisk business, Trusted Intelligence.

WOOD MACKENZIE. 2021. **“Global decommissioning anxiety rises”.** Verisk business.

ESTIMATIVA DE FAMÍLIAS DE MATERIAIS COM POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DURANTE A RECICLAGEM DA FLOATING, PRODUCTION, STORAGE AND OFFLOADING - FPSO P32

Guilherme Ribeiro¹, Newton Pereira²

¹ Mestrado Profissional em Montagem Industrial - UFF & Radix, RJ, gcribeiro@id.uff.br

² Mestrado Profissional em Montagem Industrial - UFF, RJ, newtonpereira@id.uff.br

RESUMO

O descomissionamento de unidades de Exploração e Produção no setor de Óleo e Gás já é uma realidade no Brasil, uma vez que parte desta demanda se encontra em execução. Contudo, é um mercado ainda incipiente no país, tendo grandes desafios no que concerne a descomissionamento de projetos de maior complexidade localizados em águas profundas. Que é agravado pelo desafio regulatório, uma vez que o descomissionamento em projetos complexos ainda se encontra em processo inicial (BORGES, 2018).

Com isso, notam-se algumas lacunas durante este processo, como por exemplo a destinação final de equipamentos de uma Unidade Flutuante de Produção, Armazenamento e Transferência descomissionada, e o potencial de reuso que estes materiais podem ter em seu fim de vida, trazendo à tona um mercado muito utilizado em outras indústrias, porém pouco explorado no setor de Óleo & Gás brasileiro: o mercado de reciclagem, reuso e remanufatura. No fim de sua vida útil, os navios ainda possuem um considerável valor de mercado, uma vez que todo o aço, equipamentos e materiais podem ser reciclados, ou vendidos para futura reutilização. Esse valor pode, muitas vezes, representar 10% ou mais do valor da construção nova (MIKELIS, 2019).

Com isto, é gerada uma atenção mundial para as condições ambientais e de segurança inerentes ao tema, onde têm-se discutido sobre as boas práticas na reciclagem de navios. Reciclar de forma ecologicamente correta é um grande desafio enfrentado por armadores, estaleiros de desmantelamento de navios, bem como pelo governo e agências em todo o mundo (DU et al., 2018).

Além disso, nota-se que dentro do processo de descomissionamento existe um grande potencial de desenvolvimento de um novo mercado de reciclagem, logística reversa, bem como o mercado de remanufatura, pois este não envolve produção real de novos produtos, exigindo pouca matéria-prima, energia e outros insumos de produção, reduzindo o impacto ambiental da

1º Congresso de Montagem Industrial

produção (WAHAB et al., 2018). Portanto, se projeta um rápido aquecimento deste setor para os próximos anos, onde se faz necessário a discussão acerca dos critérios de descarte e reutilização dos equipamentos em fim de vida.

Devidamente tratada, a reciclagem de navios exerce um importante papel na indústria, trazendo benefícios como o máximo reaproveitamento de materiais, ou o reprocessamento do aço para um novo material inserido na indústria (SUNARYO; PAHALATUA, 2015). Por isso, dependendo das características do equipamento, demanda de mercado, dentre outros fatores, o reuso e a remanufatura também podem ser consideradas como solução para a reciclagem de materiais descomissionados.

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi estimar o quantitativo de materiais com potencial de reuso dos materiais a serem descomissionados durante o processo de reciclagem da FPSO P-32. Com base no Programa de Descomissionamento de Instalações Marítimas (PDI) da P-32, os materiais foram segregados em famílias, para que se pudesse identificar as alternativas de destinação. Para esta finalidade, após análise para detalhar cada grupo de equipamentos e materiais contidos na unidade, foi realizado o estudo do potencial de reutilização, de acordo com a função de cada equipamento, sendo assim um pontapé inicial na promoção de soluções para o descarte sustentável de embarcações.

Deste modo, através de um mapeamento de diversos materiais com potencial de reaproveitamento, se buscou um melhor entendimento no que tange a destinação final dos diferentes materiais e resíduos de embarcações em descomissionamento.

Para alcançar os objetivos apresentados, o projeto de pesquisa constitui-se em uma abordagem qualitativa. Todavia, este trabalho também abrange dados quantitativos, podendo este trabalho ser também classificado como uma abordagem quali-quantitativa. Classificando de forma mais detalhada, na perspectiva de objetivo, este trabalho se apresenta de forma exploratório-descritiva. Quanto ao procedimento, trata-se de uma pesquisa documental, baseado em materiais públicos acerca de unidades a serem descomissionadas em território nacional (FERNANDES et al., 2018).

A coleta de dados deste trabalho documental se dá através do PDI da plataforma P-32, onde se encontra o inventário de todos os materiais da unidade a serem descomissionados. O inventário, objeto desta pesquisa, se apresenta de forma descentralizada, no qual os dados contidos no

inventário foram filtrados, catalogados e analisados, de acordo com cada sistema apresentado.

Foi realizado então o tratamento dos dados, de forma a viabilizar o estudo de forma estruturada. Dessa maneira, o inventário dos materiais da unidade foi separado, segundo sua utilização, ou seja, o inventário dos materiais descomissionados foi separado entre equipamentos subsea (equipamentos submersos), hull (casco/estrutura da embarcação), topside (módulos da superestrutura), e resíduos (ou rejeitos), estudados para que pudesse se avaliar de acordo com cada equipamento, seu potencial de reutilização e/ ou descarte.

Além disso, devido à falta de algumas informações no PDI, se fez necessária uma coleta de informações adicionais, através de datasheets de equipamentos similares aos da P-32, e através da comparação com os equipamentos do projeto de um FPSO em construção atualmente, onde a empresa “A” cedeu uma planilha com os equipamentos utilizados nesta nova unidade de E&P.

Os resultados da análise dos materiais descomissionados da P-32 se basearam no desenvolvimento de conceitos para o melhor destino dos materiais em fim de vida: reuso, remanufatura e reciclagem. A estimativa de peso correspondente a cada componente também é apresentada a partir do PDI e documentos adicionais. Portanto, estes equipamentos e materiais foram classificados em cada um dos três sistemas principais a serem descomissionados, obtendo os seguintes resultados:

- O Sistema Subsea, composto pelos risers e pela ancoragem, apresenta um peso estimado de 2.124 toneladas de materiais reutilizáveis. Este material foi classificado com baixo potencial de reuso, e sua possível destinação é a venda como sucata para a reciclagem em fornos siderúrgicos;
- Sistema Topside, definido a partir de nove famílias de equipamentos, foi estimado em cerca de 1.174 toneladas de materiais potencialmente reutilizáveis, onde as famílias de HVAC e Combate a Incêndio foram classificadas com alto potencial de reuso, sendo consideradas de fácil aceitação, alta demanda e tecnologicamente viável para a reutilização em vários setores da indústria. Já as famílias dos Compressores, Motores, Bombas, Salvatagem (além do guindaste), foram classificados com médio potencial de reuso, pois, apesar de aceitos na indústria, possuem maior complexidade de elementos e funções mais específicas, necessitando também de um estudo de logística e viabilidade econômica, podendo ser destinadas para reutilização no mesmo setor. Por

1º Congresso de Montagem Industrial

fim, foram classificados com baixo potencial de reuso as famílias dos Geradores, Miscelânea e Baterias, por terem baixa demanda de mercado, alta complexidade e de funções bastante restritas, inviabilizando sua reutilização. Neste caso a destinação destes materiais será o descarte como sucata ferrosa;

- Os Resíduos e Rejeitos também foram classificados com alto potencial de reuso, dado que podem passar por processo de re-refino, retornando com suas propriedades iniciais. Com exceção dos efluentes, como água de limpeza de dutos e água de caldeira, considerados com baixo potencial de reuso, serão tratados e descartados na natureza.

Como conclusão foi possível estimar os equipamentos possíveis de serem destinados conforme as suas características, em termos de reuso ou descarte, totalizando cerca de 3.298 toneladas. Em suma, esta pesquisa resultou numa visão mais ampla do ponto de vista do reuso e reciclagem, possibilitando oportunidades para trabalhos futuros, como por exemplo um estudo específico para cada equipamento, aprofundando sobre suas especificidades, condições de integridade durante a vida.

PALAVRAS-CHAVES

Descomissionamento; Reciclagem; FPSO; Óleo & Gás; Reutilização; Inventário.

TEMA

Comissionamento e Descomissionamento de Instalações Industriais.

REFERÊNCIAS

BORGES, Priscilla Rangel. Análise quantitativa e qualitativa do descomissionamento do sistema submarino de um campo petrolífero. Dissertação Mestrado em Engenharia Oceânica, UFRJ/COPPE, 2018.

DU, Zunfeng et al. Hazardous materials analysis and disposal procedures during ship recycling. Resources, Conservation and Recycling, v. 131, p. 158-171, 2018.

FERNANDES, Alice Munz et al. Metodologia de pesquisa de dissertações sobre inovação: Análise bibliométrica. Desafio online, v. 6, n. 1, 2018.

MIKELIS, Nikos. Ship recycling. In: Sustainable Shipping. Springer, Cham, 2019. p. 203-248.

SUNARYO, S; PAHALATUA, D. Green ship recycle yard design. Journal of Naval Architecture and Marine Engineering, v. 12, n. 1, p. 15-20, 2015.

WAHAB, D. A. et al. A review on the applicability of remanufacturing in extending the life cycle of marine or offshore components and structures. Ocean Engineering, v. 169, p. 125-133, 2018.

Tema 2: Sustentabilidade

- (1) PROPOSTA DE INTENSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE SEPARAÇÃO BTX VIA RECOMPRESSÃO DE VAPOR.**
FERNANDA FIGUEIREDO (UFF), DIEGO PRATA (UFF)
- (2) PROPOSTA DE INTENSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO REATIVA PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA VIA RECOMPRESSÃO DE VAPOR.**
RENAN BATISTA (UFF), DIEGO PRATA (UFF)
- (3) AVALIAÇÃO DE ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA PIRÓLISE DE PLÁSTICOS.**
JOÃO V. MOTA (UFF), ALESSANDRA DUALIBE (UFF), BEATRIZ FRIAS (UFF)
- (4) PROPOSTA DE INTENSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE SEPARAÇÃO DE ACETONA E N-HEPTANO VIA RECOMPRESSÃO DE VAPOR.**
GEORGIA PALUDO (UFF), JOÃO P. CATHARINA (UFF), DIEGO PRATA (UFF)

PROPOSTA DE INTENSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE SEPARAÇÃO BTX VIA RECOMPRESSÃO DE VAPOR

Fernanda Figueiredo¹, Diego Prata²

¹ Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro, fe_figueiredo@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro, pratadiego@id.uff.br

RESUMO

A procura por tecnologia que tornem os processos industriais mais limpos e que garantam sua competitividade no cenário econômico tem crescido vertiginosamente. Nesse interim, este trabalho possui como principal objetivo avaliar três propostas distintas de intensificação de processo via recompressão de vapor (VRC), visando reduzir a demanda energética na separação da mistura ternária, BTX (Benzeno-Tolueno-o-Xileno). Os resultados mostraram uma redução significativa no consumo energético total do processo, para os três cenários avaliados, de modo que a melhor configuração apresentou uma redução de 70,33% revelando possíveis ganhos econômicos e de sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A destilação é a principal tecnologia empregada nos processos de separação da indústria química (KAZEMI et al., 2016). Contudo, o elevado consumo energético dessa operação unitária ainda é um entrave que pode ser responsável por mais de 50% do custo operacional da planta (LONG & LEE, 2014). Dessa forma, o desenvolvimento de processos alternativos que resultem em ganhos econômicos, em qualidade e com menores impactos ambientais (ou seja, ecoeficientes) estão em alinhamento aos princípios de sustentabilidade e têm ganhado mais notoriedade no cenário atual (SAHRAEI et al., 2013).

Nesse contexto, apesar das múltiplas estratégias de intensificação aplicáveis às mais diversas etapas da indústria química e petroquímica (destilação extrativa, destilação reativa, destilação com parede dividida, recompressão de vapor, dentre outras), ainda são poucas as contribuições científicas que dão destaque ao aprimoramento da segregação do benzeno, produto com alta demanda e valor no cenário mundial (KIM, 2016), visando sua posterior reutilização. Assim, o presente trabalho tem como foco a intensificação via recompressão de vapor do processo convencional para separação de uma mistura ternária composta por Benzeno-Tolueno-o-Xileno, proposto por Ling & Luyben (2009), a fim de obter resultados que permitam o desenvolvimento sustentável e econômico, mantendo a capacidade e qualidade da

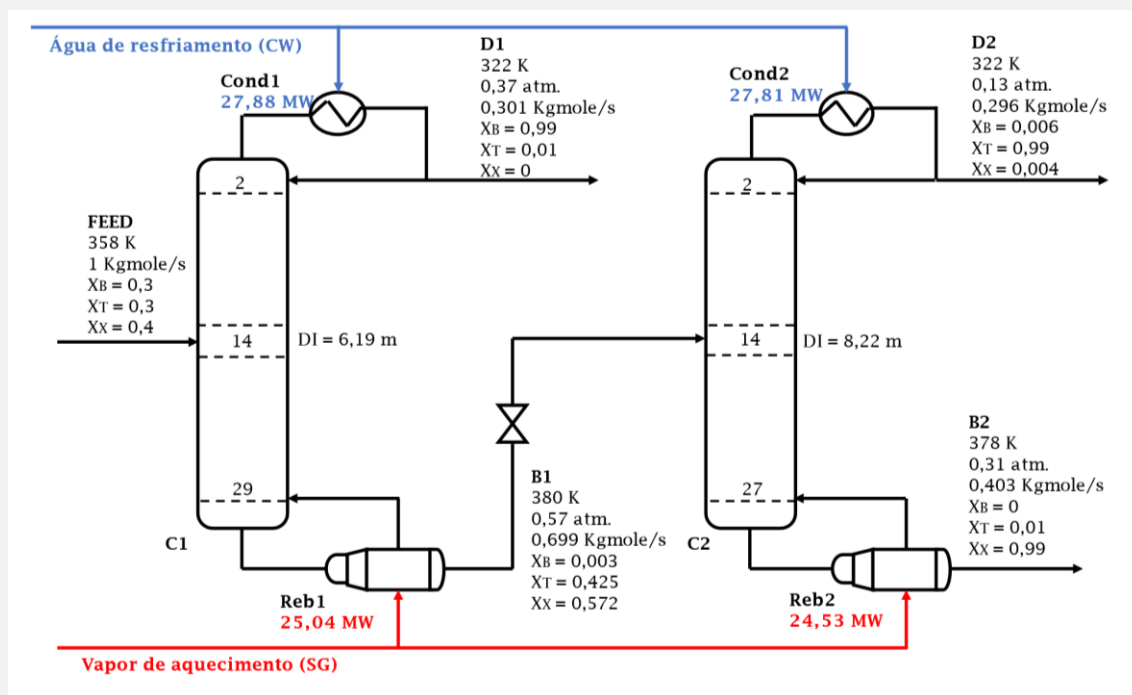
operação.

METODOLOGIA

Para simular a planta BTX utilizou-se o software UNISIM® R460, em condições de estado estacionário. No artigo base, o pacote termodinâmico empregado foi o Chao-Seader, no entanto, objetivando uma maior compatibilidade entre os dados e menores desvios optou-se pelo modelo de Peng Robinson (aplicável para hidrocarbonetos à baixas pressões).

Como proposto por Ling & Luyben (2009), o processo de separação conta com uma alimentação (Feed) de 1 kmol/s contendo 30% de benzeno (X_b), 30% de tolueno (X_T) e 40% de o-xileno (X_x) que adentra a primeira coluna, resultando em uma corrente de topo (D1) rica em benzeno (espécie mais volátil) e uma corrente de fundo (B1) composta, majoritariamente, por tolueno e o-xileno. Por conseguinte, B1 é alimentada na segunda coluna, proporcionando um destilado (D2) rico em tolueno e um produto de fundo (B2) rico em o-xileno. A Figura 1 apresenta, com mais detalhes, o processo convencional.

Figura 1: Fluxograma do processo convencional de separação do BTX.

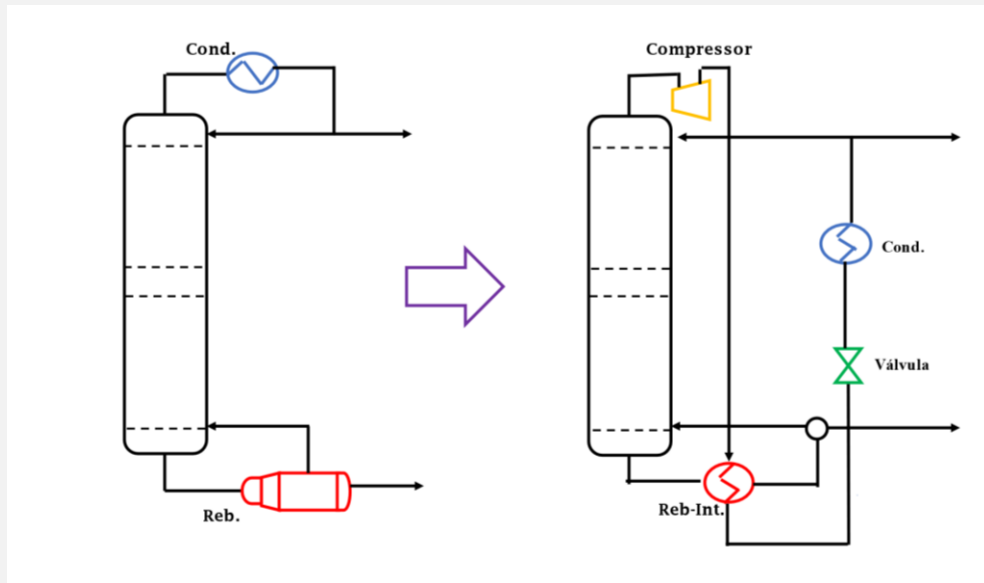


Fonte: Adaptado de Luyben & Ling (2009)

Com o objetivo de aumentar a eficiência energética do processo, efetuou-se a recompressão de vapor. Essa técnica consiste em aproveitar o calor perdido no condensador da coluna, melhorando sua qualidade a partir da adição de um compressor, proporcionando assim um vapor de alta temperatura capaz de trocar calor com uma corrente de fundo (KAZEMI et al., 2016). Desse modo, a energia da corrente de topo pode suprir parcialmente ou totalmente a

demanda energética do refeedor, possibilitando uma redução nos custos de utilidades. A Figura 2 retrata o esboço da aplicação da VRC à uma coluna de destilação.

Figura 2: Fluxograma da recompressão aplicada à uma coluna de destilação



Fonte: Kazemi et al. (2016)

Ademais, a escolha da VRC como técnica de intensificação na planta em estudo é justificada pela análise do coeficiente de desempenho de uma bomba de calor (COP), dado pela equação 1:

$$COP = \frac{1}{\eta_{Carnot}} = \frac{T_c}{T_r - T_c} \quad (1)$$

na qual, η_{Carnot} é a eficiência do ciclo de Carnot e T_c e T_r são, respectivamente, as temperaturas do condensador e do reboiler (em Kelvin). Para a recompressão ser uma alternativa vantajosa o valor do COP deverá ser maior que 5 (PLESU et al., 2014).

Por fim, simulou-se a planta de utilidade de cada um dos processos estudados, a fim de estimar de forma mais precisa os gastos energéticos. Isto inclui a demanda de energia sensível necessária para elevar a temperatura da corrente de água pressurizada para a pressão da classe de vapor correspondente, gerado na caldeira e com posterior utilização nos refeedores. Com base nas temperaturas de fundo 380 K e 378 K (Fig.1) é necessário vapor de baixa pressão (308 kPa e 408 K), mantendo o approach mínimo superior à 10 K.

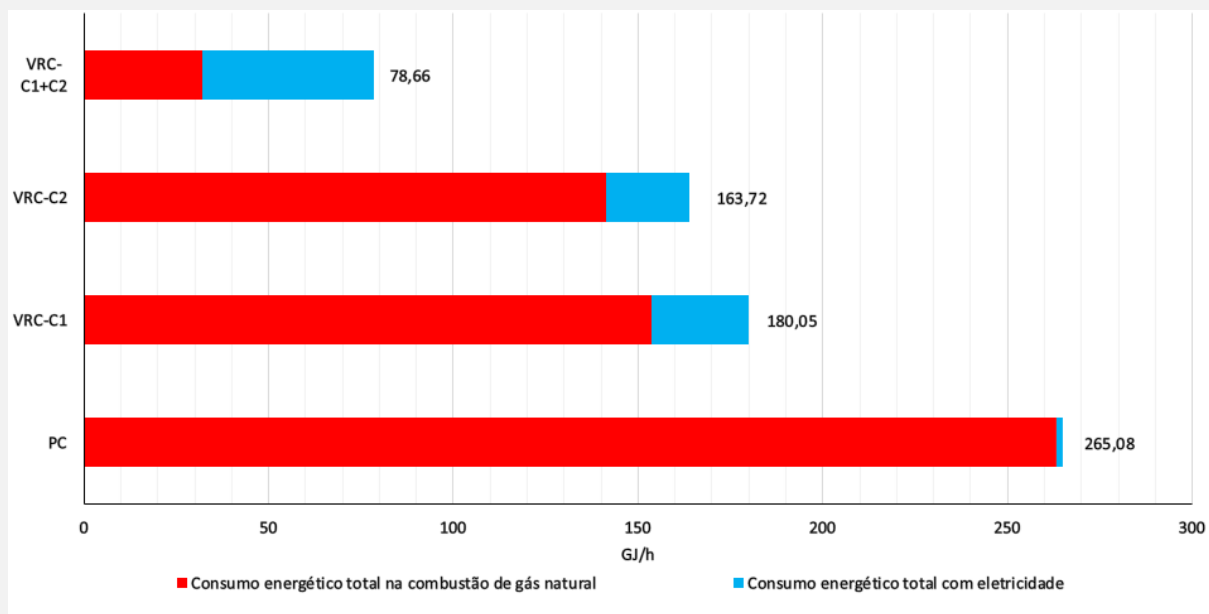
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do exposto obteve-se nas simulações realizadas desvios pouco significativos nas composições, temperaturas e pressões das correntes, considerando os valores e a ordem de

grandeza expressa no artigo. Outrossim, divergências de até aproximadamente 9% foram encontradas para energias no condensador e refeedor da planta convencional, na qual uma possível causa estaria relacionada a utilização de *software* distintos (artigo base faz uso do ASPEN PLUS®).

Na avaliação do COP obteve-se para ambas as colunas valores acima de 5 (primeira = 5,95 e segunda = 6,10). Assim, realizou-se, durante as simulações, três recompressões de vapor distintas, sendo elas: integração de D1 com o reboiler da primeira coluna (RCV-C1), integração de D2 com o reboiler da segunda coluna (RCV-C2) e as duas integrações combinadas (RCV-C1+C2). Para a realização da avaliação energética considerou-se, tanto nas plantas simuladas quanto nas de utilidades. A caldeira opera a gás natural, com eficiência de 80% (SMITH et al., 2016). Tanto compressores quanto bombas operam por eletricidade, com eficiência de 75% (TURTON et al., 2018). A Figura 3 apresenta as demandas energéticas do processo convencional e dos processos intensificados.

Figura 3: Gráfico referente ao consumo energético



Fonte: Autoria própria.

Observa-se, na Figura 3, que ocorreu uma redução da energia advinda da queima do gás natural nos processos com a RCV em relação ao processo convencional (PC), uma vez que a energia cedida pelo topo da coluna foi capaz de satisfazer a demanda dos refeedores intensificados, reduzindo a produção de vapor de baixa pressão na caldeira. Em contrapartida, há um aumento da energia elétrica requerida nos processos intensificados, em virtude da adesão de um (ou dois para o caso RCV-C1+C2) compressor(es).

Entretanto, considerando o consumo total de energia, observa-se que a recompressão

permitiu uma diminuição na demanda energética de 32,08% para RCV-C1, 38,24% para RCV-C2 e 70,33% para RCV-C1+C2, respectivamente. Para ratificar os ganhos econômicos obtidos deve-se mensurar o gasto com a aquisição do(s) compressor(es), assim como o custo local das utilidades de processo. No cenário ecológico, a depender da matriz energética local, certos ganhos de sustentabilidade podem ser alcançados, mitigando a emissão de CO₂, uma vez que as emissões indiretas (por eletricidade) são proporcionalmente menores àquelas oriundas por combustão de gás natural.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado um estudo que busca averiguar as vantagens energéticas da aplicação da recompressão de vapor no processo convencional de separação BTX, em três diferentes configurações: RCV-C1, RCV-C2 e RCV-C1+C2.

Os resultados mostraram que os três casos apresentaram uma redução na energia advinda da combustão do gás natural e um aumento na demanda por eletricidade, quando comparadas ao processo convencional. Em relação ao consumo total de energia, a configuração RCV-C1+C2 apresentou o melhor resultado com redução energética de 70,33%, mostrando possíveis ganhos financeiros e ambientais. Com isso, uma proposta para trabalhos futuros seria efetuar uma análise técnico-econômica das configurações propostas, a fim de ratificar sua competitividade e alinhamento sustentável, além de avaliar a possibilidade para a adesão de outras técnicas de intensificação e/ou integração energética.

PALAVRAS-CHAVES

BTX; Integração energética; Simulação computacional.

TEMA

Ferramentas de Projeto Aplicadas à Montagem Industrial.

AGRADECIMENTOS

Esse estudo foi financiado projeto PIBIC/CNPq/UFF 141272/2022-8.

REFERÊNCIAS

KAZEMI, A., HOSSEINI, M., MEHRABANI-ZEINABAD, A., FAIZI, V. Evaluation of Different Vapor Recompression Distillation Configurations Based on Energy Requirements and Associated Costs. *Applied Thermal Engineering*, v. 94, p. 305–313, 2016.

1º Congresso de Montagem Industrial

- KIM, Y. Energy saving of benzene separation process for environmentally friendly gasoline using an extended DWC (divided wall column). *Energy*, v. 100, p. 58-65, 2016.
- LING, H., LUYBEN, W. L. New Control Structure for Divided-Wall Columns. *Industrial Engineering and Chemistry Research*, v.48, p. 6034-6049, 2009.
- LONG, N., LEE, M., Review of Retrofitting Distillation Columns Using Thermally Coupled Distillation Sequences and Dividing Wall Columns to Improve Energy Efficiency. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, v. 47, p. 87-108, 2014.
- PLESU, V., RUIZ, A., BONET, J., LLORENS, J. Simple Equation for Suitability of Heat Pump use in Distillation. *Computer Aided Chemical Engineering*, v. 33, p. 1327-1332, 2014.
- SAHRAEI, M. H., FARHADI, F., BOOZARJOMEHRY, R. B. Analysis and interaction of exergy, environmental and economic in multi-objective optimization of BTX process based on evolutionary algorithm. *Energy*, v. 59, p. 147-156, 2013.
- SMITH, R. *Chemical process: design and integration*. West Sussex, England: John Wiley & Sons, 2016.
- TURTON, R., BAILIE, R., WHITING, W. B., SHAEIWITZ, J. A., BHATTACHARYYA, D., *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes (4ª ed.)*, Prentice Hall (2018).

PROPOSTA DE INTENSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO REATIVA PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA VIA RECOMPRESSÃO DE VAPOR

Renan Batista¹, Diego Prata²

¹ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, renanptb@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, pratadiego@id.uff.br

RESUMO

No presente trabalho é proposta uma segunda estratégia de intensificação ao processo de destilação reativa para produção de acetato de butila e metanol baseada na configuração de recompressão de vapor, via simulação computacional. Para obtenção de resultados mais realísticos relacionados ao consumo de água e energia, foi considerada uma planta de utilidades. A nova proposta apresentou reduções de 13,8% e 17,0% nos consumos de água e de energia, respectivamente. A avaliação econômica no custo de aquisição do compressor deve ser realizada, considerando a redução de 13,4 % nos custos operacionais com utilidades.

INTRODUÇÃO

O acetato de butila (BuAc) possui uma extensa aplicação industrial, apresentando grande importância nas indústrias de revestimentos e tintas a partir de sua atuação na melhoria das propriedades fluidas desses materiais (HARVIANTO et al., 2017). No atual contexto de busca por processos eficientes e econômicos na síntese do BuAc, a transesterificação do acetato de metila (MeAc) com butanol (BuOH) desponta como uma alternativa promissora.

Nesse sentido, Wang et al. (2011) propuseram a combinação do processo de destilação reativa com uma coluna de metanol (MeOH) para otimizar a eficiência do sistema. Posteriormente, Harvianto et al. (2017) desenvolveram uma configuração híbrida com uma unidade de pervaporação. Em ambos os trabalhos, ressalta-se o interesse da intensificação de processos pela estratégia de destilação reativa (DR), devido a sua capacidade de aumentar a conversão da reação ao remover o produto e simplificar a separação ao reagir com azeótropos (WANG et al., 2011).

A estratégia de intensificação baseada na recompressão de vapor (RV) tem demonstrado interesse da indústria por sua eficiência na redução de custos operacionais, mesmo com o aumento no custo de capital, com a vantagem de ser aplicada a processos já existentes sem a remoção das colunas em operação (NASCIMENTO et al., 2023).

Assim, o presente trabalho avaliará os resultados da RV neste sistema.

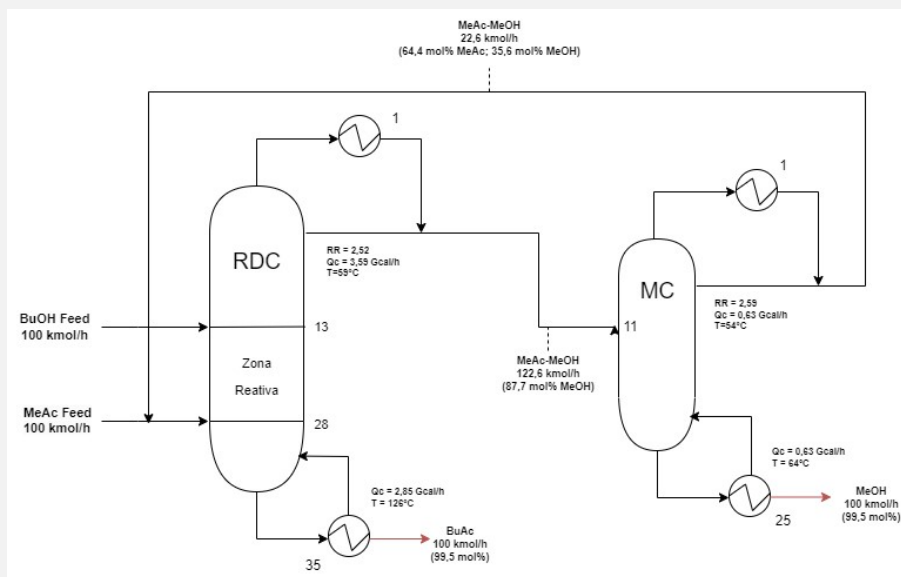
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Descrição do Processo de Destilação Reativa

No processo descrito por Harvianto et al. (2017), o sistema Fig.1 (sem pervaporação) é composto por uma coluna de destilação reativa (RDC) seguido de uma coluna de metanol (MC). Os reagentes, BuOH e MeAc, são alimentados na RDC nos estágios de número 13 e 28, respectivamente, definindo as extremidades superior e inferior da seção reativa da coluna, onde ocorre a reação de transesterificação do MeAc e do BuOH, resultando nos produtos BuAc e MeOH.

O BuAc é coletado na parte inferior da coluna RDC com fração molar de 99,5%. O MeAc não reagido e o subproduto MeOH são retirados como destilado e direcionados para a seção retificadora da coluna de metanol, na qual ocorre a separação do MeOH a partir da mistura MeOH-MeAc. Nas condições operacionais, o destilado da coluna de metanol configura uma mistura azeotrópica de MeOH-MeAc, que é recirculada à coluna RDC, no estágio de número 11, garantindo uma eficiente recuperação do MeAc não reagido, além de manter o processo em funcionamento contínuo. Já na corrente de fundo da coluna MC, retira-se MeOH purificado com fração molar de 99,5%, além de 0,5% molar de MeAc residual.

Figura 1 - Processo de Destilação Reativa.



Fonte: Harvianto *et al.*, (2017)

Recompressão de vapor

A RV visa otimizar a eficiência energética das colunas de destilação, transferindo calor da corrente de produto de topo para a corrente de produto de fundo da coluna, resultando em uma significativa redução das demandas energéticas (água de resfriamento no topo e vapor de aquecimento no fundo). A configuração é alcançada ao elevar a pressão da corrente de topo utilizando um compressor (elétrico), resultando no aumento de sua temperatura. Em seguida, a corrente de vapor é direcionada para um trocador de calor, onde ocorre a transferência térmica com a corrente de produto de fundo da mesma coluna ou de uma coluna adjacente. Após esse processo de troca térmica como fluido quente, a corrente de vapor é submetida a uma expansão controlada através de uma válvula, o que causa seu resfriamento, e então é direcionada para o topo da coluna de destilação (KAZEMI et al., 2018).

Planta de Utilidades

Serviços essenciais para a operação de plantas industriais como eletricidade, gás combustível, água de resfriamento e vapor são fornecidos através das plantas de utilidades. Sua simulação permite uma análise precisa do desempenho do sistema, otimizando o uso de recursos e identificando oportunidades de melhoria. Para obter resultados mais realistas quanto ao consumo de água e energia, foi adotada a simulação da planta de utilidades conforme o sistema proposto por Turton et al. (2018) e simulado por Caxiano et al. (2020).

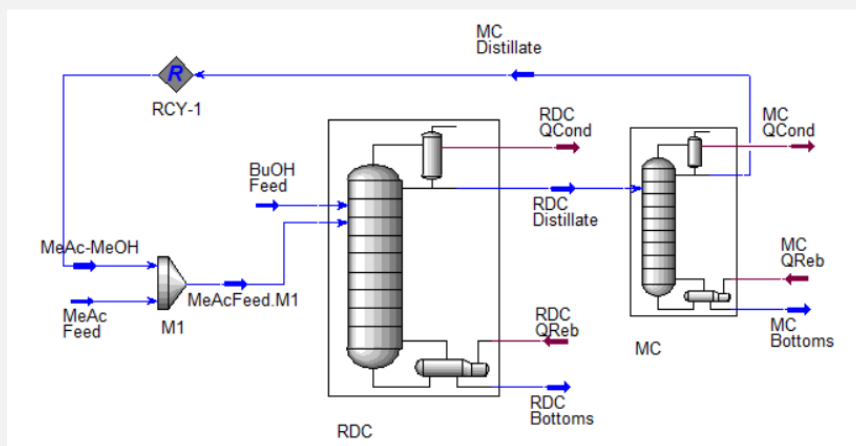
METODOLOGIA

A simulação da planta de destilação reativa para produção de acetato de butila e da planta de utilidades foi realizada no *software* UNISIM® R460, de acordo com as especificações detalhadas por Harvianto et al. (2017) e Caxiano et al. (2020), respectivamente, utilizando o modelo termodinâmico UNIQUAC. A partir dos resultados da simulação do processo, obtêm-se os valores das correntes de massa e de energia, sendo estas últimas inseridas na planta de utilidades, gerando resultados mais realísticos para os consumos de água e energia.

RESULTADOS

A Fig.2 representa o fluxograma do processo de produção de BuAc via DR no UNISIM®,

Figura 2 – Fluxograma da produção de BuAc por Transesterificação via DR.



A validação dos resultados encontrados no UNISIM® se encontra apresentada nas Tabelas 2 e 3, para as principais correntes e equipamentos do processo.

Tabela 2 – Resultados da Simulação.

Corrente	T (°C)	Vazão (kmol/h)	Composição Molar (%)				
			MeAc	BuOH	MeOH	BuAc	
BuOH Feed	Especificada	118	100	0	1	0	0
MeAcFeed	Especificada	55	100	1	0	0	0
RDC Distillate	Unisim	59,27	122,6	0,1228	0,0000	0,8772	0,0000
	Harvianto (2017)	59	122,6	0,1230	0,0000	0,8770	0,0000
	Desvio	0,28%	0,00%	0,17%	0,00%	0,02%	0,00%
RDC Bottoms	Unisim	126,01	100	2,0000E-06	4,9975E-03	0	0,9950
	Harvianto (2017)	126	100	0,0000	5,0000E-03	0	0,9950
	Desvio	0,01%	0,00%	-	0,05%	0	0,00%
MC Distillate	Unisim	53,22	22,6	0,6440	0,0000	0,3560	0,0000
	Harvianto (2017)	54	22,6	0,6440	0,0000	0,3560	0,0000
	Desvio	1,44%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MC Bottoms	Unisim	64,21	100	0,0050	0,0000	0,9950	0,0000
	Harvianto (2017)	64	100	0,0050	0,0000	0,9950	0,0000
	Desvio	0,32%	0,00%	0,10%	0,00%	0,0004%	0,00%

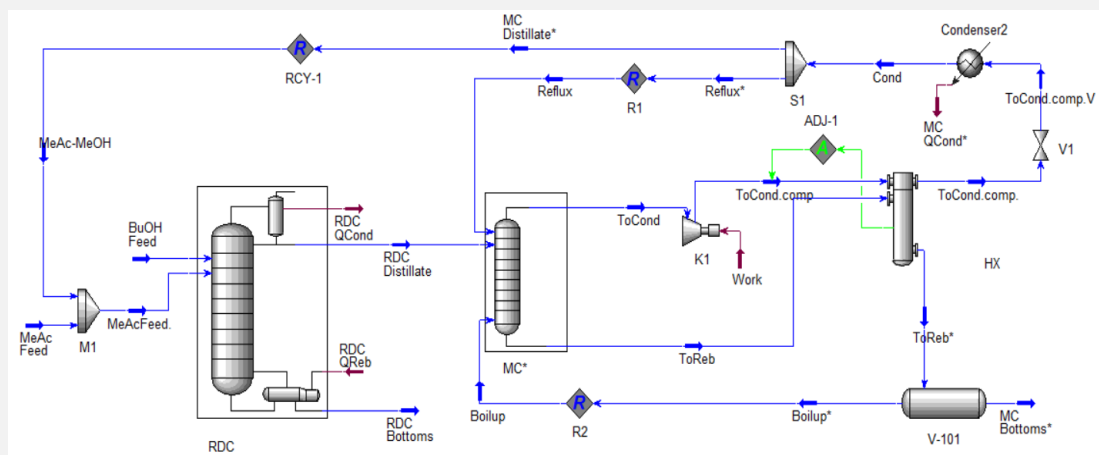
Tabela 3 – Resultados da Simulação – Demanda Energética.

Equipamentos	Correntes	Energia (Gcal/h)	Desvio
Condensador de RDC	RDC Unisim	3,62	0,80%
	RDC QCond Harvianto (2017)	3,59	
Refrervador de RDC	RDC Unisim	2,86	0,38%
	RDC QReb Harvianto (2017)	2,85	
Condensador de MC	MC Unisim	0,63	0,02%
	MC QCond Harvianto (2017)	0,63	
Refrervador de MC	MC Unisim	0,64	1,57%
	MC QReb Harvianto (2017)	0,63	

Observam-se, nas Tabelas 2 e 3, que todos os desvios são inferiores a 2%, validando a simulação base para estudos de novas estratégias.

A Fig.3 representa o fluxograma do processo de produção de BuAc via DR e RV no UNISIM®.

Figura 3 – Fluxograma da produção de BuAc por Transesterificação via DR e RV.



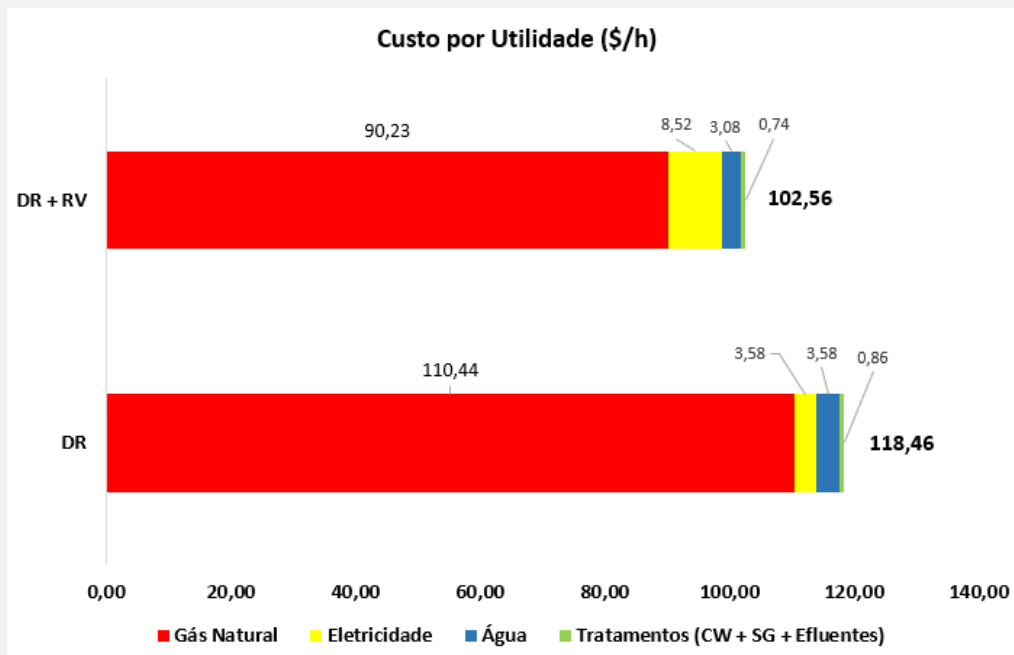
Observa-se, na Tabela 5, a redução de todos os parâmetros analisados, com exceção do consumo de eletricidade para a RV. Ainda assim, foi verificada uma redução no consumo total de energia de 17,0%, bem como 13,8% no consumo de água, demonstrando a eficiência da RV.

Tabela 5 – Comparação dos processos.

Process	DR	DR + RV	Resultado
Calor latente (GJ/h)	18,32	14,96	-18,3%
Calor sensível (GJ/h)	3,77	3,08	-18,3%
Eletricidade (GJ/h)	0,19	0,45	137,7%
Consumo total de energia (GJ/h)	22,28	18,50	-17,0%
Demanda de condensadores (GJ/h)	4,25	3,67	-13,5%
Perdas no processo de refrigeração (m3/h)	2,82	2,44	-13,5%
Perdas de arraste e evaporação (m3/h)	8,37	7,23	-13,6%
Blowdown da torre de refrigeração (m3/h)	8,12	7,02	-13,5%
Perdas - Cooling water	19,31	16,69	-13,6%
Blowdown do boiler	0,21	0,17	-19,0%
Perdas no tratamento de vapor	8,99E-03	7,34E-03	-18,4%
Perdas no processo de aquecimento	0,68	0,55	-19,1%
Perda de água na geração de vapor	0,90	0,73	-19,1%
Consumo total de água	20,21	17,42	-13,8%

A Figura 5 apresenta a comparação de custos por utilidade para ambas as configurações.

Figura 5 – Comparação de custos com utilidades.



Nota-se que a configuração proposta com RV leva a uma redução no custo de utilidades de 15,9 \$/h, ou 13,42%, principalmente pela redução no consumo de gás natural no refeedor da coluna de MC. Isto pode representar uma mudança significativa ao longo do tempo de operação da planta, com redução não somente nos custos, mas principalmente nos impactos ambientais, em alinhamento as metas para o desenvolvimento sustentável propostas pela ONU. Cabe ressaltar que uma avaliação econômica considerando o tempo restante de operação da planta, a redução dos custos de utilidades e no custo de aquisição do compressor deve ser realizada.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposta uma segunda estratégia de intensificação por recompressão de vapor como novidade ao processo de produção de acetato de butila previamente intensificado por destilação reativa. Ambos os processos foram projetados por simulação no software UNISIM®. Uma planta de utilidades com seções de água de resfriamento e vapor de aquecimento foi considerada para a obtenção de resultados fidedignos para os consumos de água e de energia, uma vez que heurísticas reais para perdas de água, eficiência de combustão e calor sensível foram consideradas. A proposta resultou nas reduções de 13,8% e 17,0% nos

consumos de água e de energia e, conseqüentemente, de 13,4 % nos custos com utilidades. Este estudo mostra a importância da RV na intensificação de processos já existentes, mesmo aqueles já intensificados, uma vez que é executada por um arranjo externo. Uma avaliação econômica do custo de aquisição do compressor deve ser realizada.

PALAVRAS-CHAVES

Acetato de butila, Intensificação de processo, Recompressão de vapor

TEMA

Ferramentas de Projeto Aplicadas à Montagem Industrial.

REFERÊNCIAS

- CAXIANO, I. N., JUNQUEIRA, P. G., MANGILI, P. V., PRATA, D. M. Eco-efficiency analysis and intensification of the acetic acid purification. *Chem. Eng. Process.: Process Intensif.*, v. 147, 107784, 2000.
- HARVIANTO, G. R., AHMAD, F., LEE, M. A hybrid reactive distillation process with high selectivity pervaporation for butyl acetate production via transesterification. *Journal of Membrane Science*, v. 543, p. 49-57, 2017.
- KAZEMI, A., MEHRABANI-ZEINABAD, A., BEHESHTI, M. Evaluation of various heat pump assisted direct, indirect, Petlyuk and side stripper sequences for three-product separations. *Chemical Engineering Science*, v. 181, p. 19-35, 2018.
- NASCIMENTO, L. G. DO, MONTEIRO, L. P. C., SIMÕES, R. C. C., PRATA, D. M. Eco-efficiency analysis and intensification of the biodiesel production process through vapor recompression strategy. *Energy*, v. 275, 112921, 2023.
- TURTON, R., BAILIE, R., WHITING, W. B., SHAEIWITZ, J. A., BHATTACHARYYA, D. *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*. 4 ed. Prentice Hall, 2018.
- WANG, S.-J., HUANG, H.-P., YU, C.-C. Design and control of a heat-integrated reactive distillation process to produce methanol and n-butyl acetate. *Ind. Eng. Chem. Res.*, v. 50, p. 1321-1329, 2011.

AVALIAÇÃO DE ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA PIRÓLISE DE PLÁSTICOS

João Vitor Mota¹
Alessandra Duailibe²
Beatriz Frias³

¹ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, joaomota@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, alessandra_duailibe@id.uff.br

³ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, beatrizgava@id.uff.br

RESUMO

É difícil imaginar hoje em dia um mundo sem plásticos, porém sua produção em grande escala atrelada à elevada demanda, somente iniciou amplamente por volta de 1950, após a Segunda Guerra Mundial (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017). O sucesso dos materiais poliméricos ocorre, em grande parte, devido às suas propriedades desejáveis, tais como baixa densidade, alta durabilidade, resistência química, facilidade de ser produzido e processado, assepsia e flexibilidade, conferindo-lhes grande versatilidade e aplicação em diversos setores, incluindo as indústrias de bens de consumo, embalagens, automobilística e de construção (BUCKNALL, 2020; GOODSHIP, 2007). Por conta dessas características, a produção global alcançou 390,7 milhões de toneladas em 2021, e com expectativa de que até 2050 esse valor ultrapasse 1 (um) bilhão de toneladas (ZABANIOTOU; VASKALIS, 2023; PLASTICSEUROPE, 2022).

Como resultado dessa ampla demanda e da economia linear de seu uso, a quantidade de resíduos gerados também vem aumentando significativamente (OLIVEIRA JÚNIOR, 2016). Entretanto, a capacidade de gerenciamento adequado desses resíduos não acompanhou esse aumento, o que levou a um grande acúmulo de resíduos plásticos no meio ambiente, gerando impactos negativos que vem chamando atenção e preocupando a sociedade (OLIVEIRA JÚNIOR, 2016; BUCKNALL, 2020). Dessa forma, novas alternativas para a disposição desses plásticos vêm sendo desenvolvidas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2016; SYAMSIRO *et al.*, 2014).

A implementação de estratégias para conter a extinção de recursos materiais e minimizar danos ao meio ambiente é fundamental para alcançar uma economia circular de plásticos, que, de maneira geral, tem como princípio manter esses materiais em seu maior valor pelo maior tempo possível dentro do ciclo produtivo (BUCKNALL, 2020). Sendo assim, vale destacar que a reciclagem é o método que está conquistando cada vez mais espaço dentre as opções, como a mais promissora para aplicar a economia circular no mercado do plástico, minimizando suas consequências indesejáveis ao meio ambiente (OLIVEIRA JÚNIOR, 2016; SPINACÉ; PAOLI, 2005). A reciclagem química por meio da pirólise vem sendo proposta como

uma solução interessante, já que é capaz de converter os resíduos plásticos nos seus monômeros originais, como combustível e produtos químicos, que apresentam potencial para utilização em processos diversos, mantendo o material inorgânico inalterado, propiciando uma economia circular (LARRAIN *et al.*, 2020; OLIVEIRA JÚNIOR, 2016; SYAMSIRO *et al.*, 2014; KOSLOSKI-OH *et al.*, 2021).

A avaliação de soluções potenciais para a transição para uma economia circular requer análises abrangentes. No que diz respeito às novas tecnologias, trata-se de abordar as suas implicações econômicas, considerando todos os custos relacionados à sua aquisição e operação, assim como as receitas de seus produtos (LARRAIN *et al.*, 2020). Embora existam muitos estudos sobre a pirólise na literatura, esta tecnologia ainda está em desenvolvimento e, atualmente, apenas poucas plantas de demonstração ou piloto estão em operação no mundo (JESWANI *et al.*, 2021). Por isso, é necessário que sejam feitos estudos de viabilidade econômica para analisar a sua lucratividade, com objetivo de contribuir para tomadas de decisões de gestores e investidores (OLIVEIRA, 2008). O presente trabalho tem como objetivo principal analisar as distintas abordagens empregadas na literatura para o estudo de viabilidade econômica de pirólise de resíduos plásticos.

Para a elaboração deste trabalho foi realizada uma busca bibliográfica na literatura, utilizando a base de dados Google Acadêmico com as palavras “pyrolysis” and “plastic” combinadas no título conduzido até junho de 2023, sendo encontrados 794 resultados. Porém ao adicionar as palavras “economic” ou “feasibility”, também no título, foram retornados somente 31 resultados, sendo apenas um desses datado de antes de 2018, indicando o aspecto atual deste assunto.

Os artigos foram avaliados e comparados entre si com relação aos seguintes parâmetros: i) etapas consideradas no estudo; ii) indicadores econômicos utilizados e iii) parâmetros da planta considerados. Em relação a metodologia, oito artigos (Larrain *et al.*, 2020, Fivga e Dimitrou, 2018, Almohamadi *et al.*, 2021, Sahu *et al.*, 2012, Lubongo *et al.*, 2022, Yadav, 2022, Zabaniotou, 2023 e Kulas, 2023) utilizaram a TEA (Avaliação tecno econômica), que contempla etapas de análise de mercado, elaboração do diagrama de fluxo de processos e balanços de massa e energia, avaliação econômica e análise de risco, sendo que apenas Larrain *et al.* (2020), Lubongo *et al.* (2022), Zabaniotou *et al.* (2023) e Kulas (2023) realizaram a etapa de análise de mercado.

Pôde-se observar, em todos os trabalhos, que as cargas utilizadas se caracterizavam principalmente por poliolefinas (PP, PE, PS, PET e PVC), que representam os principais polímeros encontrados em resíduos sólidos e os principais produtos obtidos foram combustíveis, cujo valor de mercado representou um parâmetro relevante nos cálculos econômicos realizados. Os

indicadores mais utilizados em todos os estudos foram VPL (valor presente líquido), TIR (taxa interna de retorno) e *Payback period* (período de retorno de investimento), fluxo de caixa descontado e o custo de produção, com os quais foi possível calcular o CAPEX (investimento de capital) e o OPEX (despesas operacionais) em cada caso. Além disso, foi possível verificar que embora a matéria-prima esteja sendo considerada na conta do OPEX, a maior parte dos autores não considera esse custo, já que levam em conta que serão fornecidos sem custo, o que se torna um pouco irrealista, já que ele pode ter um papel fundamental no resultado. Ainda em relação ao OPEX a mão de obra reflete uma grande parcela do resultado, principalmente por requerer uma mão de obra muitas vezes especializada, tanto que quando considerado o aumento da capacidade da planta contribui para a viabilidade econômica, esse custo fica mais diluído. Em relação ao CAPEX, pôde-se notar que a instalação de equipamentos, serviços público e capital de giro são essenciais, sendo o custo do reator, principalmente da pirólise, o que apresentou maior valor de investimento inicial, talvez por conta de especificidades do processo ou pela presença do forno de aquecimento a temperaturas elevadas, o que acaba tornando a viabilidade econômica da pirólise mais difícil.

É muito importante enfatizar que a escala na planta constitui um fator extremamente significativo, de forma que plantas com menores capacidades, como no caso de Fivga e Dimitriou (2018) e Zein *et al.* (2022) com 100 kg/h, resultaram em projetos economicamente inviáveis, assim como em Lubongo *et al.* (2022), que apenas escalas acima de 60 TPD (toneladas por dia) se apresentaram como viáveis. Outro parâmetro relevante para os estudos econômicos foi a localização geográfica das unidades uma vez que estão relacionados, por exemplo, aos custos de compra e instalação de equipamentos, mão de obra, matéria-prima.

Por fim, a maioria dos estudos se configura como economicamente viáveis, exceto aqueles com capacidades menores. Conclui-se que o estudo de viabilidade econômica é de extrema importância, visto que a busca por uma solução dos resíduos plásticos tem sido intensa. Dessa forma, é interessante que cada vez mais sejam feitas análises deste tipo de forma a gerar melhor entendimento da lucratividade e viabilidade da pirólise.

PALAVRAS-CHAVES

Plástico; pirólise; viabilidade econômica.

TEMA

Gerenciamento de Projetos e Obras de Instalações Industriais.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao apoio financeiro do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO).

REFERÊNCIAS

ALMOHAMADI, H.; ALAMOUDI, M.; AHMED, U.; SHAMSUDDIN, R.; SMITH, K. **Producing hydrocarbon fuel from the plastic waste: Techno-economic analysis.** *Korean J. Chem. Eng.*, v. 38(11), p. 2208-2216. 2021.

BUCKNALL, D. G. **Plastics as a materials system in a circular economy.** *Philosophical Transactions A* v. 378: 20190268. 2020.

FIVGA, A.; DIMITRIOU, I. **Pyrolysis of plastic waste for production of heavy fuel substitute: A techno-economic assessment.** *Energy* v.149, p. 865e874. 2018.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. **Supplementary Materials for Production, use, and fate of all plastics ever made.** *Science Advances*, v. 3, e1700782. 2017.

GOODSHIP, V. **Plastic recycling.** *Science Progress*, v. 90(4), p. 245–268. 2007.

JESWANI, H.; KRÜGER, C.; RUSS, M.; HORLACHER, M.; ANTONY, F.; HANN, S.; AZAPAGIC, A. **Life cycle environmental impacts of chemical recycling via pyrolysis of mixed plastic waste in comparison with mechanical recycling and energy recovery.** *Science of the Total Environment*, v. 769 144483. 2021.

KOSLOSKI-OH, S. C.; WOOD, Z. A.; MANJARREZ, Y.; DE LOS RIOS, J. P.; FIESER, M. E. **Catalytic methods for chemical recycling or upcycling of comercial polymers.** *Materials Horizons*, v. 8 p. 1084. 2021.

KULAS, D. G.; ZOLGHADR, A.; CHAUDHARI, U. S.; SHONNARD, D. R. **Economic and environmental analysis of plastics pyrolysis after secondary sortation of mixed plastic waste.** *Journal of Cleaner Production*, v. 384 135542. 2023.

LARRAIN, M.; VAN PASSEL, S.; THOMASSEN, G., KRESOVIC, U.; ALDERWEIRELDT, N.; MOERMAN, E.; BILLEN, P. **Economic performance of pyrolysis of mixed plastic waste: Open-loop versus closed-loop recycling.** *Journal of Cleaner Production*, v. 270 122442. 2020.

LUBONGO C.; CNGDON T.; MCWHINNIE J.; ALEXANDRIDIS P. **Economic feasibility of plastic waste conversion to fuel using pyrolysis.** *Sustainable Chemistry and Pharmacy* v. 27 100683. 2022.

OLIVEIRA JÚNIOR, D. L. **Pirólise de resíduos plásticos visando à obtenção de produtos de alto valor agregado.** *Dissertação Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS)*. 2016.

OLIVEIRA, M.H.F. **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL Fuzzy.** *Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, USP*. 2008.

PLASTICSEUROPE; FEIQUE. **Chemical Recycling in Spain: Fostering a Circular Future.** PlasticsEurope.

Annual report, 2022.

SAHU J. N.; MAHALIK K.K.; NAM H. K.; LING T. Y.; WOON T.S.; RHAMAN M. S. B. A.; MOHANTY Y. K.; JAYAKUMAR N. S.; JAMUAR S. S. **Feasibility Study for Catalytic Cracking of Waste Plastic to Produce Fuel Oil with Reference to Malaysia and Simulation using ASPEN Plus.** *Environmental Progress & Sustainable Energy*, v. 1.00, no.00. 2013.

SPINACÉ, M.A.S.; PAOLI, M.A. **A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros.** *Química Nova*, v. 28, No. 1, p. 65-72, 2005.

SYAMSIROA, M.; SAPTOADIB, H.; NORSUJANTOB, T.; NOVIASRIA, P.; CHENG, S.; ALIMUDDINC, Z.; YOSHIKAWAA, K. **Fuel Oil Production from Municipal Plastic Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors** *Energy Procedia*, v. 47 p. 180-188, 2014.

YADAV G.; SINGH A.; NICHOLSON S. R.; BECKHAM G. T. **Techno-Economic Analysis and Life Cycle Assessment for Pyrolysis of Mixed Waste Plastics.** *Bottle changing the way we recycle.* 2022.

ZABANIOTOU, A.; VASKALIS, I. **Economic Assessment of Polypropylene Waste (PP) Pyrolysis in Circular Economy and Industrial Symbiosis.** *Energies*, v. 16, p.593, 2023.

PROPOSTA DE INTENSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE SEPARAÇÃO DE ACETONA E N-HEPTANO VIA RECOMPRESSÃO DE VAPOR

Georgia Paludo¹, João Pedro Catharina², Diego Prata³

¹ UFF, RJ, e-mail, georgiachicoski@id.uff.br

² UFF, RJ, e-mail, joaobrandao@id.uff.br

³ UFF, RJ, e-mail, pratadiego@id.uff.br

RESUMO

Acetona e n-heptano são comumente encontrados em efluentes nas indústrias química e farmacêutica. Devido à tendência de formação de uma mistura azeotrópica, sua separação requer processos específicos. Frente aos impactos ambientais associados às suas atividades, a indústria química vem passando por transformações tecnológicas visando a maior ecoeficiência de seus processos. A recompressão de vapor se destaca como uma estratégia de intensificação atrativa para esta finalidade. No presente trabalho, foram propostas três configurações baseadas em recompressão de vapor aplicadas ao processo de separação da mistura acetona e n-heptano. O processo convencional e as propostas de intensificação foram projetados por simulação computacional no software UniSim Design R490. A fim de se obter resultados mais realistas, foi considerada a respectiva planta de utilidade, com os sistemas de água de resfriamento, refrigeração com R-152a e geração de vapor. Destacam-se as propostas PI2 e PI3 com reduções, respectivamente, de 39,51% e 34,43% de consumo energético.

INTRODUÇÃO

A acetona (ACT) e o n-heptano (nHEP) são amplamente utilizados como solventes e matérias-primas nas indústrias química e farmacêutica, sendo frequentemente encontrados em efluentes de processos (MARLOT; FAURE, 2017; LIU et al., 2014). A recuperação desses componentes em elevadas purezas, via destilação, é dificultada pela formação de um azeótropo em pressão atmosférica e temperatura de 65°C (MARIPURI; RATCLIFF, 1972). A destilação extrativa, na qual se insere um líquido de arraste no sistema, modificando o equilíbrio líquido-vapor e evitando a formação do azeótropo, consiste em uma das técnicas de separação mais comuns para a recuperação destas substâncias (ZHU et al., 2019; BERJE; SCHEDEMANN; GMEHLING, 2011). Contudo, a destilação envolve elevada demanda energética associada a baixa eficiência termodinâmica, representando cerca de 40% do consumo energético total da indústria (KISS; SMITH, 2020).

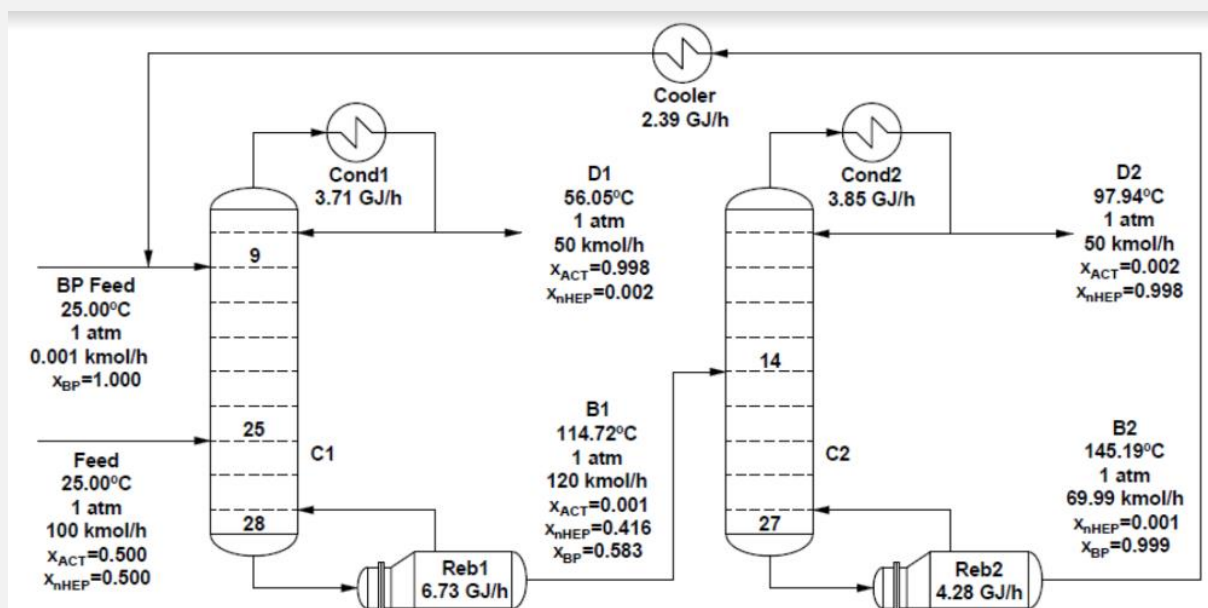
Nesse contexto, faz-se necessária a utilização de novas tecnologias as quais viabilizem maior

eficiência energética dos processos de destilação e, particularmente, do processo de separação de ACT-nHEP. Dentre as tecnologias disponíveis, a recompressão de vapor (RV) destaca-se como método de intensificação de processos capaz de reduzir total ou parcialmente a demanda energética do refeedor, ao aproveitar a energia térmica disponível na corrente de topo para aquecimento da corrente de fundo (KAZEMI; MEHRABANI-SEINABAD; BEHESTI, 2018). A estratégia de RV pode ser aplicada mediante à adição de um compressor e um trocador de calor, não sendo necessária a substituição da coluna existente, permitindo sua implementação em unidades de separação já existentes. Nesse contexto, o presente trabalho propõe a intensificação de um processo de destilação extrativa de acetona e n-heptano (KIANINIA; ABDOLI, 2021) por meio da estratégia de RV. As configurações de intensificação e o processo convencional, bem como suas respectivas plantas de utilidades, foram desenvolvidos no software UniSim Design R490.

METODOLOGIA

O processo convencional (PC) de destilação extrativa da mistura ACT-nHEP é constituído por uma coluna extrativa, na qual é recuperada acetona na corrente de topo, seguida de uma coluna de recuperação, na qual o n-heptano é recuperado no topo e o líquido de arraste, propanoato de butila, na corrente de fundo, sendo recirculado para a alimentação da coluna extrativa. O fluxograma do processo, conforme descrito por Kianinia e Abdoli (2021), é apresentado na Figura 1.

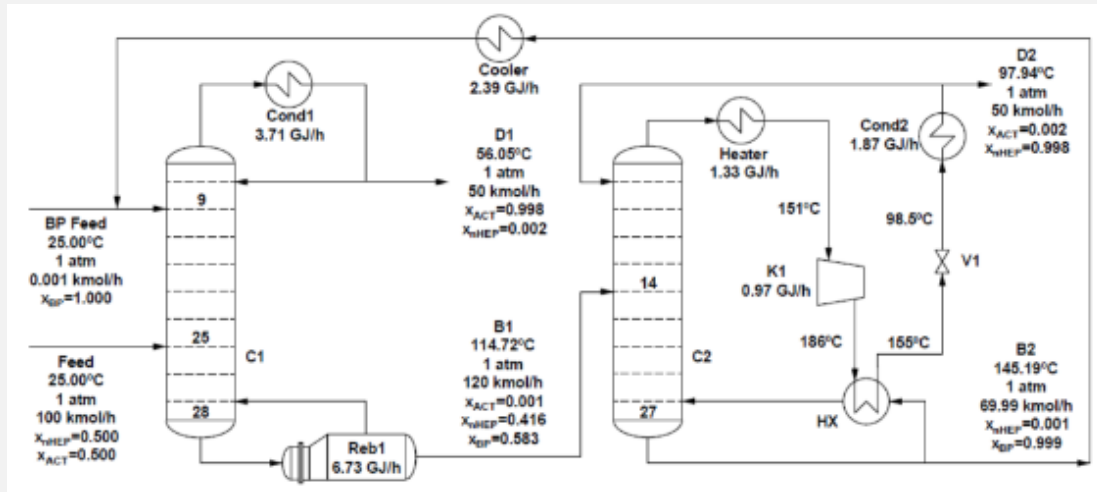
Figura 1 - Fluxograma do processo convencional (PC).



Fonte: Kianinia e Abdoli (2021).

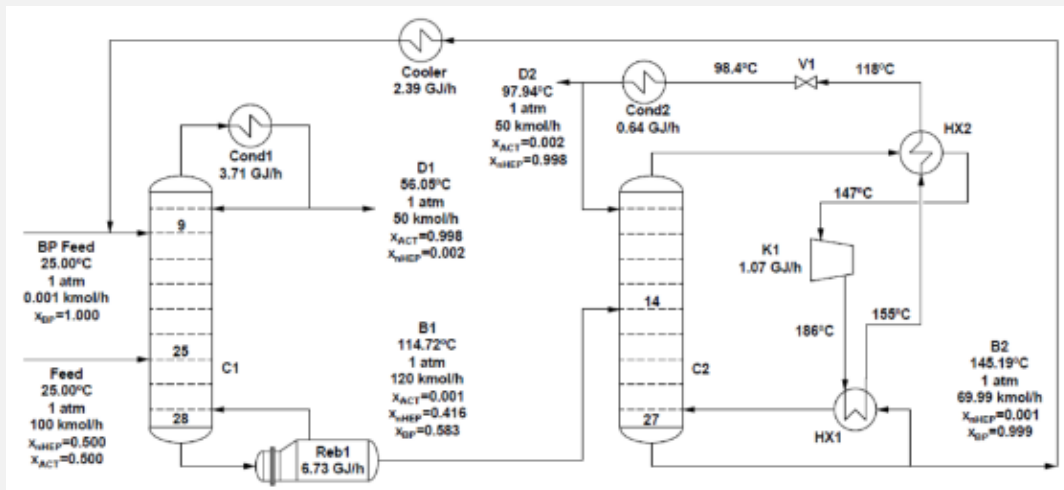
Com base no processo descrito por Kianinia e Abdoli (2021), foram propostas três configurações de intensificação, via RV. As Figuras 2, 3 e 4 apresentam os fluxogramas dos processos intensificados PI1, PI2 e PI3, respectivamente. Ressalta-se que não foram alteradas as condições das correntes de entrada e das correntes de produto, preservando as especificações do PC.

Figura 2 - Fluxograma do processo intensificado 1 (PI1).



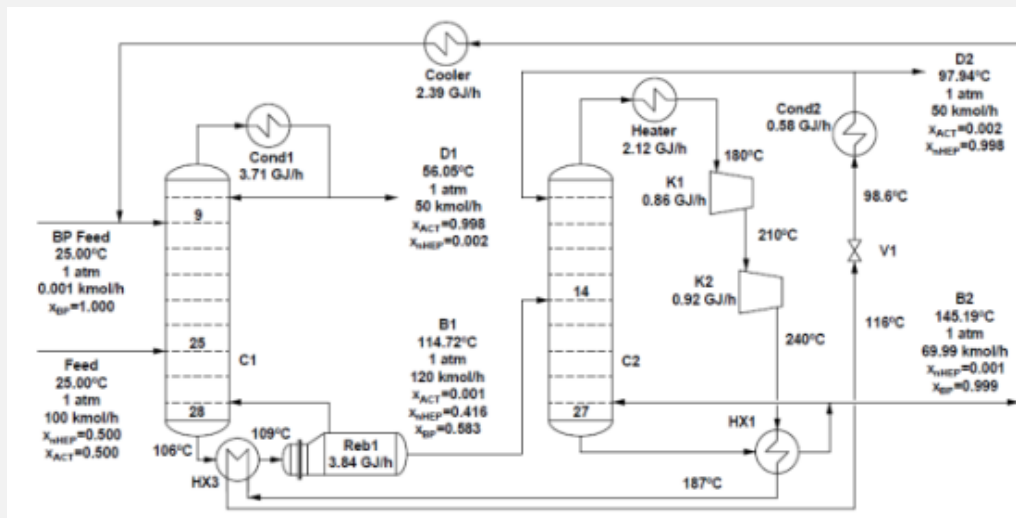
Fonte: Autoria própria.

Figura 3 - Fluxograma do processo intensificado 2 (PI2).



Fonte: Autoria própria.

Figura 4 - Fluxograma do processo intensificado 3 (PI3).



Fonte: Autoria própria.

O processo PI1 consiste na configuração de RV por meio de um único estágio de compressão, após a passagem da corrente de topo por um pré-aquecedor, o qual opera com vapor de média pressão. Em relação ao processo convencional, a PI1 demanda a adição de um aquecedor (Heater) e um trocador de calor (HX), que opera como o novo refeedor da C2, além do compressor (K1) e uma válvula. No processo PI2 há um ponto adicional de integração energética entre as correntes de processo, de forma a aproveitar o calor disponível na corrente de topo, em seu próprio pré-aquecimento, eliminando a necessidade de utilização de vapor de aquecimento como utilidade. São adicionados dois trocadores de calor (HX2 e HX1), um compressor (K1) e uma válvula. Por fim, PI3 emprega dois estágios de compressão, visando a redução de demanda energética dos refeedor das duas colunas devido a maior compressão. São adicionados ao processo dois trocadores de calor (HX3 e HX1), um aquecedor (Heater), um compressor (K1) e uma válvula. Assim, possibilitou-se realizar a integração energética total entre a corrente de topo da coluna C2 e seu próprio trocador de calor de fundo (HX1), bem como a integração parcial desta corrente com a corrente de fundo da C1, reduzindo a demanda de vapor de baixa pressão no refeedor da primeira coluna (Reb1), a partir da integração parcial no trocador de calor HX3.

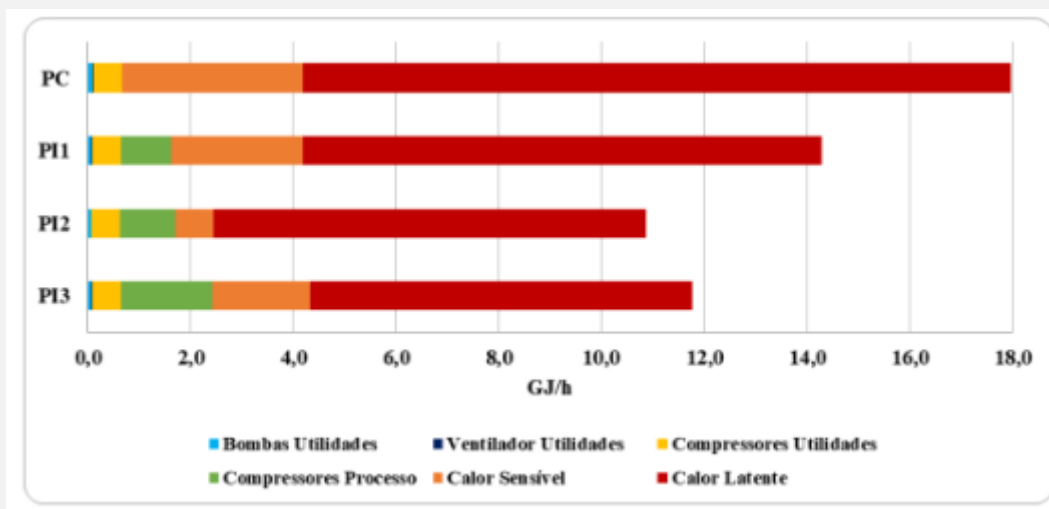
A comparação entre as configurações convencional e intensificadas foi realizada a partir da avaliação da demanda energética em planta de utilidades. Para tal finalidade, foi proposta e reproduzida em simulação computacional uma planta de utilidades dividida em seções de resfriamento (torre de resfriamento), geração de vapor (caldeira) e refrigeração (refrigerante R-152a) para cada uma das configurações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propostas de RV estudadas promoveram uma alteração do perfil de consumo energético, por meio da substituição de parcela da energia térmica consumida na caldeira por energia elétrica para a compressão das correntes de topo e seu reaproveitamento energético. Observa-se na Figura 5 que as propostas de intensificação por RV resultam no aumento do consumo de energia por eletricidade, mas, em contrapartida, reduções proporcionalmente ainda maiores no consumo de energia por combustão do gás natural são obtidas e, conseqüentemente, no consumo energético total. Destacam-se as propostas PI2 e PI3, as quais alcançam, respectivamente, reduções de 39,51% e 34,43% de consumo energético, em função na sinergia dos efeitos da RV e da integração energética. Dentre essas, a proposta PI2 apresentou o resultado mais expressivo de redução de energia nas utilidades, uma vez que a integração energética realizada em conjunto com a RV permitiu a extinção da demanda por vapor de média pressão. Como consequência, a planta de utilidades opera para geração de vapor de baixa de pressão, demandando condições mais brandas que as demais e, conseqüentemente, reduzindo a demanda energética referente às bombas e à caldeira.

Observa-se que não houve alteração da quantidade de energia consumida pelo compressor da planta de utilidades associado ao fluido refrigerante R-152a, pois a demanda energética no Cooler, único equipamento que opera com o respectivo fluido, se manteve inalterada para todos os processos.

Figura 5 – Perfil de consumo de energia por fonte.



Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÃO

A recompressão de vapor apresentou-se como uma estratégia de intensificação atrativa ao processo de separação da mistura ACT-nHEP via destilação extrativa, reduzindo significativamente o consumo energético do processo convencional, sem prejuízos à quantidade e à qualidade das correntes de produto.

PALAVRAS-CHAVES

Recompressão de vapor; destilação extrativa; economia energética

TEMA

Ferramentas de Projeto Aplicadas à Montagem Industrial

REFERÊNCIAS

- MARIPURI, Venkatachalapati O.; RATCLIFF, Gerald A. Measurement of isothermal vapor-liquid equilibriums for acetone-n-heptane mixtures using modified Gillespie still. *Journal of Chemical and Engineering Data*, v. 17, n. 3, p. 366-369, 1972.
- MARLOT, L.; FAURE, K. Preparative two dimensional separations involving liquid-liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, v. 1494, p. 1-17, 2017.
- LIU; J. L.; WANG; X. Y.; ZHANG; L. L.; FANG; M. J.; WU; Y. L.; WU; Z.; QIU; Y. K. Two-dimensional countercurrent chromatography× high performance liquid chromatography with heart-cutting and stop-and-go techniques for preparative isolation of coumarin derivatives from *Peucedanum praeruptorum* Dunn. *Journal of Chromatography A*, v. 1374, p. 156-163, 2014.
- ZHU, Z.; BAI, W.; QI, P.; DAI, Y.; WANG, Y.; CUI, P.; GAO, J. Liquid liquid equilibrium data for the separation of acetone from n-heptane using four imidazolium-based ionic liquids. *Journal of Chemical & Engineering Data*, v. 64, p. 1202-1208, 2019.
- BERJE, J.; SCHEDEMANN, A.; GMEHLING, J. Liquid densities of acetone and n-heptane and excess volumes of the binary system in a wide temperature and pressure range. *Fluid Phase Equilibria*, v. 300, p. 110-115, 2011.
- KISS, A. A.; SMITH, R. Rethinking energy use in distillation processes for a more sustainable chemical industry. *Energy*, v. 203, p. 117788, 2020.
- KAZEMI, A.; MEHRABANI-ZEINABAD, A.; BEHESHTI, M. Evaluation of various heat pump assisted direct, indirect, Petlyuk and side stripper sequences for three-product separations. *Chemical Engineering Science*, v. 181, p. 19-35, 2018.
- KIANINIA, M.; ABDOLI, S. M. The Design and Optimization of Extractive Distillation for Separating the Acetone/n-Heptane Binary Azeotrope Mixture. *ACS omega*, v. 6, p. 22447-22453, 2021.

Tema 3: Análise de falhas

(1) ESTUDO DAS TENSÕES RESIDUAIS ORIUNDAS DO FRESAMENTO FRONTAL DO ADI-CLASSE 3.

PEDRO P. R. PAULA (UFF), LUCAS BENINI (UFF)

(2) PROCEDIMENTO DE PROJETO À FADIGA DE TUBULAÇÕES INSTALADAS NO TOPSIDE DE FPOs.

BRENO DE MELLO (UFF), LEONARDO M. MATOS (UFF), ANTONIO GAMA (UFF)

(3) APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL A ESCOAMENTOS DO TIPO GOLFADA EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS.

LUIZ RIBEIRO (UFF), ROGER MOREIRA (UFF)

(4) DISCUSSÃO SOBRE MÉTODOS MODERNOS DE MONTAGEM DE JUNTAS DE FLANGE API.

FELIPE D'OLIVEIRA (UFF), ANTONIO L. GAMA (UFF)

ESTUDO DAS TENSÕES RESIDUAIS ORIUNDAS DO FRESAMENTO FRONTAL DO ADI-CLASSE 3

Pedro Paulo Rosa de Paula¹, Lucas Benini²

¹ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, pedroprp@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, lucasbenini@id.uff.br

RESUMO

A busca incessante por melhoramento contínuo de processos de usinagem e materiais com propriedades mecânicas melhoradas é uma das premissas básicas da indústria de manufatura. O perfeito conhecimento acerca do processamento da matéria prima por intermédio de ensaios não destrutivos pode anteceder falhas do material em serviço. Neste contexto o emprego do ferro fundido nodular austemperado (ADI) se apresenta como alternativa por conta da crescente utilização deste material em projetos de engenharia. O ADI atende a esta demanda da indústria moderna, contudo sua utilização ainda é pouco difundida pelo desconhecimento acerca de sua usinagem. O presente trabalho tem por objetivo estudar a relação entre a variação dos parâmetros de corte no fresamento frontal do ADI – classe 3 na geração de tensões residuais. O fresamento foi realizado sob análise fatorial de três variáveis em dois níveis. Os resultados revelaram que a variação da velocidade de corte foi o parâmetro que mais influenciou os resultados dos ensaios não destrutivos.

INTRODUÇÃO

A usinagem é um tipo de processo de fabricação amplamente difundido na indústria de manufatura e tem por finalidade conferir as peças acabadas: formato, dimensão e acabamento superficial. Sua classificação advém da utilização ou não de ferramentas de corte para remoção de cavacos da matéria prima, estas ferramentas ainda podem apresentar geometria definida ou não (Rodríguez *et al.*, 2017).

O fresamento é um tipo de processo de fabricação em que se utiliza de uma ferramenta com geometria definida, denominada fresa, e de acordo com sua disposição em relação a peça usinada é classificada como frontal e tangencial. Por conta da sua versatilidade este tipo de usinagem é aplicado aos mais diversos tipos de materiais da indústria metal mecânica (Groover, 2017).

Segundo Callister (2016) os ferros fundidos são materiais comumente utilizados na

indústria em projetos de engenharia devido às suas propriedades mecânicas, ocorre que estas podem ser melhoradas submetendo este material a tratamento térmico. O ferro fundido nodular austemperado (ADI) é obtido quando submetemos o ferro fundido nodular ao tratamento térmico de austêmpera, e sua classe é determinada de acordo com os parâmetros de temperatura e tempo empregados (Cakir *et al.*, 2005). O ADI é um material que vem ganhando notoriedade na indústria metal mecânica por conta de suas propriedades melhoradas, destacando-se a resistência à tração, fadiga, ductilidade e ao desgaste. Entretanto, seu emprego é reduzido pela escassez de informações sobre sua usinagem e caracterização através de ensaios não destrutivos capazes de mensurar tensões residuais após o processo de fresamento frontal (Wang, 2022).

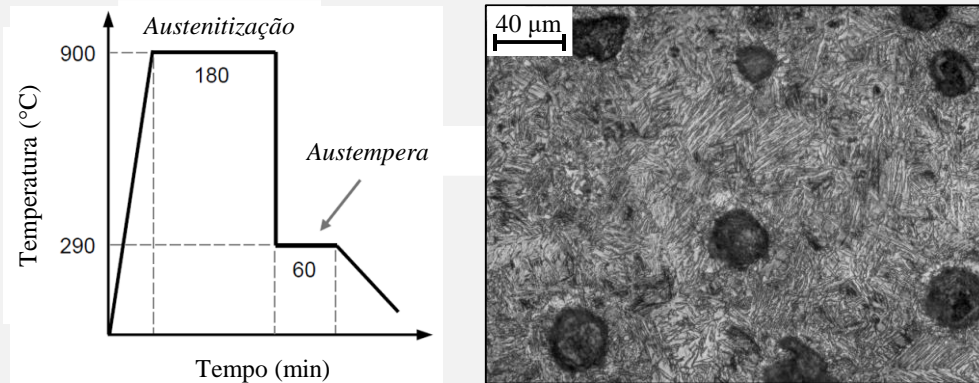
A crescente utilização deste material na indústria automotiva, agrícola, aeroespacial, construção civil e de mineração faz com que ele seja submetido a diferentes processos de usinagem. A furação foi analisada no trabalho de Barbosa (2009). Enquanto que Lacalle *et al.* (2020) verificaram o desempenho de pastilha cerâmicas no fresamento do ADI. Katuku (2022) elaborou uma pesquisa acerca do torneamento deste material. Apesar destas pesquisas apresentarem uma discussão da usinagem do ADI, há poucas informações sobre as tensões residuais geradas após o fresamento deste material. O objetivo deste trabalho é estudar a relação entre variação dos parâmetros de corte no fresamento frontal do ADI – classe 3 na geração de tensões residuais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de ADI – classe 3, obtidas por fundição contínua, e posteriormente submetidas ao tratamento térmico de austêmpera com parâmetros necessários para obtenção do ferro fundido nodular austemperado classe 3. As amostras foram fornecidas pela empresa Tupy Fundições S.A., em formato de tarugos cilíndricos, torneados na dimensão de \varnothing 90 x 250 mm. A Figura 1 demonstra o ciclo de austêmpera realizado no material, a micrografia e as propriedades mecânicas do ADI classe 3. A Tabela 1 apresenta a composição química deste material. Para o fresamento, foram preparadas no Laboratório de Usinagem da UFV amostras com ressalto (Figura 2). Posteriormente foi realizado o fresamento frontal empregando parâmetros de corte conforme Tabela 3. Os ensaios de fresamento foram no Centro de Usinagem ROMI D800, com uma fresa de metal duro inteiriça, de quatro cortes, diâmetro de 10 mm, sem revestimento, modelo S904 e ângulo de hélice de 30°.

Tabela 1 – Composição química do ADI-classe 3

	C	Mn	Si	Cr	Mo	Cu	Mg
%	3,1	0,2	2,3	0,03	0,3	0,7	0,04



Resistência à tração (MPa): 1200
Tensão de escoamento (MPa): 850

Alongamento (%): 4
Energia ao impacto (J): 60

Figura 1 – Ciclo de Austêmpera, micrografia e propriedades mecânicas do ADI classe 3

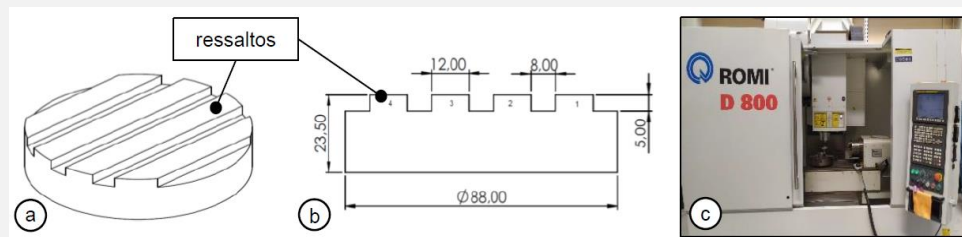


Figura 2 – (a) Amostra preparada; (b) Geometria da amostra; (c) Centro de Usinagem

Tabela 2 – Condições de fresamento

Ressalto	a_p (mm)	v_c (m/min)	Fluido de corte
A1	0,37	120	Jorro
A2	1	120	Jorro
A3	0,37	160	Jorro
A4	1	160	Jorro
B1	0,37	120	A seco
B2	1	120	A seco
B3	0,37	160	A seco
B4	1	160	A seco

No Laboratório de Tensões da UFF foram realizadas as medições das tensões residuais

(TR) por difração de raios-x, pelo método $\sin 2\psi$, utilizando o analisador de tensões XStress3000. No centro de cada um dos ressaltos fresados foram mensurados as TR, nas direções transversal (T) e longitudinal (L), conforme mostra a Figura 3.

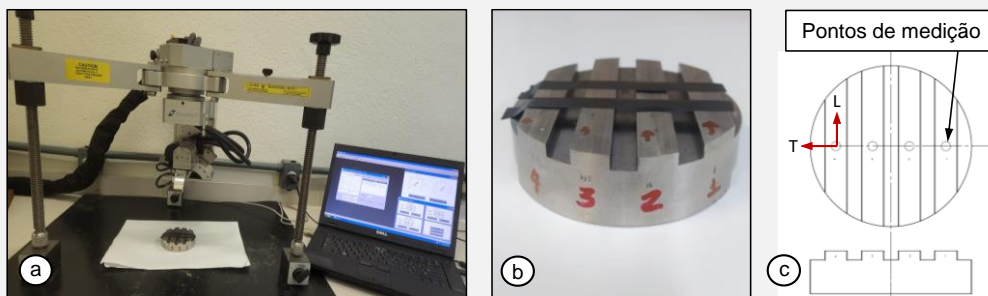


Figura 3 – Tensometria por difração de raios-x: (a) equipamento utilizado; (b) amostra preparada; (c) direção das medições

RESULTADOS

As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados de tensão residual nas direções transversal e longitudinal respectivamente. Observa-se que todas as tensões mensuradas na direção transversal foram trativas e na longitudinal foram compressivas e ainda que em ambas direções a variação da velocidade de corte foi o parâmetro que mais contribuiu nas alterações significativas dos resultados. Estes resultados estão de acordo com Jang *et al.* (1996), que obtiveram resultados semelhante na usinagem do aço inoxidável 304. De acordo com Brown *et al.* (2018), o aumento da velocidade de corte nos processos de usinagem tende a gerar uma maior taxa de deformação nas zonas de cisalhamento, ocasionando um aumento considerado da taxa de trabalho mecânico. Isto proporciona maiores gradientes de temperatura na superfície da peça usinada, culminando na geração de tensões residuais trativas oriundas deste efeito térmico.

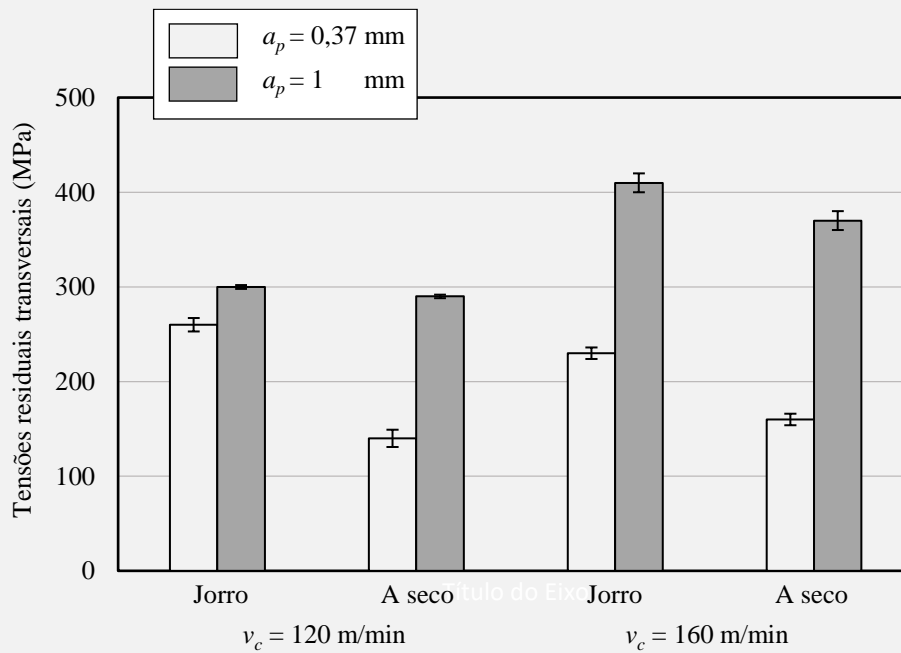


Figura 4 – Tensões residuais transversais no fresamento do ADI.

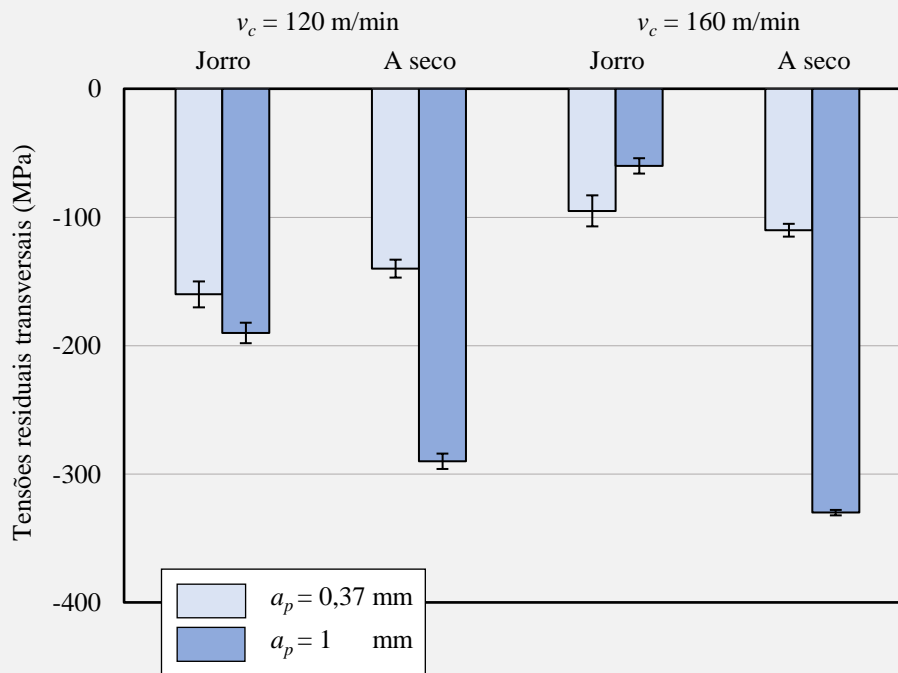


Figura 5 – Tensão residuais longitudinais no fresamento do ADI.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo estudar a influência dos parâmetros de corte do fresamento frontal do ADI classe 3 nas tensões residuais. Com os resultados, conclui-se que:

- O aumento da velocidade de corte foi o parâmetro que mais ocasionou alterações significativas na tensão residual, tornando-as menos compressivas na direção longitudinal e mais trativas na direção transversal;
- O uso do fluido lubri-refrigerante é dispensável no fresamento frontal do ADI-classe 3 sob os parâmetros de corte empregado no presente trabalho pois não apresentou alterações significativas quando comparado a usinagem a seco;
- O aumento da profundidade de corte gerou tensões residuais mais trativas principalmente quando se adotou a v_c de 160 m/min.

PALAVRAS-CHAVES

Ferro fundido nodular austemperado; Fresamento; Tensões residuais.

TEMA

Métodos e Processos de Fabricação e Montagem

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, P. A. Furação de ferros fundidos austemperados e nodular perlítico. Dissertação em Engenharia Mecânica (Materiais e Processos de Fabricação) – Universidade Federal de Uberlândia, 124 p., 2009.
- BROWN, M.; WRIGHTB, D.; M'SAOUBIC, R.; MCGOURLAYD, J.; WALLISE, M.; MANTLEF, A.; CRAWFORTHG, P.; GHADBEIGI, H. Destructive and non-destructive testing methods for characterization and detection of machining-induced white layer: A review paper. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, Vol. 23, p.39-53, 2018.
- CAKIR, M.C.; BAYRAM, A.; ISIK, Y.; SALAR, B. The effects of austempering temperature and time onto the machinability of austempered ductile iron. *Materials Science and Engineering: A* v. 407, p. 147–153. 2005.
- CALLISTER, D. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução / William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch; tradução Sergio Murilo Stamile Soares - 9. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- GROOVER, M. P. Fundamentos da Moderna Manufatura. Vol. 2. GEN:LTC, 5ª edição, 2017.
- JANG, D.Y.; WATKINS, T.R.; KOZACZEK, K.J.; HUBBARD, C.R.; CAVIN, O.B. Surface residual stresses in machined austenitic stainless steel. *Wear*, Vol. 194, p. 168-173, 1996.
- KATUKU, K. Regime features of austempered ductile iron cutting. *Journal of Manufacturing Processes*, v. 83, p. 374-386, 2022.
- LACALLE, L.; VALDIVIELSO, L; AMIGO, A.; SASTOQUE, F. Milling with ceramic inserts of

austempered ductile iron (ADI): process conditions and performance. *Int J Adv Manuf Technol*, v.110, p. 899–907, 2020.

RODRÍGUEZ, J. M. et al. Continuous chip formation in metal cutting processes using the Particle Finite Element Method (PFEM). *International Journal of Solids and Structures*, v. 120, p. 81–102, 2017.

WANG, X.; Yuzhou Du, Y.; Liu, C.; Hu, Z.; Li, P.; Gao, Z.; Guo, H.; Jiang, B. Relationship among process parameters, microstructure, and mechanical properties of austempered ductile iron (ADI). *Materials Science and Engineering: A*, v. 857, 2022.

PROCEDIMENTO DE PROJETO À FADIGA DE TUBULAÇÕES INSTALADAS NO *TOPSIDE* DE FPSOs

Breno de Mello¹, Leonardo Machado Matos², Antonio Gama³

¹ Universidade Federal fluminense, RJ, brenomello@id.uff.br

² Universidade Federal fluminense, RJ, leonardo_matos@hotmail.com

³ Universidade Federal fluminense, RJ, agama@id.uff.br

RESUMO

O Brasil vem desenvolvendo e modernizando sua indústria de óleo e gás com o objetivo de aumentar a auto suficiência e competitividade no âmbito internacional. O trabalho em questão é só mais uma peça nesse grande quebra-cabeças, que é a exploração de campos de petróleo em alto mar, com o foco no projeto de FPSOs (Floating Production Storage and Offloading). Nos FPSOs, o óleo cru é armazenado e o refino se inicia na própria embarcação, conceito extremamente interessante do ponto de vista econômico. No entanto, essas embarcações são repletas de tubulações que precisam ser muito bem projetadas a fim de evitar acidentes e vazamentos. Uma parte crucial do projeto configura-se como a avaliação da vida útil do equipamento quando sujeito a carregamentos cíclicos, em outras palavras, a sua vida em fadiga. O procedimento convencional de análise de fadiga baseia-se no cálculo do acúmulo de dano devido a uma grande variedade de esforços cíclicos a que podem estar sujeitas as tubulações em FPSOs, como tensões de alto ciclo devido a deslocamentos estruturais produzidos pela ação das ondas na embarcação, e carregamentos de baixo ciclo, como tensões térmicas e deformações estruturais causadas pelas operações de carregamento e descarregamento de óleo do FPSO [1,2]. Consequentemente, este procedimento requer a simulação de um grande número de casos de carregamento, gerando aumento de custos e prazos mais longos para execução do projeto. Por outro lado, critérios baseados em tensão admissível simplificam bastante o projeto à fadiga de tubulações, pois necessitam de apenas alguns casos de carregamento. Esta metodologia tem sido empregada por projetistas estrangeiras no projeto de tubulações instaladas no topside de FPSOs. Para isto, o método simplificado da DNV RP C203 [3] vem sendo utilizado para determinação da tensão admissível.

O método proposto neste trabalho tem como objetivo o cálculo do dano por fadiga devido a ação das ondas sobre a embarcação, e possibilita a obtenção da tensão admissível em tubulações instaladas no topside de FPSOs, parâmetro imprescindível para o projeto em fadiga. Para tanto, foram relacionados dados de estado do mar, isto é, alturas e períodos das ondas nas Bacias de Santos e Campos, e curvas de fadiga de diferentes partes de tubulações, conexões

soldadas por exemplo, disponíveis na norma da DNV RP-C203 [3]. A única hipótese feita reside na correlação entre as alturas das ondas e esforços estruturais, que foi assumida linear. Já a relação entre os períodos das ondas e os esforços advém de simulações computacionais conduzidas também pela Petrobras. A tensão admissível à fadiga é determinada através do operador de resposta de amplitude (RAO) do momento fletor vertical (VBM) atuando no meio da embarcação, e do estado de mar correspondente ao local de instalação do FPSO. Para calcular o dano por fadiga devido às diferentes condições de mar (altura significativa de onda, período e direção de incidência das ondas), são utilizados “fatores de onda” determinados a partir do RAO de VBM da embarcação. A tensão admissível é então determinada através de um algoritmo recursivo simples, que considera todas as premissas anteriormente mencionadas [4]. Entre os esforços que atuam em uma embarcação, considera-se que o momento fletor vertical seja o mais importante, pois estes são os principais responsáveis pelos deslocamentos estruturais, devido aos movimentos de sagging e hogging causados pela ação das ondas na embarcação, que são transferidos para a tubulação. Com base neste fato, a metodologia aqui proposta considera que o RAO de tensões em tubulações, que tem como origem a ação das ondas, é similar ao RAO de VBM da embarcação. A princípio, a vantagem da metodologia proposta neste trabalho, consiste em obter uma tensão admissível mais realista para o projeto à fadiga de tubulações, uma vez que o método utiliza o próprio RAO do FPSO no qual a tubulação será instalada, bem como as condições de mar do local de instalação do FPSO.

A verificação final, quanto a resistência à fadiga de alto ciclo da tubulação, é realizada através da comparação da tensão máxima na tubulação, causada por uma onda com probabilidade de retorno de 100 anos (onda centenária), com a tensão admissível. O método em si consiste em um processo iterativo no qual, inicialmente, arbitra-se a tensão máxima, proveniente da onda de maior altura e período crítico para a embarcação. Esta tensão serve como base para se determinar as tensões produzidas pelas demais ondas, com diferentes alturas e períodos. Deste modo, matrizes com fatores para cada tipo de onda diferente podem ser geradas. Estes fatores, variando entre zero e um, quando multiplicados pela tensão máxima geram uma nova matriz de tensões, onde as linhas dizem respeito à altura de onda e as colunas aos períodos. Através das curvas de fadiga, que relacionam tensão com número de ciclos, a quantidade de ciclos suportada pela tubulação em questão é extraída, em forma matricial novamente. Por fim, a Regra de Miner é aplicada para se determinar as frações de dano oriundas de cada tipo de onda, compostas pelas frequências medidas de incidência dessas ondas dentro da vida útil desejada. O somatório dessas frações resulta no dano experimentado pelo equipamento, caso este não coincida com os requisitos do projeto, uma nova tensão máxima é escolhida, até que a convergência seja alcançada.

A fim de facilitar o projeto e eliminar possíveis erros de cálculo, foi desenvolvido um programa na linguagem Python que realiza todas as contas e que possui uma interface intuitiva criada com a biblioteca TKInter, na qual o usuário deve selecionar a localidade onde o FPSO vai atuar, o tipo de tubulação que se deseja instalar, assim como o dano máximo desejável que ela poderá suportar devido a ação das ondas [5]. A tensão inicial já está pré-programada. Por enquanto o programa só leva em conta as alturas de onda, logo é um programa relativamente simples que trabalha com vetores. O detalhamento do mesmo, com a adição das informações sobre os períodos das ondas ainda está em fase de implementação. Resultados preliminares mostraram que a tensão admissível se aproxima consideravelmente das obtidas por outros métodos, o que motiva a continuação do trabalho nessa linha. Ainda que em fase de aprimoramento, este projeto vem se mostrando bastante promissor, sobretudo quando comparado com as alternativas vigentes, que configuram-se como mais trabalhosas e dispendiosas para os projetistas. Estudos posteriores devem buscar incluir a influência entre a direção de incidência das ondas e o eixo da embarcação. Até então, considerou-se de forma conservadora que todas as ondas incidiram em um ângulo de 180º a contar da proa da embarcação.

PALAVRAS-CHAVES

Fadiga, tubulações, FPSO

TEMA

Ferramentas de Projeto Aplicadas à Montagem Industrial

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da PETROBRAS através do Termo de cooperação PETROBRAS-UFF-FEC 5850.0108939.18.9

REFERÊNCIAS

- [1] DNV RP-D101 Structural Analysis of Piping Systems, 2017
- [2] Pipe Stress Engineering, L.C. Peng and T. L. Peng, ASME Press, 2009
- [3] DNV RP-C203 Fatigue Design of Offshore Steel Structures, 2019
- [4] Leonardo Machado Matos. Projeto à Fadiga de Tubulações Instaladas em Unidades de Produção de Óleo e Gás do tipo FPSO. Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em Montagem Industrial) - Universidade Federal Fluminense, 2020
- [5] Gama, A. L.; de Mello, B. C. L. ; Matos, L. M. . FadTub - Fadiga de Tubulações. 2022. Patente: Programa de Computador. Número do registro no INPI: BR512022002670-8, 2022

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL A ESCOAMENTOS DO TIPO GOLFADA EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

Luiz Ribeiro¹, Roger Moreira²

¹ Universidade Federal Fluminense, RJ, luizfiliperibeiro@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense, RJ, rmmoreira@id.uff.br

RESUMO

Falhas por fadiga induzidas por vibração em tubulações são uma grande preocupação devido aos problemas relacionados à segurança operacional, tempo de inatividade da produção, custos de ações corretivas e impactos ambientais. (ENERGY INSTITUTE, 2008)

Dentre os regimes de escoamentos bifásicos existentes, o *slug* ou golfada é classificado como mais crítico, pois são intermitentes e provocam vibrações nas tubulações (EMMERSON et al., 2015). Em caso de vibrações excessivas, podem-se decorrer falhas por fadiga nas estruturas, sendo este problema observado em um número considerável de tubulações industriais (AL-KHALIFA et al., 2016).

Dentre as diretrizes da *Energy Institute* (2008) para evitar falhas por fadiga induzida por vibração em tubulação de processo, existem as Técnicas Preditivas Especializadas, estando a Fluidodinâmica Computacional (CFD) entre elas.

Por conseguinte, este Artigo tem como objetivo apresentar um estudo aplicando técnicas de CFD, utilizando o software *Ansys Fluent*, para simular e melhor entender a dinâmica envolvida em escoamentos bifásicos, tendo como foco o do tipo golfada.

A geometria empregada, inspirada em trabalho previamente publicado por RAEDER (2012), consiste em uma tubulação de 19,5 mm de diâmetro interno, em formato “U” na posição horizontal. Existindo duas superfícies de entrada (*inlet*) na parte superior, uma na horizontal, onde é injetada água; e outra oblíqua, onde é injetado ar. Enquanto que na parte inferior da tubulação fica a superfície de saída (*outlet*).

Foram simulados seis cenários de escoamento diferentes. Para isso, foram adotadas duas malhas diferentes: tetraédrica, com menos volumes de controle, exigindo menor capacidade de processamento; e a *butterfly*, mais adequada ao escoamento em golfada, por oferecer malha topológica de maior qualidade em termos de ortogonalidade, densidade e uniformidade, conforme indicado por HERNANDEZ-PEREZ e ABDULKADIR (2010), porém demandando maior capacidade de processamento.

Primeiramente, utilizando uma malha tetraédrica, foram simulados seis diferentes

cenários de injeção de água e ar. Como resultado, analisando imagens dos contornos de fração volumétrica das simulações, foi verificado que as feições dos bolsões de ar vão de encontro com os tipos de escoamento previstos para cada caso, considerando o mapa de regime bifásico proposto por MANDHANE et al. (1974), sendo observados os regimes de bolhas/bolhas alongadas e em golfada.

Com o objetivo de se otimizar o tempo e a capacidade de processamento disponíveis, os primeiros seis casos foram rodados em uma malha tetraédrica, menos refinada. Entretanto, para fins de análise de sensibilidade de malha e obtenção de maior precisão nos resultados, foram selecionados dois casos para serem simulados na malha *butterfly*, um de bolhas alongadas e um em golfada.

Como resultado, com a melhora na qualidade da malha, foi possível verificar que os contornos dos bolsões de ar ficaram mais nítidos, de forma que a interface ar-água ficou melhor definida, apresentando feições mais realísticas.

Adicionalmente, para fins de validação numérica, analisando os gráficos de resíduos das simulações, conforme esperado para escoamentos transientes, foi constatado a existência do padrão dente de serra (*sawtooth pattern*) em todas as curvas para ambas as malhas. Sendo assim, após cada pico é verificado um decaimento dos resíduos à medida que iterações são executadas, convergindo até um valor mínimo alvo para todos as variáveis monitoradas, dando início à um novo *timestep* e assim sucessivamente. Em todos os casos, para ambas as malhas, os resíduos atingiram ao menos o critério de convergência padrão no *Ansys Fluent* de 10^{-3} . Entretanto, os resíduos observados na malha *butterfly* foram, em alguns casos, 1000 vezes menores que na malha tetraédrica.

Complementarmente, com o objetivo de comparar as flutuações de pressão entre regimes de escoamento e entre localidades na tubulação, nas simulações foram inseridos dois pontos de monitoramento de pressão dinâmica, um na região da segunda curva e outro em um trecho horizontal final.

Em ambos os pontos de monitoramento de pressão dinâmica x tempo (curva e trecho horizontal), em ambos os casos simulados, verifica-se inicialmente um breve período transiente, até se atingir um platô. Essa estabilidade de pressão dinâmica, atrelada ao período em que escoamento monofásico de água percorre a localidade analisada, se mantém até o primeiro bolsão de ar chegar aos pontos de monitoramento, quando se iniciam flutuações de pressão.

Comparando os gráficos obtidos na simulação com os provenientes de teste de bancada de RAEDER (2012), foi verificado as flutuações seguem padrão de comportamento semelhantes, a depender da fração de vazio (β) do caso e, conseqüentemente, do regime de escoamento e dimensões de bolsões de ar observados.

1º Congresso de Montagem Industrial

Sendo assim, para β igual 25 %, regime de bolhas, são observadas oscilações menos acentuadas, porém com uma frequência de oscilação maior. Enquanto que para β igual 50 %, regime de golfada, são verificadas flutuações mais acentuadas, porém com uma frequência de oscilação menor.

Adicionalmente, comparando as variações de pressão no ponto de monitoramento na curva com as de ponto localizado no trecho horizontal da tubulação, em ambos os Casos 1 e 5 (simulação), são observadas maiores flutuações na curva. Estando a explicação disso atrelada à mudança de direção no escoamento, potencializando o surgimento de pulsações de pressão.

AGRADECIMENTOS

Em agradecimento à Petróleo Brasileiro S.A. pelo financiamento do projeto de pesquisa “Cálculo de Fadiga em Tubulações Offshore” (Processo PETROBRAS/UFF/FEC 5850.0108939.18.9) junto à UFF. Concedendo bolsas de estudos e custeando a aquisição de equipamentos/licenças para o LabCFD, onde foram executas as simulações computacionais aqui apresentadas.

PALAVRAS-CHAVES

Tubulações Industriais; Vibrações; Escoamento Golfada; Fluidodinâmica Computacional (CFD).

TEMA

Ferramentas de Projeto Aplicadas à Montagem Industrial.

REFERÊNCIAS

AL-KHALIFA, Hussain; OSHINOWO, Lanre; ALS-SALIF, Omar. Transient Multiphase Simulation in Separator Vessel Internals Design in Saudi Aramco. ASME 2016 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Phoenix, E.U.A., v.07, p. 11–17, novembro, 2016.

EMMERSON, P.; LEWIS, M.; BARTON, N. Improving Boundary Conditions for Multiphase CFD Predictions of Slug Flow Induced Forces. 17th International Conference on Multiphase Production Technology, Cannes, França, junho 2015.

ENERGY INSTITUTE. Guidelines for the Avoidance of Vibration Induced Fatigue Failure in Process Pipework. Londres, 2008.

HERNANDEZ-PEREZ, V.; ABDULKADIR, M.; AZZOPARDI, B. J. Grid Generation Issues in the CFD Modelling of Two-Phase Flow in a Pipe. *Journal of Computational Multiphase Flows*, v. 3, p. 13-26, março 2010.

MANDHANE, J. M., GREGORY, G. A., AZIZ, K. A flow pattern map for gas-liquid flow in horizontal pipes. *International Journal of Multiphase Flow*, Vol. 1, pp. 537, 1974.

RAEDER, T. Estudo experimental de esforços dinâmicos em tubulações com escoamento bifásico. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Fluminense, 2012.

DISCUSSÃO SOBRE MÉTODOS MODERNOS DE MONTAGEM DE JUNTAS DE FLANGE API

Felipe D' Oliveira

Antonio L. Gama

Universidade Federal Fluminense, felipe_sarabando@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho propõe uma discussão a respeito dos métodos aplicados pela indústria na montagem de flanges API com gaxetas metálicas utilizados em tubulações de equipamentos submarinos do setor de óleo e gás. Será apresentado o princípio de funcionamento de um flange metálico a importância do controle da pré-carga nos fixadores da junta para uma vedação eficiente e uma operação segura (Bickford, 2008). Para tal, serão colocados em discussão os métodos atualmente utilizados para aplicação dessa pré-carga (e.g. torque, tensionamento) apontando seus benefícios e desvantagens e também quais são os fatores que podem influenciar no resultado dessas operações (Muniz, 2007). Serão demonstradas as normas aplicáveis para correlação entre torque e pré-carga (Motosh, 1976 ; API 6A ; API 17D e ASME PCC-1-2013) e como podem ser aplicadas na determinação do valor de torque a ser aplicado aos fixadores de uma junta, em conjunto com um trabalho de metodologia experimental desenvolvida pelos autores para a investigação da influência das condições de lubrificação e revestimento de fixadores na relação entre torque e pré-carga. Em adição, será apresentada uma metodologia para medição do valor de pré-carga aplicada a um fixador durante a sua montagem pelo método de medição de alongamento por ultrassom (Goettems, 2018), que proporciona maior controle sobre a pré-carga aplicada aos fixadores durante a montagem. Embora o trabalho foque em juntas de flange API, os conceitos que serão apresentados podem ser amplamente aplicados a diversas aplicações, como montagem de estruturas metálicas e outros tipos de juntas aparafusadas.

PALAVRAS-CHAVES

Montagem de Flanges, Pré-Carga, Torque.

TEMA

Métodos e Processos de Fabricação e Montagem.

REFERÊNCIAS

API SPECIFICATION 6A. Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment. 20. Ed. American Petroleum Institute, Washington, DC, 2010.

API SPECIFICATION 17D. Design and Operation of Subsea Production Systems. Subsea Wellhead and Tree Equipment. 2. Ed. American Petroleum Institute, Washington, DC, 2011.

ASME PCC-1-2013. Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly. The American Society of Mechanical Engineers, Nova Iorque, NY, 2013.

BICKFORD, J. H. **Advances in bolting technology.** Nuclear Engineering and Design, v. 90, p. 307-315, 1985.

BICKFORD, J. H. **Introduction to the design and behavior of bolted joints.** 4. Ed. Florida: CRC Press, 2008. 513 p.

BICKFORD, J. H.; NASSAR, S. **Handbook of bolts and bolted joints.** 1. Ed. Nova Iorque: Marcel Dekker, Inc., 1998. 512 p.

CROCCOLO, D.; DE AGOSTINIS, M.; VINCENZI, N. **Failure analysis of bolted joints: Effect of friction coefficients in torque-preloading relationship.** Engineering Failure Analysis, v. 18, p. 364-373, 2011.

GOETTEMS, F.S.; DE BRAGA, R.M.; REGULY, A. **Controle da pré-carga em parafusos: Correlação entre o método do torque e o alongamento medido por ultrassom.** Tecnologia Metalúrgica, Material e Mineral, v. 15, n. 1, p. 43-48, São Paulo, 2018.

MOTOSH, N. **Development of design charts for bolts preloaded up to the plastic range.** Journal of Engineering for Industry, v. 98, p. 849-851, 1976.

MUNIZ, J. M. **Fenômenos tribológicos intrínsecos ao travamento de juntas de engenharia aparafusadas.** São Paulo, 2007. 17 p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SMITH, J.F.; GREINER, J.D. **Stress measurement and bolt tensioning by ultrasonic methods.** Journal of Metals, p. 34-36, 1980.

Ultrasonic measurement of fasteners – A general guide. Resonic Instruments, v.1, 30 p. 2016.

Tema 4: Indústria 4.0

**(1) AVALIAÇÃO DA CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA DO
SEGMENTO DE REPAROS NAVAIS DE NITERÓI.**

JULIA MIRANDA (UFF), CASSIA MORANO (UFF), MIGUEL FERREIRA (UFF)

**(2) SISTEMA ROBÓTICO PARA INSPEÇÃO E ATUAÇÃO
INTERNA EM DUTOVIAS DE ÓLEO E GÁS.**

IVAN BOESING (UPSENSOR), GABRIEL KUHN (UPSENSOR), GABRIEL SILVEIRA (UPSENSOR), NEY ROBINSON (PETROBRAS), CRISTIANE BECKER (SENAI RS), ANDRÉ WENTZ (SENAI-RS), ANSELMO JUNIOR (SENAI-SC), WILLIAN HENRIQUE (SENAI-SC)

**(3) CALÇO TIPO CAMES: DISPOSITIVO E MÉTODO PARA
CALÇAMENTO DE DUTOS SUBMARINOS.**

NEY R. REIS (UFF)

AVALIAÇÃO DA CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA DO SEGMENTO DE REPAROS NAVAIS DE NITERÓI

Jullia Miranda ¹, Cassia Morano ², Miguel Ferreira ³

¹ Universidade Federal Fluminense, RJ, julliamercedes@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense, RJ, cassiamorano@id.uff.br

³ Universidade Federal Fluminense, RJ, miguelluiz@id.uff.br

O Brasil busca a recuperação da economia e a ascensão da indústria naval do país perante os principais players mundiais. São necessários investimentos em políticas públicas e em inovações tecnológicas uma vez que quando se compara a capacitação tecnológica do Brasil e, até mesmo da América Latina, com países como Coreia do Sul e Noruega observa-se uma grande disparidade de investimentos em tecnologia (BAGINSKI, PITASSI, & BARBOSA, 2017). Destacam-se também os países asiáticos que, segundo (AZEVEDO, 2018), tem relevante participação na indústria naval. Marcados pela inovação tecnológica, a Coreia do Sul, a China e o Japão aparecem até hoje como líderes mundiais. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar o diagnóstico da Indústria Naval de Niterói e adjacências em relação à capacitação tecnológica das empresas que atuam no segmento de reparos navais a fim de que estes resultados possam auxiliar futuramente as instituições públicas e privadas a adotarem políticas de incentivo para crescimento e fortalecimento deste setor. Cabe destacar, que o presente trabalho é o resultado parcial do projeto intitulado: Avaliação da Capacitação Tecnológica do Setor de Construção Naval e Offshore de Niterói em parceria com a Universidade Federal Fluminense e a Prefeitura Municipal de Niterói, iniciado em 2021.

No cenário nacional, o Brasil possui vasta participação na indústria naval devido a sua significativa extensão litorânea. O Estado do Rio de Janeiro desempenhou um papel central e de protagonismo no segmento da indústria naval, sendo um polo pioneiro e tradicional desta indústria no Brasil uma vez que, inclusive, o primeiro estaleiro do país foi inaugurado no município de Niterói em 1847 (PASIN, 2002). Além disso, para o desenvolvimento desta pesquisa adotou-se a subdivisão da indústria naval em quatro setores: construção naval, offshore e plataformas, reparo naval e indústria náutica. (MOURA, 2008). No caso deste trabalho o foco é no setor de reparos navais. Para tanto, este projeto de pesquisa foi elaborado em duas etapas. Na primeira etapa realizou-se uma pesquisa bibliográfica para o levantamento do referencial teórico do tema em questão. Por outro lado, esta pesquisa baseia-se no projeto de pesquisa “**Mapeamento do Estado da Arte da Tecnologia da Construção e Montagem**” desenvolvido em parceria com a Petrobrás, as grandes operadoras de petróleo estrangeiras atuantes no Brasil, as principais empresas construtoras e a Universidade Federal Fluminense, que percorreu sobre o

estágio da indústria brasileira de construção e montagem de plataformas marítimas em comparação as empresas internacionais (PROMINP, 2009). Na segunda etapa do trabalho utilizou-se o Método de Estudo de Caso nos termos estabelecidos por (YIN, 2005) de forma adaptada uma vez que não foi feita a análise dos documentos da empresa devido às restrições de acesso aos dados, de acordo com as propostas de (FERREIRA, 1998) com amostra composta de empresas de Reparo Naval da região metropolitana Niterói e adjacências.

No que se refere à caracterização das empresas nomeadas como A, B, C, D e E por questões de confidencialidade tem-se: a Empresa A tem foco principal em Construção e Reparo Naval, inclusive, com projetos de retomada da construção naval. A Empresa B atua no segmento de Reparo Naval, sem previsão de retomada da construção naval. A Empresa C possui um segmento de atuação mais diversificado, oferecendo serviços de Reparo Naval e Jumborização. Já a Empresa D concentra-se exclusivamente no segmento de Reparo Naval. A Empresa E, assim como as demais em estudo, atua em Construção e Reparo Naval, e também oferece serviços de apoio logístico. No momento, atua prioritariamente em reparo em embarcações.

Em relação à qualificação da mão de obra, todas as empresas apresentam operários qualificados, mas com abordagens distintas em relação ao nível de instrução da mão de obra direta e indireta. Essas diferenças refletem as necessidades e estratégias específicas de cada empresa em relação à capacitação e qualificação da equipe para enfrentar os desafios do mercado.

No que diz respeito aos principais processos de fabricação, em relação ao processo de corte, a Empresa A utiliza corte à plasma e maçarico, enquanto a Empresa B emprega corte plasma sem o uso de acetileno, aplicando o gás butano para cortes em aço carbono e alumínio. A Empresa C utiliza oxicorte, não possuindo corte plasma. Já a Empresa D tem equipe própria para essa atividade, porém a mão de obra não é qualificada. Na Empresa E, o corte à plasma é pouco utilizado, sendo o gás oxiacetileno predominante no processo de corte. Em observância ao estudo bibliográfico, apontam-se similaridades em relação à pesquisa de campo e a literatura para esse item, uma vez que todas as empresas utilizam maçarico no processo de corte. Além do processo manual, a literatura destaca também o uso do corte plasma, como um processo mais moderno e de melhor performance (GORDO, CARVALHO, & SOARES, 2006); também disponível em algumas empresas.

No que se refere ao processo de soldagem, a Empresa A utiliza MIG/MAG, TIG, Arco submerso e Arco de arame tubular, podendo ser automatizado com o uso da tartaruga. A Empresa B emprega arame tubular, eletrodo revestido e TIG, tendo usado arco submerso no passado. A Empresa C utiliza eletrodo revestido, TIG, MIG, MAG e arame tubular. A Empresa D destaca os processos de soldagem mais utilizados, incluindo eletrodo revestido, TIG, MIG, MAG,

arame tubular e oxiacetileno, além do uso de sistema automatizado para robotização. A Empresa E utiliza em processos de soldagem eletrodo revestido, arco submerso, TIG, MIG/MAG e arame tubular.

No processo de pintura e preparação de superfície, a maioria das empresas utiliza o hidrojato como método de preparação da superfície, combinado com outras técnicas como raspagem, marteleto, escova rotativa e shot-peening. Já em relação aos processos de mecânica, teste e inspeção observou-se que as empresas sumariamente terceirizam esse tipo de atividade.

Em relação à produtividade na execução dos processos de fabricação observou-se que as empresas coletam dados por apontamento de produção, mas não fazem a gestão e monitoramento de indicadores, tampouco, utilizam algum software para gerir resultados. Na indústria naval, mais especificamente no setor de reparo naval, são primordiais três indicadores - qualidade, o tempo de resposta correto e os custos dos serviços (WAHIDI, PRIBADI, PRIBADI, & MEGAWATI, 2021).

Finalmente, os resultados preliminares da pesquisa, quando comparados aos resultados do projeto de pesquisa “Mapeamento do Estado da Arte da Tecnologia da Construção e Montagem” (2009), houve um retrocesso do ponto de vista do domínio de técnicas de alguns dos principais métodos de fabricação e inspeção. Cabe destacar, que algumas das empresas que hoje atuam na área de Reparo Naval, em função da crise da indústria de construção naval e construção e montagem de plataformas, se destacaram na construção de plataformas marítimas e embarcações em passado recente. Observou-se que as empresas visitadas possuem potencial para atuação num nível mais próximo do cenário internacional atual, entretanto, existe a necessidade de uma política que viabilize investimento em melhorias tecnológicas e na sustentação numa carteira de encomendas regular.

PALAVRAS-CHAVES

Reparo Naval; Construção Marítima; Capacitação Tecnológica.

REFERÊNCIAS

- AHLUWALIA, R.; PINHA, D. Decision support system for production planning in the ship repair industry. *Industrial and Systems Engineering Review*, v. 2, n. 1, p. 52-61, 2014.
- AZEVEDO, M. N. D. A reestruturação do circuito espacial de produção de embarcações: análise dos estaleiros de Niterói e São Gonçalo (1970-2017). Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, 2018.

BAGINSKI, L.; PITASSI, C.; BARBOSA, J. G. P. Technological capability in the Brazilian naval industry: a metric for offshore support vessels., v. 14, n. 2, p. 109-118, 2017. **RAI – Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 109-118, 2017.

CASAS, M. J. A. In: CARTAGENA, U. P. D. **Diseño y justificación de los servicios (3D en Solidworks) de un pesquero**. Cartagena: Proyecto Fin De Carrera (Titulación Ingeniero Técnico Naval), 2015.

FERREIRA, M. L. R. Gerenciamento da Qualidade pela Contratante na Montagem Industrial de Plantas de Processo Tese de Doutorado. São Paulo: Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1998. p. 329.

GORDO, J. M.; CARVALHO, I.; SOARES, C. G. Potencialidades de processos tecnológicos avançados de corte e união de aço em reparação naval. Inovação e Desenvolvimento nas Atividades Marítimas. **CG Soares and VGd Brito, Editors**, 2006. 877-890.

MOURA, D. A. D. Análise dos Principais Segmentos da Indústria Marítima Brasileira: estudo das dimensões e dos fatores críticos de sucesso inerentes à sua competitividade. São Paulo: (Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica) - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, 2008.

PASIN, J. A. B. Indústria Naval do Brasil: panorama, desafios e perspectivas. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 18, p. 121-148, 2002.

PROMINP. E&P 27.4 – Mapeamento do Estado da Arte da Tecnologia da Construção e Montagem - Relatório Gerencial: Cenário Nacional. PROMINP – Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural. Projeto E&P 27.4 – Mapeamento do Estado da Arte da Tecnologia da Construção e Montagem: Universidade Federal Fluminense, 2009. p. 157.

SILVA, J. P. P. D. **Serviços de Reparo em Embarcações de Apoio a Plataformas**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

WAHIDI, S. I. et al. **Implementation Study of Activity Based Costing System to Define Indirect Costs on Ship Repair Industries**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. [S.l.]: [s.n.]. 2021.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. **Bookman**, Porto Alegre, 2005.

SISTEMA ROBÓTICO PARA INSPEÇÃO E ATUAÇÃO INTERNA EM DUTOVIAS DE ÓLEO E GÁS

Ivan Boesing¹, Gabriel Kuhn², Gabriel Silveira³, Ney Robinson⁴, Cristiane Becker⁵, André Wentz⁶, Anselmo Junior⁷, William Henrique⁸

^{1,2,3} Upsensor Tecnologia, RS, ivanboesing@upsensor.com

⁴ Petrobras, RJ, salvireis@petrobras.com.br

^{5,6} Instituto SENAI de Engenharia de Polímeros, RS, cristiane.becker@senairs.org.br

^{7,8} Instituto SENAI de Sistemas Embarcados, SC, anselmo.silva@sc.senai.br

RESUMO

A produção Pré-sal no Brasil atingiu em 2022 o montante de 2,92 milhões de barris de óleo equivalente por dia, o que corresponde a 75% da produção no País. Problemas de obstrução por parafina e hidrato são uma realidade nessa região, com custos elevados de reparo (ANP, 2023). Essas áreas de exploração na chamada camada pré-sal, que tiveram sua descoberta em 2006, demoraram apenas 8 anos para romper a barreira de 500 mil barris por dia. Se comparados com os históricos da porção americana do Golfo do México, foram necessários 20 anos para se atingir a produção de 500 mil barris diários. No Mar do Norte para atingir este mesmo nível de produção foram necessários 10 anos. Essa região já superou até mesmo a produção da Bacia de Campos. Problemas de obstrução por hidratos, parafina e asfaltenos já ocorreram e são esperados no futuro.

Tubulação industrial visa a condução de fluidos entre pontos de uma unidade industrial (FRANÇA FILHO, 2013). Um grande volume da produção de petróleo é conduzida por dutos específicos para este fim. Um dos maiores desafios na área da operação de linhas submarinas é a presença de bloqueios procedentes do acúmulo de hidrocarbonetos e parafinas. Isso ocorre devido às condições apresentadas nos poços (a baixa temperatura no fundo do mar e pressões de até 3000 m de coluna d'água), além da característica do óleo predominante, que contribuem para a saturação dos hidrocarbonetos líquidos e gasosos presentes nos dutos submarinos.

No ano de 1997 um dos dutos de transporte submarino de óleo da Bacia de Campos apresentou problemas no escoamento do fluido. As condições que contribuem para a saturação dos hidrocarbonetos líquidos e gasosos presentes nos dutos submarinos de Bacia de Campos são: a baixa temperatura de 4°C no fundo do mar, a pressão de 610 m de coluna d'água (profundidade em que foi detectado o problema de bloqueio no duto) e a característica do óleo pesado predominante na região. Foi determinado (BOSCO, 2002) que estas condições aumentam a possibilidade de bloqueios nos dutos pelo acúmulo de parafina ou formação de

hidratos.

Apesar da inspeção externa de dutos na época estar em um estágio avançado de desenvolvimento, existia uma grande necessidade de melhorar as técnicas de inspeção interna de dutos (GONZALEZ PANTA, 2005). O G.I.R.I.N.O., Gabarito Interno Robotizado de Incidência Normal ao Oleoduto (DOS REIS, 2004), é um robô que foi desenvolvido pelo Laboratório de Robótica da área de Tecnologia Submarina do Centro de Pesquisa da Petrobras, que visava procurar vias menos arriscadas no processo de inspeção interna de dutos, cujos movimentos de deslocamento são gerados por energia hidráulica. Para cumprir as funções de deslocamento e inspeção foram feitos monitoramentos constantes dos movimentos internos do robô e o estudo da ação que este exerce em diversos processos.

A partir da busca por Instituições de Pesquisa e Centros Universitários, iniciou-se em 2009 a idealização do que hoje é o Robô Annelida¹³. A fim de buscar fundos para o projeto do Annelida, a Upsensor Tecnologia buscou recursos financeiros para o desenvolvimento de um conceito semelhante, mas utilizando tecnologia nacional e com um viés de balões poliméricos ao invés de patas metálicas para a fixação interna nos dutos. Com o apoio financeiro do Edital SENAI de Inovação e o apoio técnico dos Instituto SENAI de Inovação em Engenharia de Polímeros, SENAI-RS, e Instituto SENAI de Inovação em Sistemas Embarcados, SENAI-SC, foi projetado, construído e testado o conceito do Gabarito Autônomo Robótico de Inspeção, G.A.R.I. Este conceito visava validar um sistema mais simplificado, com atuação longitudinal pneumática, para posterior uso com um sistema hidráulico. A Figura 1 traz o detalhamento da montagem do robô. Vale ressaltar que a lista de peças da imagem é simplificada em relação ao total de componentes.

Portanto, o projeto consistiu em um sistema robótico para atender a demanda de soluções tecnológicas para realizar o monitoramento e a manutenção de dutos, que serviria para conceito de uma nova versão para atuação em linhas de produção e para inspeção em linhas de produção e transporte de fluidos, oferecendo ao mercado uma nova ferramenta para possibilitar o descomissionamento de linhas.

Para a locomoção do sistema, adotou-se uma arquitetura do tipo telescópica, na qual as extremidades são travas que se alternam, enquanto um componente intermediário efetua movimentos peristálticos. O acionamento do sistema é feito por ar comprimido. O compressor fica fora do duto e as mangueiras conduzem o ar até o equipamento, juntamente com o cabeamento para alimentação elétrica e comunicação com o sistema embarcado.

Este tipo de acionamento permite o uso de atuadores diferenciados, como membranas,

¹³ <http://www.annelida.com.br/>

diafragmas, balões, ou músculos pneumáticos, inflados pelo ar comprimido do sistema. Pelo fato desses atuadores não serem rígidos, evita-se danos nas superfícies internas do duto pela passagem do equipamento.

O robô é dividido em 5 módulos: Módulo de controle, módulo de visualização/inspeção, balões de ancoragem, músculos pneumáticos e articulações.

O módulo de controle acomoda a eletrônica do robô, responsável tanto pelo acionamento das válvulas pneumáticas quanto pelo sensoriamento e captura de imagens. O hardware do sistema embarcado é concebido em três placas: placa de controle (gerencia a movimentação, iluminação, laser de inspeção e transmissão de vídeo); placa de acionamento (acionamento das válvulas e proteção contra suas oscilações); e placa de iluminação (LEDs de alto brilho e controle do laser).

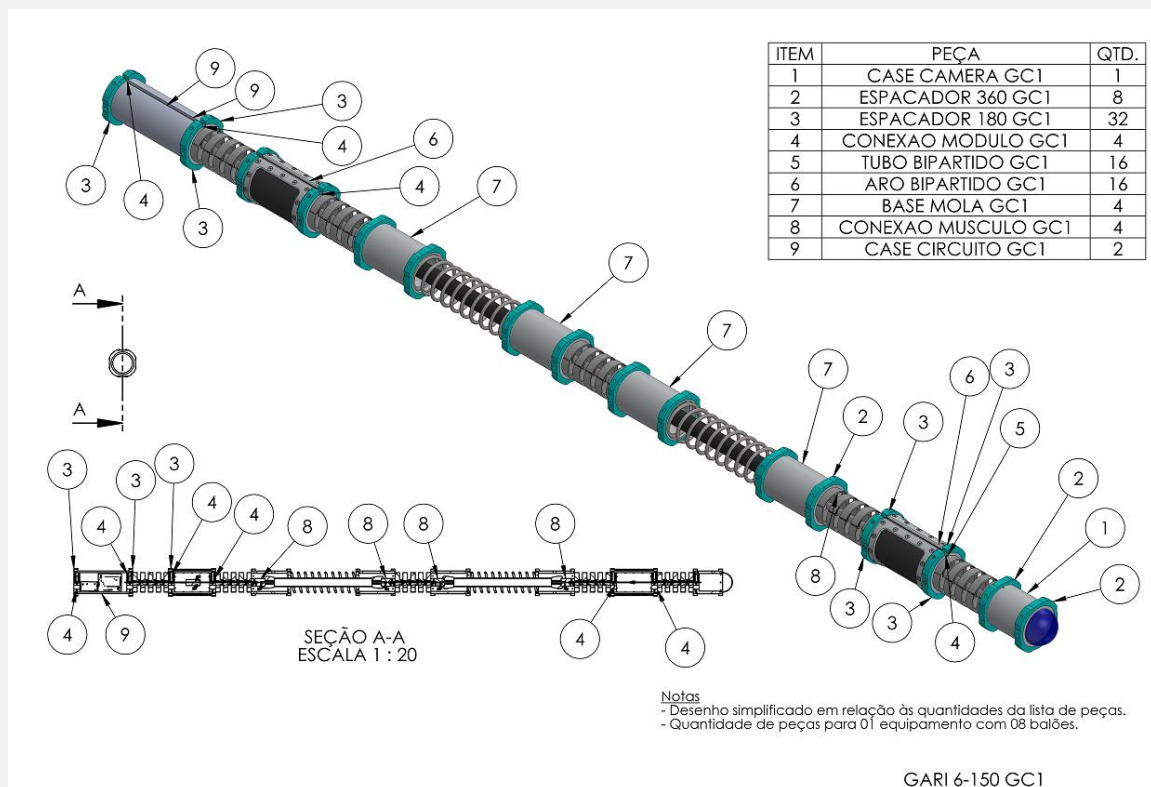


Figura 1 – Detalhamento do conceito final do robô.

O módulo de visualização é responsável pela visualização e inspeção do duto. Nele estão alojados a câmera e o laser de inspeção.

Para o desenvolvimento do software embarcado, optou-se pela utilização do Linux, que é composto principalmente por duas partes macros: Kernel (controla os processos de hardware), e o rootfs (armazena arquivos e bibliotecas).

O software embarcado executa as seguintes ações: Acionamento das válvulas pneumáticas; Acionamento dos LEDs para iluminação interna do duto; Acionamento do laser; Câmera para

visualização.

Os balões de ancoragem são responsáveis pelo travamento do robô nas paredes do duto impedindo que o robô escorregue. Foi necessário desenvolver internamente todo o conceito e produção balões de ancoragem, os quais são formados por uma estrutura de suporte e uma membrana inflável de neoprene. A Figura 2 ilustra o teste deste conjunto através de duas imagens, primeiramente em repouso e na sequência após a pressurização.

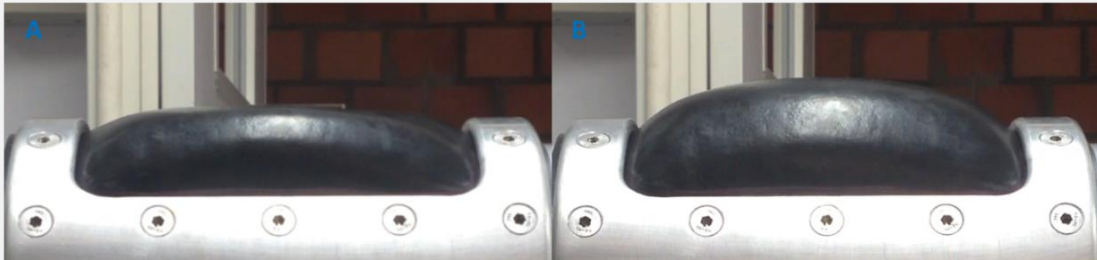


Figura 2 – Teste do sistema de ancoragem. Em (A) o conjunto está em repouso e em (B) está inflado com ar comprimido.

Os músculos pneumáticos são responsáveis pelo deslocamento do robô, uma mola externa aos músculos se faz necessária para dar estabilidade estrutural ao conjunto e também para efetuar o movimento de avanço, restaurando o músculo para a posição de repouso. Ao ser inflado pelo sistema pneumático o músculo exerce uma contração, puxando o que nele estiver conectado, e a mola por sua vez faz com que o músculo retorne à posição inicial. A Figura 3 mostra um teste do robô em um tubo transparente. No centro da imagem há uma mola e em seu interior está localizado o músculo pneumático.



Figura 3 – Equipamento sendo testado em um tubo transparente.

Os componentes como articulações, parafusos, músculos, mangueiras e válvulas são comerciais de prateleira.. O chassi, os balões de ancoragem e as placas de circuito impresso foram desenvolvidos internamente pela equipe do projeto..

A próxima etapa foi a integração, montagem e testes de operação, que validaram o funcionamento do robô. O conceito de movimentação do G.A.R.I. é viável para inspeção de

tubulações. Mais testes devem ser realizados para que o robô atinja um nível de maturidade tecnológica adequado para operação em campo. Deseja-se desenvolver dispositivos para a movimentação no interior de tubos maiores e menores, não descartando a possibilidade de um equipamento multi-diâmetro.

PALAVRAS-CHAVES

Robô; Duto; Inspeção; Óleo; Gás.

TEMA

Comissionamento e Descomissionamento de Instalações Industriais; .

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Edital SENAI de Inovação.

REFERÊNCIAS

BOSCO, Flávio, “O desafio do óleo pesado”, In: Revista Petro & Química, Edição 240, Rio de Janeiro, 2002.

GONZALEZ PANTA, Pedro Eduardo. Monitoramento de robô de inspeção interna de oleodutos-Girino. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

DOS REIS, Ney Robinson Salvi; DE SOUZA, Lucia Helena Ramos. Robótica e biomimética: a tecnologia aliada à natureza. Revista Scientiarum Historia, v. 2, p. 9-9, 2020.

ANP. Encarte de consolidação da produção 2022: Boletim da produção de petróleo e gás natural. Dezembro de 2022, nº 148. Disponível em <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletins/arquivos-bmppgn/2022/encarte-e-boletim-dezembro-2022.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2023.

FRANÇA FILHO, José Luiz de. Manual para análise de tensões de tubulações industriais : flexibilidade. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CALÇO TIPO CAMES DISPOSITIVO E MÉTODO PARA CALÇAMENTO DE DUTOS SUBMARINOS

Ney Robinson Reis

Universidade Federal Fluminense. Niterói, salviney@id.uff.br

RESUMO

Processos de produção e correspondentes modais de distribuição de produtos e derivados de inúmeras atividades industriais, são crescentemente dependentes de dutos e malhas tubulares. Acompanham tal crescimento, muitos problemas operacionais, assim como emergências e contingências. Tais cenários mobilizam especialistas de diversas áreas e diferentes disciplinas que, de modo integrado precisam estar preparados para lidar com as mais variadas ocorrências, estando entre elas situações que provoquem a perda de integridade e/ou estabilidade dos dutos. No limite, tais cenários podem levar a situações de parada total da produção, até intervenções emergenciais a fim de que não se observem vazamentos com perda de produto e consequentes danos ao meio ambiente.

Desastres ambientais decorrentes de eventos climáticos extremos levam ainda, situações de risco ao crescente aumento da malha tubular terrestre instalada em terrenos sujeitos a acomodações e eventos naturais. Tal complexidade, é agravada pelo envelhecimento das instalações e severas condições de operação, provocando, conseqüentemente, um substancial crescimento no número de intervenções, sejam elas de rotina ou emergenciais. Especificamente na indústria do petróleo, tais problemas podem ocorrer em instalações terrestres e/ou marítimos, em malhas tubulares enterradas ou não, com dificuldade e gravidades proporcionais às lâminas d'água em que se atua.

A crescente exploração de petróleo em águas cada vez mais profundas e ultra profundas tem trazido cenários mais complexos e exigido dos operadores, fornecedores de equipamentos e especialistas, respostas disruptivas para atender tais situações limite, levando ainda em conta, o esforço da indústria como um todo visando minimizar ou mesmo eliminar a necessidade da utilização de mergulhadores para a execução de tarefas inerentes às operações de IMR (Inspeção Manutenção e Reparo), com a adoção, para tanto, de novas técnicas e métodos tele operados para intervenções em equipamentos localizados no leito marinho.

Dos problemas mais comuns encontrados em instalações submarinas (equipamentos ou dutos de escoamento) tem sido a ocorrência de erosão no entorno das estruturas bem como aparecimento e aumento de vãos livres em dutos instalados no leito marinho. o que leva à necessidade de efetuar calçamentos e suportações extras que evitem e/ou minimizem as vibrações e cargas dinâmicas prejudiciais à integridade de tais malhas. Tal situação é motivada por desconhecimento de alguns dados importantes, tais como: Poucos estudos disponíveis sobre correntes de fundo no Brasil; interações de tais correntes de fundo se desdobram em complexos processos oceanográficos, a saber: Correntes oceânicas, correntes de maré e oscilações de ondas com a geomorfologia da bacia (cânions, platôs, quebra de plataforma, parcéis); Pouco conhecimento sobre a relação entre correntes, transporte de sedimentos e formas de fundo; Intensa interação com estruturas e equipamentos submarinos; Os poucos fundeios realizados são esparsos e com curto período de aquisição de dados.”

Como em fases iniciais dos empreendimentos é praticamente impossível prever em que pontos da malha de dutos ocorrerão tais situações (depressões, assoreamentos etc.), é imperioso que empresas e operadores antecipem tais necessidades e busquem respostas, seja através de estudos, pesquisas e desenvolvimentos de contingência necessária via novos equipamentos e metodologia que estejam à disposição e “nas prateleiras” e com equipes treinadas, quando a urgência ocorrer.

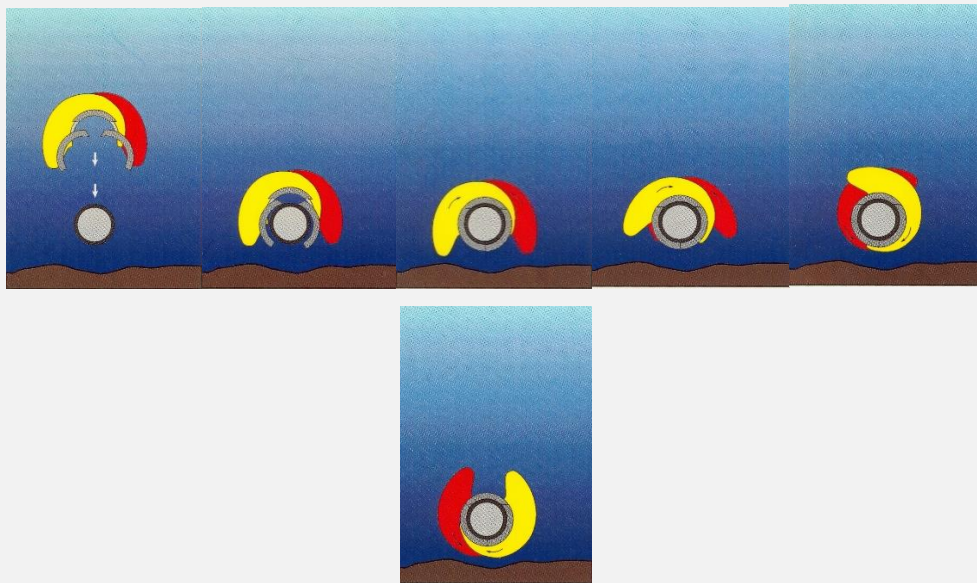
Assim sendo, dutos e equipamentos estão sujeitos a uma série de variáveis, muitas delas de difícil determinação, as quais são fundamentais para a elaboração de um projeto de lançamento e assentamento dos dutos sobre os leitos oceânicos. Some-se a esse quadro já complexo o fato de um bom número de vezes, já encontrarmos o próprio leito marinho bastante acidentado e a única solução viável quando do assentamento da tubulação é promover o calçamento por meio de algum equipamento projetado especificamente para o perfil de vãos encontrados na relação entre duto X superfície do leito marinho.

O desenvolvimento ora apresentado traz uma nova proposta de abordagem que contempla as condições resumidamente descritas acima e tem como principal objetivo evitar uso dos métodos considerados tradicionais para as situações de águas mergulháveis (onde os mergulhadores têm acesso e podem trabalhar) e oferecer aos operadores uma nova família de equipamentos destinados ao calçamento de dutos que se apresentem com vãos livres comprometedores da integridade estrutural do mesmo, ou ainda em situação instável mesmo que temporária.



Sistema “tradicional” manuseio por mergulho: empilhamento de sacos de areia para preenchimento de vãos livres, nem sempre há garantia de calçamento efetivo do duto

A arquitetura proposta para operação de calçamento permite que o equipamento possa ser operado de maneira simplificada por diversos meios de atuação, desde operação manual (com auxílio do homem) ou em modo tele operado (com auxílio de Veículo de Operação Remota).





Sequência da tele operação: manuseio, encaixe, fixação, ajuste, suportação, calçamento físico do duto (vetores na cor azul) e travamento dos suportes após garantia de eliminação da vibração

O sistema compreende basicamente um conjunto de duplos excêntricos -ou cames- que são portados por ROV-Veículos de Operação Remota e acoplados ao duto em ponto de interesse, como já dito, em modo tele operado. Uma vez solidarizado mecanicamente e fixado ao duto, também com ajuda do ROV, opera-se o mecanismo orbital, responsável pelo giro dos excêntricos em torno da superfície cilíndrica do duto a ser suportado, até que se atinja um contato com o solo, proporcionando de uma maneira simples, rápida e eficaz o calçamento do duto e eliminação da vibração.

Algumas aplicações correlatas onde o dispositivo poderá ser utilizado:

- Estabilização de dutos sob condições limites e de estresse;
- Cruzamento de dutos em malhas complexas;
- Suporte temporário e/ou definitivo de instalações em novos empreendimentos;
- Ferramenta auxiliar e de apoio operacional em casos de emergência;

Tal dispositivo tem ainda como fator suplementar:

- A possibilidade de ser usado por operador humano em novas obras de instalação terrestres;
- Poder ser usado também por mergulhador em ambientes subaquáticos liberados para mergulho humano;
- Por serem ajustáveis, os calços podem ser reutilizados/reaproveitados para outros vãos;
- Não necessitar gastos com direitos autorais, pois a patente é brasileira;

PALAVRAS-CHAVES

Intervenção tele operada para atender Dutos em balanço, Ferramenta para calçamento de dutos operada por ROV, Integridade estrutural em malha de dutos submarinos.

TEMA

Métodos e Processos de Fabricação e Montagem;

REFERÊNCIAS

PI9501741 0: Sistema orbital universal para operações em superfícies cilíndricas submarinas

PI9501923 5: Dispositivo para calçamento de dutos submarinos.

Tema 5: Eficiência energética

- (1) ESTUDO DA APLICAÇÃO DE EMBARCAÇÃO AUTÔNOMA DO TIPO SOLAR/ELÉTRICA PARA A REGIÃO DA AMAZÔNIA.**
PRISCILA SILVA (UFF), PAULO MONTEIRO (UFF), THALES LOPES (UFF), DANIEL DIAS (UFF), WANDERSON CORREA (UFF)
- (2) COMPARATIVO DA ANÁLISE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO EM USINAS FOTOVOLTAICAS DE SOLO COM ESTRUTURA TRACKER E FIXA.**
BEATRIZ RAMOS (UFF), GUSTAVO AZEVEDO (UFF), SANDRO COELHO (UFF), MARCIO FORTES (UFF)
- (3) ANÁLISE DA TENDÊNCIA DE FALHAS DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE UMA USINA FOTOVOLTAICA A PARTIR DO HISTÓRICO DE OPERAÇÃO.**
PEDRO NOGUEIRA (UFF), THALES LOPES (UFF)
- (4) IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE ENERGIA EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL.**
FILIPE SILVA (UFF), GERALDO FERREIRA (UFF)
- (5) DISPOSITIVO DE LIMITAÇÃO DE CORRENTE DE CURTO CIRCUITO EM UM CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES (CCM) DE UMA PLATAFORMA MARÍTIMA TIPO FPSO.**
LUCAS GONÇALVES (UFF), PAULO MONTEIRO (UFF)

ESTUDO DA APLICAÇÃO DE EMBARCAÇÃO AUTÔNOMA DO TIPO SOLAR/ELÉTRICA PARA A REGIÃO DA AMAZÔNIA

Priscila Silva¹, Paulo Monteiro², Thales Lopes³, Daniel Dias⁴, Wanderson Correa⁵

¹ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, priscilavieirasilva@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, pauloduailibe@id.uff.br

³ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, thalesterrola@id.uff.br

⁴ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, dhndias@id.uff.br

⁵ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, wscorrea@id.uff.br

RESUMO

A Amazônia é uma das regiões mais importantes do mundo em termos de biodiversidade e recursos naturais, incluindo minerais, madeira, petróleo e gás, além de ser habitat de uma grande variedade de espécies animais e vegetais. Infelizmente, a Amazônia vem sendo ameaçada por atividades humanas, como a expansão da agricultura, a pecuária, a mineração e a exploração madeireira. Essas atividades têm causado uma perda acelerada de florestas e espécies, além de prejudicar os povos indígenas que vivem na região há milhares de anos.

De acordo com LOUREIRO (2022), a Amazônia tem gerado sempre mais recursos para fora (Metrópole e Federação) do que tem recebido como retorno; tem sido, permanentemente, um lugar de exploração, abuso e extração de riquezas em favor de outras regiões e outros povos. Mesmo nos últimos trinta anos, quando grandes investimentos foram feitos em infraestrutura, estes visaram possibilitar a exploração de riquezas.

Assim, a utilização de uma embarcação autônoma do tipo solar/elétrica pode atuar no monitoramento ambiental (medir parâmetros como temperatura, umidade, qualidade da água e transmitir essas informações em tempo real), batimetria e varredura (pode ser equipado com vários tipos de sensores, como câmeras, lidars e sonares, para coletar dados de profundidade e topografia do fundo dos rios), transporte de cargas (a embarcação pode ser usada para transportar cargas, como mantimentos, produtos agrícolas e equipamentos, entre as cidades e comunidades ribeirinhas, sem a necessidade de tripulação), e patrulha e vigilância: o barco pode ser aplicado para patrulhar as águas da Amazônia, monitorando as atividades ilegais, como pesca ilegal, garimpo, e desmatamento, enviando alertas para as autoridades.

O uso dessa tecnologia na região pode trazer os seguintes benefícios:

- Eficiência operacional: As embarcações autônomas podem ser projetadas para otimizar a eficiência operacional. Elas podem realizar tarefas com maior precisão e consistência, minimizando erros humanos e aumentando a eficiência energética.

Isso resulta em um menor consumo de combustível e, portanto, em uma redução dos custos operacionais.

- Redução de acidentes: A automação e os sistemas de navegação avançados podem ajudar a evitar colisões e reduzir o risco de acidentes marítimos. A tecnologia de embarcação autônoma utiliza sensores, como radares e câmeras, combinados com algoritmos avançados, para detectar e evitar obstáculos. Isso leva a um ambiente de transporte marítimo mais seguro, reduzindo danos materiais, lesões e perdas de vidas humanas.
- Menor exposição humana a riscos: Ao eliminar a necessidade de tripulação humana a bordo, as embarcações autônomas podem operar em condições perigosas ou hostis que seriam arriscadas para a tripulação. Isso é particularmente benéfico onde as condições de navegação e climáticas podem ser extremas e representar riscos para os trabalhadores. A tecnologia autônoma permite que essas atividades sejam realizadas de forma mais segura e eficiente.
- Aumento da capacidade de carga: A remoção da tripulação das embarcações permite uma utilização mais eficiente do espaço interno. Sem a necessidade de acomodar a tripulação, é possível projetar embarcações com maior capacidade de carga. Isso pode levar a um aumento da eficiência logística, redução dos custos de transporte e maior competitividade em setores como transporte marítimo de carga.
- Impacto ambiental reduzido: Embarcações autônomas podem ser projetadas para serem mais eficientes em termos de consumo de combustível e emissões. Ao otimizar as rotas, a velocidade e outros parâmetros operacionais, essas embarcações podem reduzir a pegada de carbono e ajudar na transição para um transporte marítimo mais sustentável.

O aspecto relevante deste trabalho é que um dos grandes problemas enfrentados pelas plataformas autônomas é a energia disponível para operação, visto que esses dispositivos são, em sua maioria, alimentados por um conjunto de baterias, que por mais eficientes que sejam, impõe restrições em relação ao tempo de operação, potência de propulsão e carga útil a bordo (WERNLI, 2000; MANLEY, 2008).

É fundamental que os veículos autônomos tenham capacidade de autogeração de energia para melhorar a autonomia energética, especialmente em situações em que o autoabastecimento não é viável (NEGREIROS, 2022). Acrescentando-se a minimização da poluição atmosférica provenientes da queima de combustível fóssil principal forma de locomoção atualmente.

1º Congresso de Montagem Industrial

Além disso, os benefícios para a população também são de suma importância. Através da embarcação autônoma o acesso ao porto mais próximo será facilitado e menos custoso impulsionando a economia, assim como a qualidade de vida da população que será expandida.

A embarcação autônoma em estudo é um catamarã movido à energia solar com sistema de armazenamento de energia e propulsão elétrica. Seguem abaixo os características do catamarã:

Tabela 1: Dados da Embarcação Autônoma.

ESPECIFICAÇÕES	
Comprimento	3.00 m
Largura	2.05 m
Altura do mastro	1.00 m
Velocidade mín	10 km/h
Velocidade máx	25 km/h
Peso	32 kg

Fonte: Elaboração do Autor, 2023.



Figura 1: Embarcação Autônoma.

Fonte: Elaboração do Autor, 2023.

Já dentre os recursos tecnológicos, o catamarã apresenta sistemas com visão computacional e inteligência artificial para navegação e sistemas de monitoramento remoto da qualidade da água.

Tabela 2: Recursos de IA

RECURSOS DE IA	
Marujo Digital	detecção de embarcações, pessoas, obstáculos, marcação da linha do horizonte e marcação de trajetória.
Sistema de Segurança Automático	Caso alguém se aproxime da embarcação com atitudes suspeitas, ele entra em modo de segurança, retornando a base.

Fonte: Elaboração do Autor.

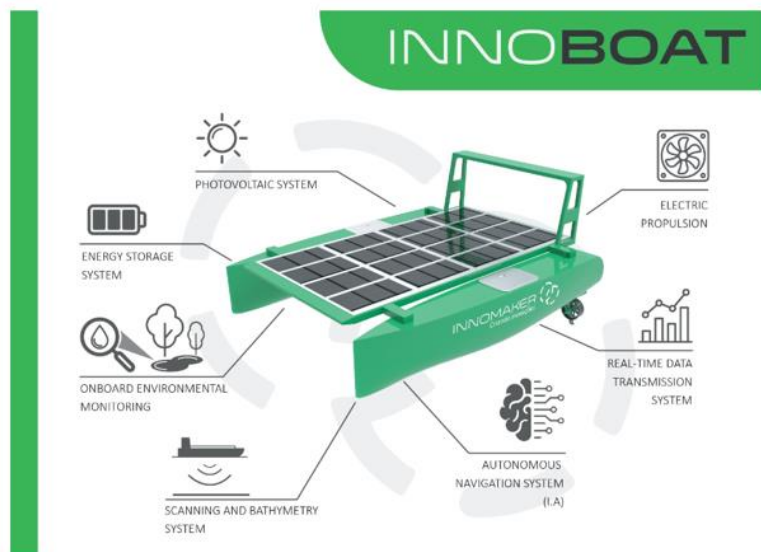


Figura 2: Recursos da Embarcação

Fonte: Elaboração do Autor, 2023.

Assim, acredita-se que a realização de estudos de uma nova alternativa ecologicamente correta com a introdução de novas tecnologias baseadas em energia solar, armazenamento de energia e autonomia da embarcação trará grande contribuição para o desenvolvimento sustentável da região da Amazônia e poderá proporcionar boas contribuições para o meio acadêmico e profissional.

Com a intenção de inovar e contribuir de forma sustentável com a preservação da Amazônia e da população que nela vivem buscou-se como resultados mapear o universo da embarcação autônoma em questão e suas particularidades, possibilitando enxergar um novo cenário de negócios e, assim, proporcionar as melhores decisões.

A análise de Viabilidade Técnica e Econômica de uma Embarcação Solar/Elétrica na Região Amazônica envolve uma abordagem abrangente e multidisciplinar, que integra análises técnicas, econômicas e ambientais. A combinação dessas etapas permitirá uma avaliação criteriosa sobre a viabilidade dessa tecnologia na região, considerando suas especificidades e desafios.

Uma vez concluído o estudo de viabilidade técnica e econômica da região da Amazônia, o projeto de pesquisa espera como resultado uma nova proposta de modelo de negócio voltado para utilização da embarcação autônoma do tipo solar/elétrica. Os resultados obtidos serão fundamentais para orientar tomadores de decisão, formuladores de políticas públicas e investidores interessados na adoção de embarcações mais sustentáveis na região amazônica.

PALAVRAS-CHAVES

Embarcação autônoma; Amazônia; Energia renovável; Painel Solar.

TEMA

Gerenciamento de Projetos e Obras de Instalações Industriais.

AGRADECIMENTOS

SEBRAE (Projeto catalisa ICT);

INNOMAKER (Bolsa MAI DAI);

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;

Prefeitura de Niterói (Projeto PDPA – Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Aplicado);

REFERÊNCIAS

CORREA, Wanderson et al. *Energy Management in Autonomous Vessels Using Restricted Boltzmann Machine*. Latin American Robotics Symposium (LARS), 2021 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2021 Workshop on Robotics in Education (WRE). [S. l.: s. n.], 2021. p. 66–71.

DOI: 10.1109/LARS/SBR/WRE54079.2021.9605413

LOUREIRO, V. R. *Amazônia: uma história de perdas e danos, um futuro a (re)construir*. *Estudos avançados*, 16 (45), 107-121, 2022.

MANLEY, J. E. Unmanned surface vehicles, 15 years of development. *OCEANS 2008*, IEEE, p. 1-4, 2008.

NEGREIROS, Alvaro PF, et al. *Sustainable solutions for sea monitoring with robotic sailboats: N-boat and F-boat twins*. *Frontiers in Robotics and AI*. doi: 10.3389/frobt.2022.788212, 2022.

WERNLI, R. L. *AUV's – The Maturity of the Technology*. *Oceans'99 MTS/IEEE. Riding the Crest into the 21st Century*, v. 1, p. 189-195, 2000.

COMPARATIVO DA ANÁLISE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO EM USINAS FOTOVOLTAICAS DE SOLO COM ESTRUTURATRACKER E FIXA

Beatriz Ramos¹, Gustavo Azeredo², Sandro Coelho³, Marcio Fortes⁴

¹ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, beatrizbfr@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, gm_azeredo@id.uff.br

³ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, srcoelho@id.uff.br

⁴ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, mzamboti@id.uff.br

RESUMO

Embora a matriz energética brasileira seja reconhecida internacionalmente como uma das mais sustentáveis [1], o uso de combustíveis fósseis ainda é amplamente predominante no país. O emprego de petróleo, carvão e gás natural acarreta impactos ambientais e sociais significativos. Esses combustíveis são responsáveis pelas mudanças climáticas devido às emissões de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), além de contribuírem para o aquecimento global e aumentarem a dependência econômica, em virtude da vulnerabilidade aos preços do petróleo e gás natural. Tais fatores geram consequências importantes para a economia global e instabilidade em regiões produtoras desses recursos.

Diante desse cenário, é cada vez mais necessário reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, a fim de mitigar os impactos ambientais e diversificar a matriz energética brasileira, devido à crescente demanda por energia. Uma solução encontrada é a promoção das fontes de energia renovável, sendo a energia solar fotovoltaica uma das mais promissoras [2].

Noutras palavras, a inserção de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira, em particular a energia solar fotovoltaica, tem contribuído para atender à crescente demanda de no mercado nacional, impulsionada por suas atratividades ambientais e econômicas.

Isso se deve, em grande parte, às vantagens significativas apresentadas, como a localização geográfica privilegiada do Brasil, próximo à linha do Equador, permitindo altos níveis de radiação solar durante todo o ano, e às extensas áreas de terra disponíveis, o que o torna um local propício para o desenvolvimento de projetos de energia solar fotovoltaica [3].

Entretanto, a geração de energia nas usinas fotovoltaicas (UFVs) ainda apresenta incertezas, principalmente em relação à natureza estocástica do recurso solar, a qual se mostra inerente a fatores e eventos meteorológicos.

Além disso, a rápida evolução das tecnologias ligadas ao setor, produto principal de sua exponencial evolução dos últimos anos, também contribui para dificultar o dimensionamento das perdas e desempenho dos sistemas.

Nesse contexto, um elemento importante no desenvolvimento de usinas solares é a adoção de tecnologias que visem a melhorar a eficiência e o desempenho dos sistemas. Uma dessas tecnologias é a utilização de rastreadores solares, também conhecidos como *trackers*. Esses sistemas automatizados permitem que os módulos solares fotovoltaicos acompanhem o movimento do sol ao longo do dia, aumentando a eficiência global de geração, mantendo os painéis perpendicularmente à radiação direta na maior parte do tempo e, conseqüentemente, captando uma maior quantidade de irradiação, resultando em uma maior produção de eletricidade. Isso se traduz em um aproveitamento mais eficiente da área ocupada pela usina tornando-a mais competitiva no mercado de energia.

No entanto, também existem usinas solares que empregam módulos solares fotovoltaicos fixos em uma única posição. Embora não ofereçam o mesmo nível de eficiência que as usinas com tracker, elas são mais simples e menos dispendiosas de serem instaladas e operadas. Além disso, os módulos fixos têm uma manutenção mais fácil e requerem menos componentes móveis, o que reduz o risco de falhas mecânicas e aumenta a vida útil do sistema [4].

Buscando apresentar soluções para as dificuldades apresentadas, este artigo analisa e compara o desempenho energético de duas usinas de um mesmo complexo fotovoltaico, localizado no interior do estado do Rio de Janeiro, que possuem topologias distintas para captação da irradiação solar: uma primeira com estrutura fixa e módulos monofaciais e outra com estrutura tracker e módulos bifaciais.

Desse modo, este artigo tem como principal objetivo comparar o desempenho energético de duas usinas solares fotovoltaicas localizadas no interior do estado do Rio de Janeiro. Ambas possuem a mesma potência instalada, distinguindo a topologia adotada entre elas, onde a primeira possui módulos bifaciais e estrutura com tracker e a segunda módulos monofaciais e estrutura fixa. Ao longo deste artigo, serão apresentados os estudos de casos mostrando a localização dos sistemas, assim como alguns dados meteorológicos relevantes, informações elétricas dos sistemas, dados simulados de geração, obtidos através do software fotovoltaico PVSyst e informações sobre o desempenho real das usinas solares com e sem tracker. A análise comparativa dessas abordagens permitirá avaliar aquela que possui melhor eficiência, considerando aspectos técnicos e ambientais.

A metodologia aplicada a este estudo foi dividida em três partes: características da Região, características dos sistemas e simulação PVSyst.

Como o presente artigo propõe comparar o desempenho de dois sistemas fotovoltaicos (PV) distintos, como referido anteriormente, o primeiro com estrutura solar fixa e módulos monofaciais, e o outro com mecanismo de seguidor solar utilizando a estratégia de seguimento azimutal de mobilidade de um eixo, para a direção leste-oeste e módulos bifaciais. Então, é

fundamental conhecer primeiramente a região onde esses sistemas foram instalados. Sendo assim, procurou-se fontes de informações especializadas em dados meteorológicos, a fim de se obter informações a respeito da região em estudo. Escolheu-se a base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) [5] utilizando como critérios: a densidade da rede de medição, a homogeneidade dos sensores, séries temporais relativamente mais longas e poucas falhas nas séries temporais. De todas as estações do INMET, selecionaram-se 39 localizadas no Estado do Rio de Janeiro e adjacências, ou seja, alguns municípios dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo para prover a continuidade física da irradiação solar no processo de interpolação e mapeamento.

Para dar continuidade ao artigo, foi observado um complexo fotovoltaico recém-instalado na região mencionada anteriormente, no município de Vassouras. Esse complexo é subdividido em miniusinas de geração de energia e possuem no mesmo território topologias distintas para cada usina. Dentro das unidades instaladas no complexo, foi priorizado unidades que apresentassem maior proximidade, para conservar valores meteorológicos e de irradiação solar e potências instaladas semelhantes. Diante disso, foram observadas duas usinas com topologias distintas. A usina fotovoltaica A possui módulos monofaciais e estrutura fixa, com potência nominal instalada de 200kW e 760 módulos monocristalinos de 345Wp cada, totalizando 262,20 kWp. A usina foi instalada em terreno nivelado sobre estrutura de aço galvanizado a 0,9m do solo e inclinados a 20º em relação ao plano horizontal, com face voltada ao norte verdadeiro. Estes módulos são agrupados em 38 arranjos ligados em série, denominados strings, e distribuídos entre dois inversores centralizados de potência 100kW, nos quais a energia gerada é convertida para corrente alternada e transmitida ao transformador geral da Planta.

Localizada a poucos metros de distância e apresentando mesma potência instalada, a usina fotovoltaica B, possui 380 módulos bifaciais com potência de 540Wp cada, distribuídos entre 24 strings para conexão em 4 inversores centralizados de 50kW, permitindo o aproveitamento do albedo 1 do terreno, totalizando 205,20 kWp instalado.

Para as simulações, foi utilizado o software PVsyst, um dos programas computacionais mais populares para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos do mercado. O programa é comercializado pela PVsyst SA, com sede na Suíça, cuja especialidade é o desenvolvimento e distribuição de programas computacionais comerciais para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos conectados à rede ou isolados. O programa dispõe de várias funcionalidades e ferramentas, tais como: simulação de produção de energia, avaliação econômica, pré-dimensionamentos, efeitos de sombreamentos, importação de dados meteorológicos e outras facilidades.

A partir do levantamento de dados de projeto e geração mensal de ambas as usinas durante seu

primeiro semestre de operação, foi possível executar simulações utilizando o software PVSyst e compará-los com dados reais de geração de energia apresentados durante o período.

Com a análise das simulações realizadas, foi possível apresentar através do artigo os principais pontos de melhoria e otimização do desempenho energético de usinas fotovoltaicas a partir da aplicação de sistemas de rastreamento solar, os quais se concentram principalmente na maior eficiência da conversão fotovoltaica e menores perdas anuais de geração de energia por depreciação da instalação, trazendo ganhos positivos ao dimensionamento e operação da planta.

A análise comparativa entre ambos os sistemas também indicou aumentos discretos na geração de energia com a aplicação de sistemas trackers, com valores variando entre 2% e 3% acima dos apresentados pela usina fotovoltaica fixa selecionada, com médias ainda distantes das apresentadas pelo mercado, embora já apresentando ganhos concretos durante seu primeiro semestre de operação.

PALAVRAS-CHAVES

Geração distribuída; Tracker; Usina Solar Fotovoltaica; Energia Renovável; Eficiência Energética.

TEMA

Métodos e Processos de Fabricação e Montagem

AGRADECIMENTOS

REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL, “Sistema de Informações de Geração.” [Online]. Available: <https://app.powerbi.com/infograficos>
- [2] Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, “ABSOLAR.” [Online]. Available: <https://www.absolar.org.br/>
- [3] GSA, “Global Solar Atlas.” [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/download>
- [4] T. Bifacial, “RICARDO MACHADO PROJETO E IMPLANTAC, A~ O DE USINA SOLAR FOTOVOLTAICA COM MO´ DULOS DE.”
- [5] “Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.” [Online]. Available: <https://portal.inmet.gov.br/>

ANÁLISE DA TENDÊNCIA DE FALHAS DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE UMA USINA FOTOVOLTAICA A PARTIR DO HISTÓRICO DE OPERAÇÃO

Pedro Nogueira¹, Thales Lopes¹

¹ Universidade Federal Fluminense - UFF, Rio de Janeiro, thalesterrola@id.uff.br

RESUMO

Usinas fotovoltaicas são sistemas que convertem energia oriunda da radiação solar em energia elétrica, por meio de módulos fotovoltaicos. Para conexão a uma rede elétrica em corrente alternada, necessitam o uso de inversores, cujo papel principal é converter as grandezas em corrente contínua para a corrente alternada. Elevadas metragens de condutores para corrente contínua e alternada são aplicadas, assim como caixas de junção e transformadores para conexão aos sistemas de transmissão de eletricidade. A Figura 1 ilustra uma configuração típica de usinas solares fotovoltaicas.

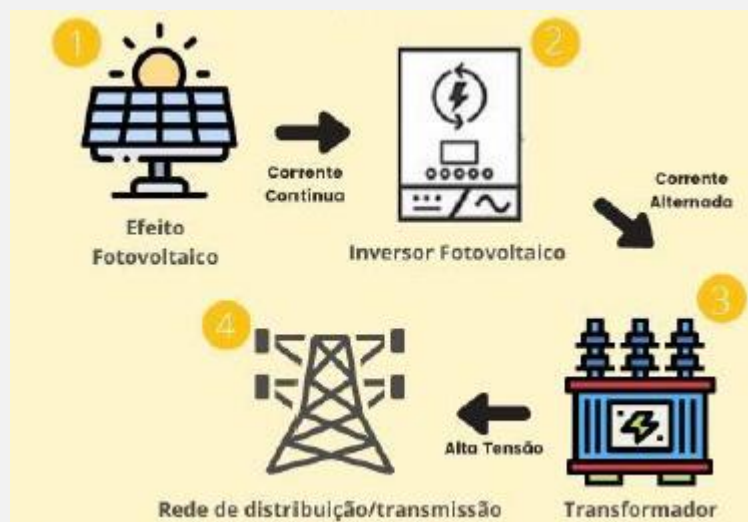


Figura 1: Configuração típica das usinas fotovoltaicas de energia elétrica. Fonte: ENERGES [1]

Como em qualquer sistema de geração de energia, podem ocorrer falhas nos seus equipamentos, levando a perda de parte dos mesmos e, no pior caso, toda a geração da usina. Soma-se os custos elevados de manutenção e reparo destas falhas. Assim, o estudo da tendência de falhas em equipamentos e a definição de estratégias assertivas de manutenção, mostra ser de suma importância para que se maximize a geração de uma usina fotovoltaica [2].

Neste contexto, o presente trabalho procura identificar quais são as falhas mais recorrentes durante a operação dos equipamentos de uma usina solar fotovoltaica e, com base em dados históricos e aplicando indicadores clássicos da manutenção, analisar a frequência de ocorrência

1º Congresso de Montagem Industrial

destas falhas e se as estratégias de manutenção adotadas pela empresa nos últimos anos estão sendo eficazes e com resultados satisfatórios.

Dados do histórico de operação nos anos de 2021, 2022 e até abril de 2023, de uma usina fotovoltaica real, são utilizados a fim de se identificar quais equipamentos que apresentaram maiores índices de falhas, quais foram as falhas mais frequentes e quais os componentes desses equipamentos falharam com maior frequência. A análise de falhas considerou os seguintes equipamentos presentes nas usinas: módulo fotovoltaico, inversor, módulo de fase do inversor e transformador de média tensão (*MV Station*). A Figura 2 detalha a distribuição dos equipamentos na usina fotovoltaica em análise, considerando que a mesma é subdividida em 11 áreas.

SPE	MV STATION	TRANFORMADORES	INVERSORES	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS
Área 01	7	14	27	97200
Área 02	8	16	31	125550
Área 03	8	16	31	125550
Área 04	8	16	31	125550
Área 05	8	16	31	125550
Área 06	8	16	31	125550
Área 07	8	16	31	125550
Área 08	7	14	27	97200
Área 09	8	16	31	125550
Área 10	8	16	31	125550
Área 11	7	14	27	97200
TOTAL	85	170	329	1.296.000

Figura 2: Número de equipamentos em cada área da usina fotovoltaica.

Para a identificação de uma possível falha, antes da sua ocorrência, de modo que não seja impactada a geração da usina fotovoltaica, indicadores de manutenção são aplicados para a definição da estratégia de manutenção preditiva a ser adotada na usina. As expressões (1) e (2), respectivamente, apresentam os indicadores empregados, no caso, o *Mean Time Between Failures* (MTBF) e a Taxas de Falhas (TF) [3]. O tempo médio entre falhas (MTBF) mede o tempo médio que uma máquina ou equipamento opera antes de ocorrer uma falha, sendo uma medida fundamental e que auxilia na previsão do desempenho e na gestão de riscos de um sistema. Ao conhecer o MTBF de um componente ou sistema, é possível tomar decisões pertinentes sobre manutenção preventiva, planejamento de substituição, alocação de recursos e, até mesmo, na escolha dos melhores componentes para aumentar a confiabilidade geral do sistema. A TF é a medida do número de falhas que ocorrem em um determinado período de tempo. É expressa como o número de falhas por unidade de tempo, como falhas por hora ou falhas por ano. Quanto maior a taxa de falhas, maior é o tempo de indisponibilidade dos equipamentos, o que pode resultar em grandes paradas na operação, custos adicionais de manutenção e perdas de receita.

$MTBF = \frac{T_D - T_M}{P}$	(1)
$T_F = \frac{T_M}{T_D}$	(2)

Onde:

- Tempo de Disponibilidade (TD): É o tempo ideal que o equipamento estaria operando caso não apresentasse nenhuma falha;
- Tempo de Manutenção (TM): É o tempo total que o equipamento fica parado devido a uma falha, inclusive o tempo de retomada;
- Número de paradas (P): Quantidade de paradas que o equipamento apresentou.

As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam o número de falhas verificadas no intervalo de tempo e nos equipamentos considerados. O conjunto total de falhas foi empregado para os cálculos do MTBF, TF e consequente definição da estratégia de manutenção preditiva para a usina. As Figuras 3, 4 e 5 foram obtidas a partir da ferramenta *Power BI* e representam um mapa de árvore, onde cada retângulo nas áreas são um ponto de transformação de média tensão (*MV Station*) e o tamanho do retângulo é proporcional ao número de falhas verificadas.

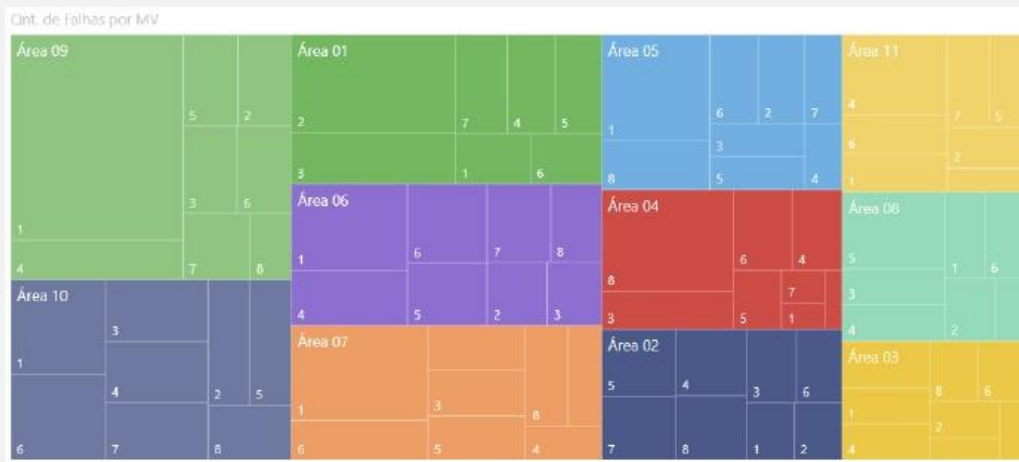


Figura 3: Número de falhas por Área e MV Station para módulos fotovoltaicos.



Figura 4: Número de falhas por Área e MV Station para os módulos de fase dos inversores.



Figura 5: Número de falhas por Área e MV Station para transformadores.

A Figura 6 mostra o número de falhas verificadas em inversores fotovoltaicos nos anos de 2021 e 2022, enquanto a Figura 7 destaca os componentes dos inversores que apresentaram o maior número de falhas para o ano de 2022, revelando que a falha por comunicação foi a mais frequente (17,39%), seguida pela falha no disjuntor AC (16,42%) e falha na IGBT (14%).



Figura 6: Número de falhas em inversores nos anos de 2021 e 2022.

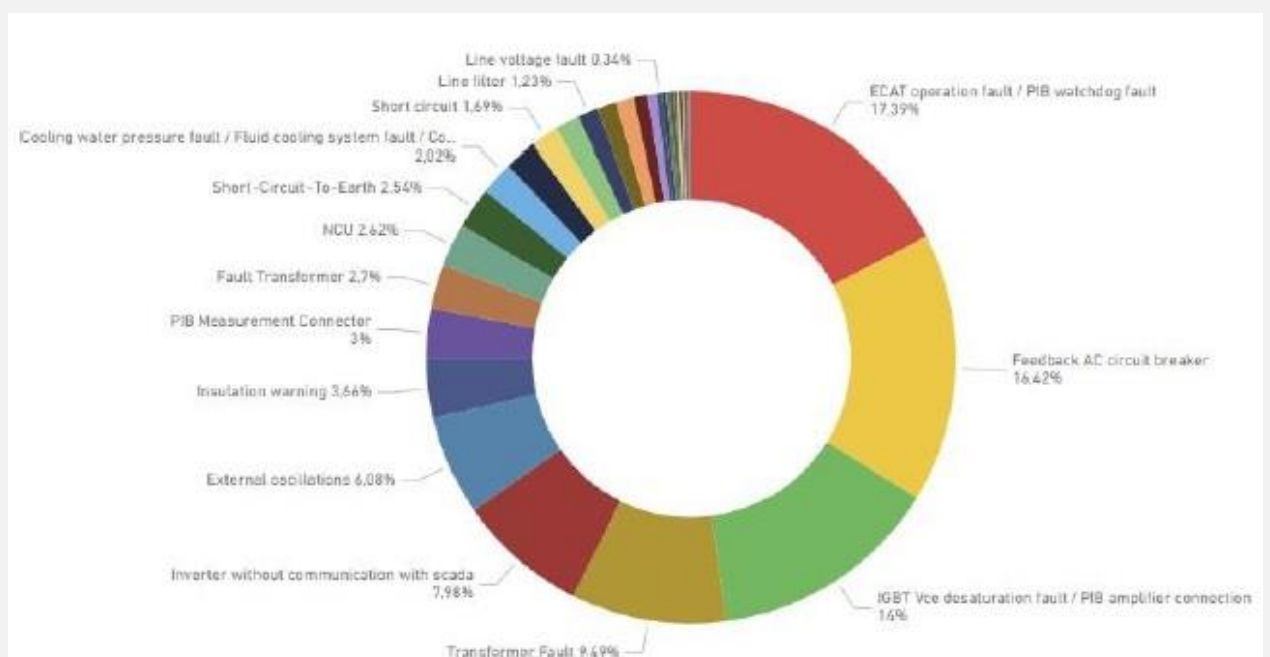


Figura 7: Principais componentes com falhas em inversores no ano de 2022.

O cálculo do MTBF com base nos dados históricos permite determinar a probabilidade de uma falha ocorrer dentro de um determinado período. Essa informação é extremamente valiosa, pois permite planejar intervenções de manutenção preventiva com relativa antecedência, reduzindo o risco de paralisação inesperada e minimizando custos de reparo e perdas na geração de energia.

A Figura 8 realiza um comparativo entre o MTBF calculado para os anos de 2021 e 2022, considerando todos os quatro equipamentos analisados. O aumento do MTBF de um ano para o outro indica um progresso positivo em termos de redução de falhas na usina fotovoltaica, o que se caracteriza nas áreas 03, 04, 05, 06, 07 e 11. Por outro lado, em algumas áreas o MTBF apresentou redução, como nas áreas 01, 02, 08, 09 e 10, indicando que há problemas recorrentes que precisam ser resolvidos.

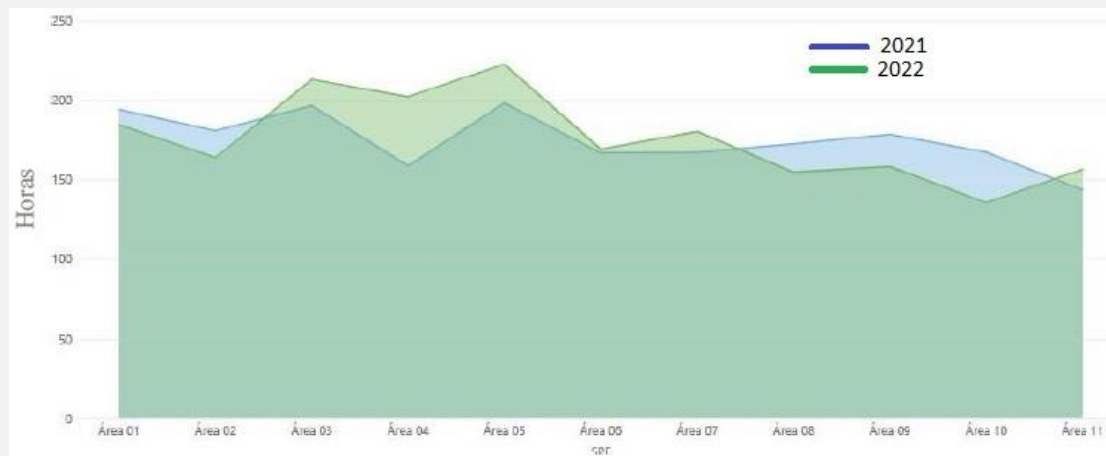


Figura 8: Comparativo do MTBF nos anos de 2021 e 2022.

A TF, por sua vez, fornece uma visão clara da confiabilidade dos equipamentos, permitindo identificar aqueles com maiores taxas de falhas e implementar estratégias para reduzir as suas interrupções não planejadas. A Figura 9 faz um comparativo entre as taxas de falhas verificadas nos anos de 2021 e 2022. Observa-se que as ações de manutenção preditivas implementadas na usina fotovoltaica entre 2021 e 2022 foram efetivas, especialmente no mês de janeiro de 2022, quando a taxa de falhas e indisponibilidade dos equipamentos apresentou uma redução drástica. Esses resultados indicam os benefícios das medidas de manutenção preditiva adotadas.

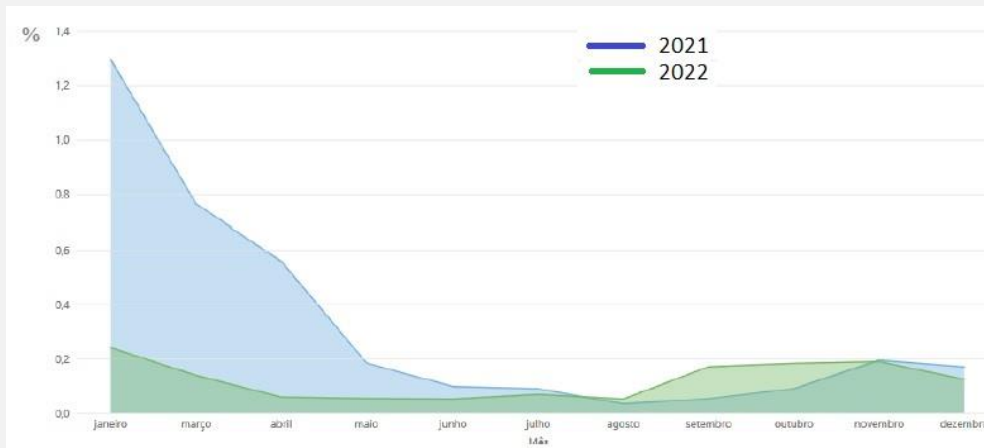


Figura 9: Comparativo do TF nos anos de 2021 e 2022.

Importante destacar que as informações trazidas pelo MTBF e a TF possibilitam extrair várias conclusões sobre a operação da usina fotovoltaica. A Taxa de Falha é um indicador fundamental para avaliar a disponibilidade e o desempenho dos equipamentos utilizados na usina. A sua informação pode ser complementada pela análise do MTBF de anos diferentes, que pode ajudar a avaliar a qualidade dos equipamentos e dos seus componentes. Se o MTBF reduzir consideravelmente ao longo dos anos, isso pode indicar que os componentes estão se desgastando mais rapidamente do que o esperado ou que foram utilizados materiais de baixa qualidade. Essa informação pode ser usada para aprimorar o processo de seleção de fornecedores e melhorar a durabilidade dos equipamentos utilizados na usina. O MTBF possibilita também, identificar padrões sazonais em relação às falhas do sistema. Por exemplo, pode-se descobrir que certos meses ou períodos do ano têm um MTBF menor devido a condições ambientais específicas, como ocorrência de tempestades ou altas temperaturas.

Este trabalho realizou uma análise da tendência de ocorrência de falhas nos principais equipamentos de uma usina solar fotovoltaica, a partir de dados históricos da operação da usina e aplicando indicadores clássicos de manutenção, o MTBF e a Taxa de Falhas. Os resultados apresentados indicam que a conjunção de dados históricos de operação com os indicadores de manutenção permite desenvolver estratégias de manutenção para antecipar falhas potenciais, planejar intervenções preventivas e minimizar as interrupções não programadas, contribuindo para a melhoria do desempenho da usina fotovoltaica.

PALAVRAS-CHAVES

Usina solar fotovoltaica, dados históricos, Taxa de Falhas, Tempo Médio entre Falhas, manutenção.

TEMA

Comissionamento e Descomissionamento de Instalações Industriais.

REFERÊNCIAS

- [1] JOI. Como funcionam as Usinas de Energia Elétrica. ENERGÊS. Disponível em: <https://energes.com.br/como-funcionam-as-usinas-de-energia-eletrica>
- [2] COLLI, A. Failure mode and effect analysis for fotovoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 50, p. 804–809, 2015.
- [3] SULLIVAN, G. P.; PUGH, R.; MELENDEZ A. P. *Operations & Maintenance Best Practices: A Guide to Achieving Operational Efficiency*. CreateSpace Independent Publishing Platform, August, 2010, 324 p. ISBN-10 1973811480.

IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE ENERGIA EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL

Fillipe Silva¹, Geraldo Ferreira²

¹ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, fillipebelgone@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, geraldoferreira@id.uff.br

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de apresentar os principais riscos na implementação de projetos de energia eólica *offshore* no Brasil sob a ótica do empreendedor, através de uma análise qualitativa.

Nos últimos anos, a energia eólica *offshore* tem se apresentado como uma opção viável para a geração de energia renovável, por meio de políticas públicas em resposta às preocupações ambientais da sociedade atual. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020a), no ano de 2018 foram instalados 4,5 GW de energia eólica offshore no mundo. Até o fim de 2018 o mundo já possuía 23,1 GW instalados, sendo que o Reino Unido, Alemanha e China concentravam mais de 90% de toda capacidade instalada.

O primeiro *Offshore Wind Outlook 2019* (IEA, 2019) da Agência Internacional de Energia, desenvolvido com o objetivo de apresentar à sociedade o estágio atual da energia eólica *offshore* ao redor do mundo, como ela pode ser desenvolvida e quais desafios ainda precisam ser superados, indica uma oportunidade de indústria de 1 trilhão de dólares até 2040 e a chance de ser uma das principais tecnologias de produção de energia em todo o mundo.

De acordo com os atuais planos de investimentos e políticas governamentais, espera-se que o mercado de energia eólica *offshore* cresça 13% ao ano, adicionando mais de 20 GW ao ano em 2030. Para atingir o crescimento mencionado, serão necessários investimentos na ordem de USD 840 bilhões nas próximas duas décadas. Porém, para atingir os objetivos globais relacionados à mudança climática e sustentabilidade será fundamental um crescimento ainda mais rápido, com adição de 40 GW por ano até 2030, desta forma, elevando os investimentos necessários para mais de USD 1,2 trilhões (IEA, 2019).

No Brasil, a energia elétrica pode apresentar um crescimento na ordem de 3,7% ao ano entre 2020 e 2030 e um consumo potencial 3 vezes maior em 2050, quando comparado com 2015, conforme aponta (EPE, 2020b). Destaca-se, ainda, o fato de o Brasil apresentar uma longa extensão costeira capaz de proporcionar um enorme potencial eólico, ainda inexplorado, para a implantação de projetos eólicos *offshore*, sendo que, de acordo com a Empresa de Pesquisa

Energética, este potencial pode chegar a 697 GW (EPE, 2020a).

Com base na demanda crescente por energia elétrica no Brasil, alinhada com o enorme potencial eólico *offshore*, empreendedores nacionais e internacionais demonstraram interesse no desenvolvimento de projetos desta natureza no país, como pode ser observado no aumento de processos de licenciamento ambiental. O Brasil possui aproximadamente 54 projetos de energia eólica *offshore* em licenciamento ambiental, totalizando 133.3 GW de capacidade, por meio de 17 empreendedores (IBAMA, 2022). Entretanto, cabe ressaltar que a implantação e o desenvolvimento de projetos dessa natureza no Brasil apresentam uma série de desafios, como, por exemplo:

- Falta de legislação adequada que garanta o direito de utilização de regiões offshore ao empreendedor;
- Necessidade de adequação dos procedimentos atualmente adotados no licenciamento ambiental;
- Desenvolvimento da cadeia de fornecedores no Brasil para projetos de energia eólica offshore;
- Adequação do sistema portuário brasileiro;
- Disponibilidade de navios e outras embarcações adequadas ao transporte, instalação e manutenção das estruturas offshore;
- Desenvolvimento e fortalecimento do sistema integrado nacional (SIN);
- Necessidade de mão-de-obra qualificada;
- Baixa competitividade frente a outras fontes renováveis atualmente disponíveis no SIN (EPE, 2020).

Mesmo com projetos atualmente em licenciamento ambiental no Brasil, o país carece de estudos apontando para os principais riscos e potenciais soluções para destravar essa nova indústria e, conseqüentemente, auxiliar na geração de empregos e receita.

A pesquisa apresentada neste trabalho visa contribuir para ampliar o conhecimento acerca dos riscos associados à implementação de projetos de energia eólica *offshore* no país. Esta pesquisa é uma pesquisa aplicada, quanto à sua natureza, e qualitativa, quanto à forma de abordagem utilizada.

Com relação aos seus objetivos, uma pesquisa pode ser classificada em três grupos distintos: exploratória, descritiva e explicativa. A pesquisa utilizada nesse estudo é a exploratória, pelo fato de buscar mais detalhes sobre o problema de pesquisa em estudo, criando condições de possibilidades para o desenvolvimento de novas abordagens (GIL, 2015).

1º Congresso de Montagem Industrial

Para melhor compreensão do problema abordado, são utilizados, como procedimentos técnicos de pesquisa, o levantamento bibliográfico, as entrevistas com especialistas no problema da pesquisa, a análise de casos e de documentos (GIL, 2015).

A pesquisa foi estruturada da seguinte forma a fim de alcançar os resultados desejados: Revisão da literatura, Mapeamento do estado da arte na literatura, Pesquisa junto aos especialistas, Elaboração do questionário, Aplicação do questionário, Análise dos resultados e conclusão da pesquisa. Estas etapas são descritas a seguir:

- Revisão da literatura: A contextualização da pesquisa foi importante para construção do panorama geral do tema proposto. Para isso, realizou-se uma pesquisa nas bases Scopus, ScienceDirect, Web of Science, Engineering Village, plataforma Sucupira e também em sites do governo como o Ministério de Minas e Energia e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), além da Agência Internacional de Energia (AIE), com o objetivo de fornecer fundamentação teórica ao estudo.

- Mapeamento do estado da arte na literatura: Buscando identificar os principais riscos na implementação de projetos de energia eólica *offshore* no Brasil, utilizaram-se as fontes de pesquisa mencionadas onde foram selecionados 32 artigos científicos nas bases de dados Scopus e ScienceDirect relacionados com o objeto da pesquisa.

- Pesquisa junto aos especialistas: Foram encontrados 30 riscos na literatura, separados em cinco categorias diferentes, entre elas os riscos políticos, mercado, econômico, técnico e social. Após esta etapa de identificação, os riscos foram submetidos para análise de dois especialistas envolvidos no desenvolvimento de projetos de energia eólica *offshore* no Brasil, em duas empresas de grande porte, com o objetivo de validar a relevância dos riscos mapeados durante a revisão da literatura. Após a análise com os especialistas envolvidos os riscos foram reduzidos de 30 para 28.

- Elaboração do questionário: Os 28 riscos relevantes para os empreendimentos eólico *offshore* identificados na literatura e validados pelos especialistas, foram usados como suporte para construção de um questionário para levantamento de dados. O questionário foi construído com 19 perguntas, tendo como objetivo conhecer o perfil do respondente, identificar a relevância dos riscos apresentados, possibilitar a identificação de outras ameaças, além de levantar os principais riscos envolvidos nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil.

- Aplicação do questionário: Os questionários foram enviados para especialistas envolvidos no desenvolvimento de projetos de energia eólica *offshore* no Brasil. Os profissionais faziam parte de empresas do ramo de óleo e gás, energia renovável, óleo e gás e renováveis, educação e outros. A aplicação do questionário durou quatro semanas e alcançou profissionais de diferentes partes da cadeia de valor dos empreendimentos eólico *offshore*.

- Análise dos resultados e conclusão da pesquisa: A análise dos resultados foi feita através do desenvolvimento de gráficos, visando a organização dos dados para posterior interpretação e integração dos novos riscos identificados entre as categorias propostas na pesquisa, além de organizar as principais ameaças apontadas para as regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil.

A partir da identificação prévio dos riscos, pôde-se validar, com especialistas envolvidos no desenvolvimento de energia eólica *offshore* no Brasil, as ameaças identificadas e, além disso, analisar qualitativamente, sob a ótica dos entrevistados, o impacto de cada risco no desenvolvimento da indústria. Ao longo da pesquisa também foi possível identificar novos riscos através do questionário aplicado e mapear os principais riscos para as regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil.

PALAVRAS-CHAVES

Risco; análise de risco; energia eólica offshore; projetos de energia eólica offshore;

TEMA

Gerenciamento de Projetos e Obras de Instalações Industriais.

REFERÊNCIAS

- EPE. Roadmap Eólica Offshore no Brasil. 2020 (a). EPE/Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: < https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- EPE. Plano Nacional de Energia – PNE 2050. 2020 (b) – EPE/Empresa de Pesquisa Energética. em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2021
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2015.
- IBAMA. Licenciamento Ambiental Federal de Complexos Eólicos Offshore. 2022. Licenciamento Ambiental Federal. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/laf/consultas/mapas-de-projetos-em-licenciamento-complexos-eolicos-offshore> >. Acesso em: 13 mai. 2022.
- IEA. World energy Outlook 2019. 2019. IEA/International Energy Agency. Disponível em: < <https://iea.blob.core.windows.net/assets/98909c1b-aabc-4797-9926-35307b418cdb/WEO2019-free.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

DISPOSITIVO DE LIMITAÇÃO DE CORRENTE DE CURTO CIRCUITO EM UM CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES (CCM) DE UMA PLATAFORMA MARÍTIMA TIPO FPSO

Lucas Gonçalves¹, Paulo Monteiro

Escola de Engenharia - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil, lucasg@id.uff.br

Escola de Engenharia - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil,
pauloduailibe@id.uff.br

RESUMO

À medida em que cresce o nível de eficiência, segurança e confiabilidade do sistema de produção de uma FPSO - *Floating, Production, Storage and Offloading*, termo em inglês para unidade flutuante de produção, armazenamento e descarga de petróleo, ocorre um aumento na energia elétrica demandada para alimentação de novas cargas [1]. Esse aumento vem ocasionando elevados níveis de corrente de curto-circuito nas instalações, exigindo assim, equipamentos de elevada suportabilidade e altas capacidades interruptivas que, conseqüentemente, possuem custo e dimensões elevadas. Devido as restrições dos ambientes offshore, como peso e espaço, é necessário formas criativas para controle do curto-circuito sem deixar de atender as especificações exigidas em cada projeto [1][2].

O sistema de uma FPSO, em sua maioria, as que atuam na produção diária nos campos do pré sal brasileiro, possui geração isolada (sem transmissão via terra) composto por quatro turbo-geradores principais, um gerador auxiliar e um de emergência [1]. Em condições normais de funcionamento, três turbo-geradores são necessários para atender toda a demanda da plataforma, mantendo-se assim, o quarto gerador em *stand-by* para ser operado em necessidade de aumento na produção do sistema ou em eventual manutenção em um dos três geradores [2]. A tensão de geração desse sistema é de 13.8 kV na frequência nominal de 60 Hz para alimentar dois barramentos conectados por um disjuntor de interligação de barras, formando assim um único painel. Normalmente esse painel possui corrente nominal de 3.150 A e pode chega a níveis de curto-circuito na casa dos 130 kA pico. Todas os demais níveis de tensão de operação derivam desse barramento[4].

Além da tensão de 13.8 kV do painel principal, outros três níveis de tensão são típicos de um sistema elétrico de plataformas tipo FPSO. O MCCs - *Motor Control Center*, termo em inglês para Centro de Controle de Motores, aparecem tanto no sistema de média tensão, quanto no de baixa tensão. No de média tensão, podem dispor de tensão de 4.16 kV ou 6.6 kV, com uma corrente nominal de até 1600 A e correntes de curto-circuito na casa dos 104 kA pico. Já os

de baixa tensão operam em 440 V ou 480 V, com corrente nominal de até 1250 A e corrente de curto-circuito na casa dos 52,5 kA pico. Por fim, tem-se os CDC - *Switchgear*, denominado em português como Centro de Distribuição de Carga, que possui níveis de tensão de 480 V, 690 V e 13.8 kV, com uma corrente nominal de até 3150 A e corrente de curto-circuito podendo alcançar valores na ordem de 105 kA pico [5][6].

Portanto, observa-se que para quase todos os níveis de tensão, os valores de correntes de curto-circuito que ultrapassam os 100 kA pico. Isso se deve em especial, pelo alto nível de potência das cargas a serem alimentadas em espaços quase sempre reduzidos. Para a segurança do sistema elétrico e proteção dos equipamentos, dois diferentes tipos de *Dispositivos Limitadores de Corrente de Curto-Circuito* (DLC) são utilizados em uma FPSO.

Para o barramento principal, se é comumente utilizado o DLC pirotécnico *Is-Limiter*. Esse dispositivo são inseridos na interconexão entre as semi-barras A e B do painel de 13.8 kV, e diferentes dos DLCs que utilizam fusíveis ou relés, seu disparo é por meio de um atuador químico eletrônico [7]. Comparando-se aos disjuntores, o *Is-Limiter* possui maior velocidade de acionamento e capacidade de proteção contra correntes máximas assimétricas de curto-circuito excessivamente elevadas. Além disso, conforme informa a fabricante *ABB*, possui a capacidade de detectar e limitar o curto-circuito em menos de 1ms, já na primeira elevação da crista. A Figura 1 ilustra um desses dispositivos da fabricante *ABB* [7]. Para o *Sistema Elétrico Integrado* (SEI) de uma FPSO, sua aplicação e derivações já foram amplamente explorados em dissertações e trabalhos de conclusão de curso.



Figura 1: Modelo de um *IS-Limiter*, [7]

Já para o CCM LV, quando em nível de corrente de curto-circuito acima do permitido pela especificação técnica, é necessário a inserção de reatores limitadores de curto-circuito na entrada do painel. Esses dispositivos, apesar da sua confiabilidade, implica uma queda de tensão indesejado para o sistema [2]. Além disso, sua alocação no módulo de uma embarcação não é

bem vida, tendo em vista as dimensões estruturais e de peso desse tipo de equipamento. Na figura 2, está ilustrado um modelo de reator utilizado em um desses sistemas.



Figura 2: Modelo de um reator com núcleo a ar, [8]

Portanto, neste trabalho, são avaliados aplicações de novos dispositivos limitadores de corrente de curto-circuito para os CCM LV. O Objetivo é chegar em uma solução eficiente, compacta e competitiva para o mercado Offshore, e que atenda as especificações de aplicabilidade em projetos futuros.

Os LCCSs - *Limitadores de Corrente de Curto-Circuito Supercondutor*, são materiais principalmente compostos por cerâmica de óxido de bismuto. Esse material consegue atingir temperaturas críticas na casa dos 77 K [9]. Em meio há alguns arranjos de LCCSs, dois podem ser citados como possíveis fontes de estudo para aplicação em CCMs de uma FPSO, o modelo resistivo e o indutivo. O modelo resistivo, assim como os já conhecidos reatores, operam em série com o circuito a ser protegido e imerso em nitrogênio líquido. Estando em condições críticas de temperatura, esse dispositivo não irá oferecer resistência ou perda ao circuito. A medida que ocorre a falta, esse dispositivo rapidamente irá começar a impor uma resistência no sistema antes mesmo do curto atingir seu primeiro valor de crista [2]. A figura 3 apresenta uma exemplo de um supercondutor resistivo.

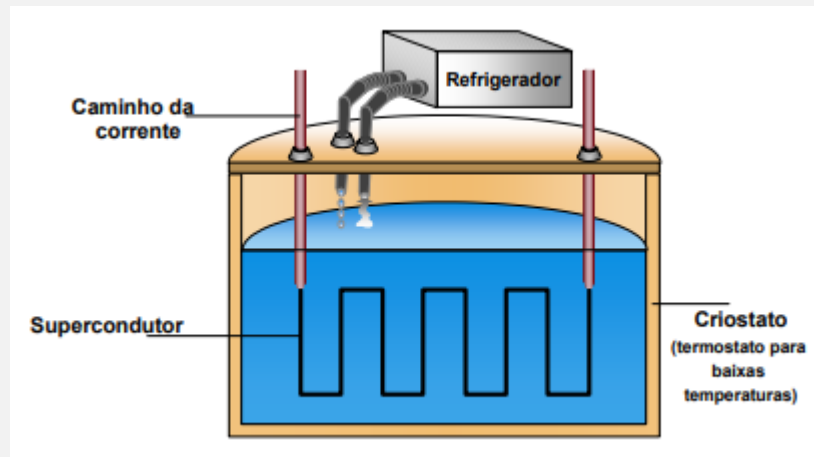


Figura 3: Modelo de um LCCS resistivo, [10]

Já o modelo indutivo ou núcleo de ferro blindado, é basicamente um pequeno transformador que diferente do modelo resistivo, irá operar em acoplamento magnético ao circuito que deve ser protegido. Em condições supercondutora e de não falta, o circuito está ligado no enrolamento primário e não ocorre nenhuma circulação de campo magnético no núcleo de ferro por parte do supercondutor. Com o aumento da corrente em uma falta, o campo magnético do supercondutor começa a ser exercido e é adicionada uma impedância no circuito no enrolamento do primário. Na figura 4 é possível observar um arranjo desse limitador [10].

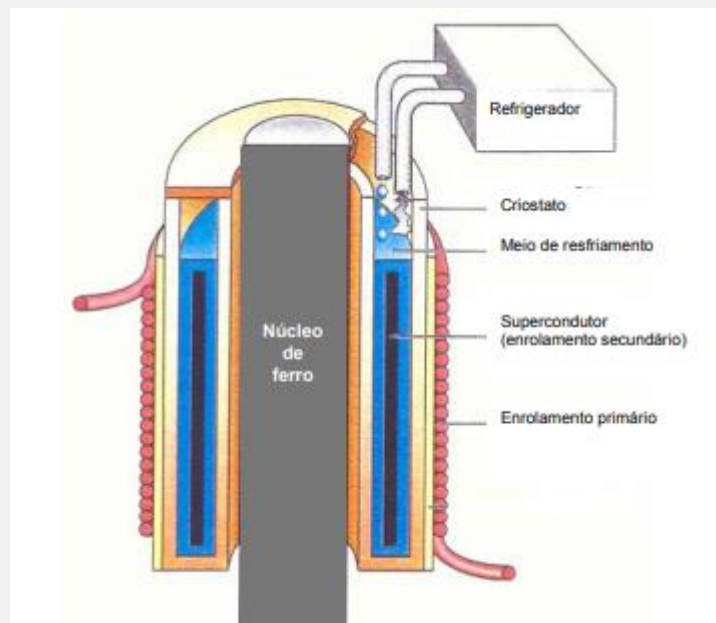


Figura 4: Modelo de um LCCS indutivo, [10]

Espera-se então, através desse ponto de partida e com a utilização de ferramentas computacionais como o ETAP - *Electrical Transient Analyzer Program*, chegar-se a uma solução de LCCS que exerça de forma satisfatória o controle da corrente de curto-circuito, sem que haja

uma ocupação de espaço maior do que já feita pelo reator a ar. Além disso, o equipamento precisa ser confiável ao ponto de ser aprovado pelas normas classificadoras para esse tipo de embarcação.

PALAVRAS-CHAVES

CCM; Limitadores de Corrente; Supercondutores; FPSO;

TEMA

Métodos e Processos de Fabricação e Montagem

REFERÊNCIAS

- [1] G. Mafra, G. Sotelo, M. Fortes, and W. de Sousa, "Application of resistive superconducting fault current limiters in offshore oil production platforms," *Electric power systems research*, 2017.
- [2] Marcelo Ferreira de Souza, "Estudo da aplicação de Dispositivos de limitadores de corrente de curto-circuito em sistemas elétricos de plataformas marítimas de produção de óleo e gás natural," 2019.
- [3] P. F. d. Castro et al., "Análise de confiabilidade do sistema elétrico de uma plataforma de produção de petróleo e gás," 2020.
- [4] F. V. C. Bezerra and R. S. Ferreira, "Topologia do sistema elétrico para FPSOs de alta capacidade com acionamento elétrico," 2020.
- [5] "Specification for electrical material and equipment for offshore units," Petrobras, Tech. Rep. I-ET-3010.00-5140-700-P4X-002, 2020.
- [6] "Specification for electrical design for offshore units," Petrobras, Tech. Rep. I-ET-3010.00-5140-700-P4X-001, 2020.
- [7] ABB, Is-limiter- Limitador de corrente extra rápido, ABB LTDA, www.abb.com/mediumvoltage, 2011.
- [8] GE, Reatores com núcleo de ar, GE Grid Solutions, www.GEGridSolutions.com/contact, 2011.
- [9] A. T. Queiroz, "Simulação de um limitador de corrente de curto-circuito supercondutor em sistemas de distribuição de energia elétrica," 2019.
- [10] A. M. Monteiro, "Um estudo de dispositivos limitadores de correntes de curto-circuito com ênfase no ipc (interphase power controller)," Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe, 2005

Tema 6: Building information modeling

**(1) DIMENSIONAMENTO DE OLEODUTOS TERRESTRES:
CÁLCULO DA PRESSÃO DE PROJETO.**

DIEGO ANTUNES (UFF), LUIS F. G. PIRES (PUC-RIO), WALBER P. SILVA (UFF)

**(2) AVALIAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PROJETO
APLICADAS NO SETOR DE CONSTRUÇÃO NAVAL E
OFFSHORE DE NITERÓI..**

CÁSSIA A. R. MORANO (UFF), ROGER M. MOREIRA (UFF), MIGUEL L. R. FERREIRA (UFF)

**(3) A IMPORTÂNCIA DAS NORMAS DE SEGURANÇA NA
MONTAGEM INDUSTRIAL E GERENCIAMENTO DE
MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE GLP
- GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO.**

BRUNO COUTINHO (UFF), GERALDO FERREIRA (UFF)

**(4) POSSIBILIDADES E DIFICULDADES NO
DESENVOLVIMENTO DE PRIJETOS GREENFIELD E
BROWNFIELD PARA PROJETOS DE SANEAMENTO.**

AIRTON SILVA (IECC-PR)

DIMENSIONAMENTO DE OLEODUTOS TERRESTRES: CÁLCULO DA PRESSÃO DE PROJETO

Diego Moraes Antunes¹, Luis Fernando Gonçalves Pires², Walber Paschoal da Silva³

¹ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, diegomoraes@id.uff.br

² Pontifícia Universidade Católica – RJ, Rio de Janeiro, lpires@simdut.com.br

³ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, walberpaschoal@id.uff.br

RESUMO

O desenvolvimento do projeto de um oleoduto terrestre engloba diversas etapas, desde a identificação da oportunidade de negócio até a fase de descomissionamento do duto. Nesse processo, uma das principais etapas é a determinação da pressão de projeto, sendo informação fundamental para seleção dos tubos e sistemas de bombeio que serão empregados no projeto.

O objetivo desta pesquisa foi investigar e estruturar os procedimentos para efetuar o cálculo da pressão de projeto, como parte integrante do dimensionamento de oleodutos terrestres, incluindo o sequenciamento das etapas de determinação da vazão de escoamento e perdas de carga impostas ao sistema. Cabe ressaltar que, após a delimitação da área de estudo, o dimensionamento de um oleoduto é precedido por levantamentos e estudos, onde capazes de fornecer dados e informações técnicas do processo e da rota estabelecida. Destaca-se ainda que, embora esses procedimentos já façam parte do cotidiano dos projetistas de dutos, que usam como base seus conhecimentos técnicos, normas e experiência profissional, não há um documento formal que apresente tais procedimentos com essa sequência, de maneira estruturada, como proposto nesta pesquisa.

O oleoduto deve ser dimensionado para uma capacidade de escoamento nominal equivalente à capacidade de escoamento mínima requerida, e acrescida de uma folga de capacidade para recuperação de estoques. Da mesma forma, a capacidade mínima requerida resulta da relação entre o volume total a movimentar, o tempo operacional disponível e a disponibilidade do oleoduto.

Com relação à vazão de escoamento necessária, em atendimento às premissas impostas pelo projeto, deve-se observar a velocidade média do escoamento, dependente dos diâmetros inicialmente selecionados, de forma que esteja na faixa comumente utilizada no escoamento de oleodutos, que ocorrem entre 1 e 2 m/s (BAHADORI, 2017). Velocidades baixas podem gerar deposição de particulados no duto, já grandes velocidades implicam no efeito erosivo sobre o

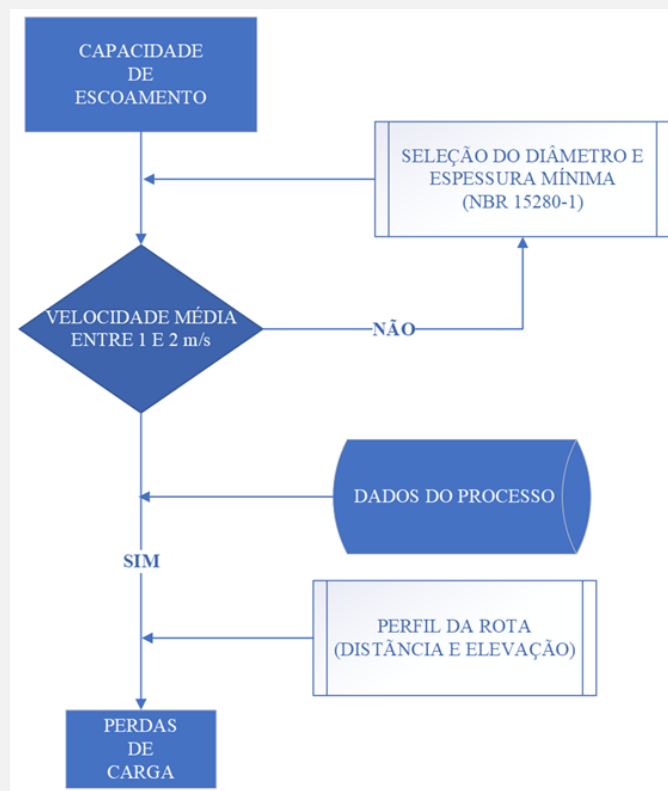
duto.

Em seguida, considerando que a velocidade é compatível com os dados pré-selecionados o número de Reynolds é calculado, com base nas características dos tubos e do produto transportado. Com este valor, é possível saber em qual regime o escoamento se encontra, o qual pode ser classificado como laminar, transiente ou turbulento e definir o fator de atrito utilizado para o cálculo da perda de carga no duto. Observa-se no projeto de dutos que a grande maioria opera no regime turbulento (SOUAS; MEDDOUR, 2022).

Na sequência, inicia-se o cálculo da perda de carga ao longo do duto. O número de Reynolds e o fator de atrito são essenciais para compor a perda de carga, sendo fundamental verificar se os dados encontrados estão condizentes com a ordem de grandeza esperada pelo projetista.

Na Figura 2 encontra-se a sequência de atividades para efetuar o cálculo da perda de carga decorrente do escoamento.

Figura 1 - Sequenciamento de atividades para determinar a perda de carga por atrito



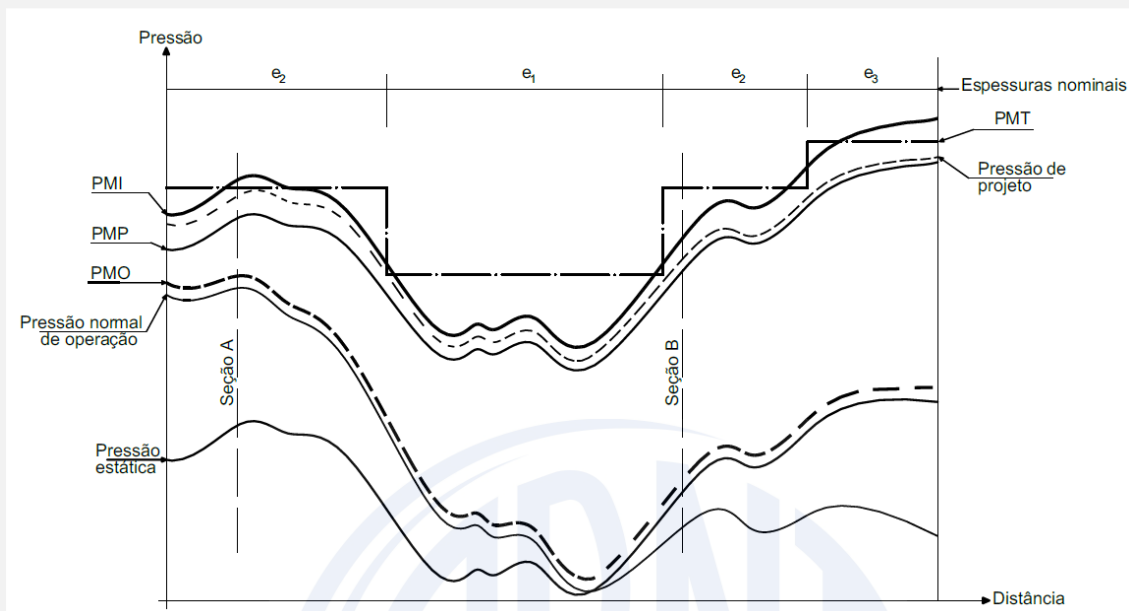
Fonte: Próprio autor

Conforme indicado por Menon (2015), na maioria das tubulações de longa distância, tais como linhas tronco, a queda de pressão devida à fricção nos comprimentos retos dos tubos é significativa. As válvulas e acessórios contribuem muito pouco para a queda de pressão total.

Após a determinação das perdas e da demais pressões requeridas pelo projeto, pode-se dar início ao cálculo da pressão de projeto. A pressão de projeto é a pressão adotada para dimensionamento mecânico do tubo e dos componentes, conforme a NBR 15280 (ABNT, 2017). No entanto, devem ser levadas em consideração as definições e premissas relativas às parcelas que compõem a pressão de projeto.

As definições sobre as diversas pressões atuantes no sistema estão disponíveis na NBR 15280-1 (ABNT, 2017). Para facilitar o entendimento, também é possível identificar graficamente, através da Figura 3, o desenvolvimento das pressões ao longo do perfil do duto, figura A.1 da NBR-15280-1 (ABNT, , 2017, p.60).

Figura 2 - Representação esquemática de pressões ao longo do duto



Fonte: Adaptado da NBR 15280-1 (ABNT, 2017, p.60)

A pressão de projeto, definida pelo projetista, deve ser superior à soma das pressões correspondentes à perda por atrito (P_L), da pressão resultante da coluna estática (P_E) e da pressão de entrega requerida pelo cliente (P_D). A soma destas parcelas corresponde à pressão normal de operação (PNO).

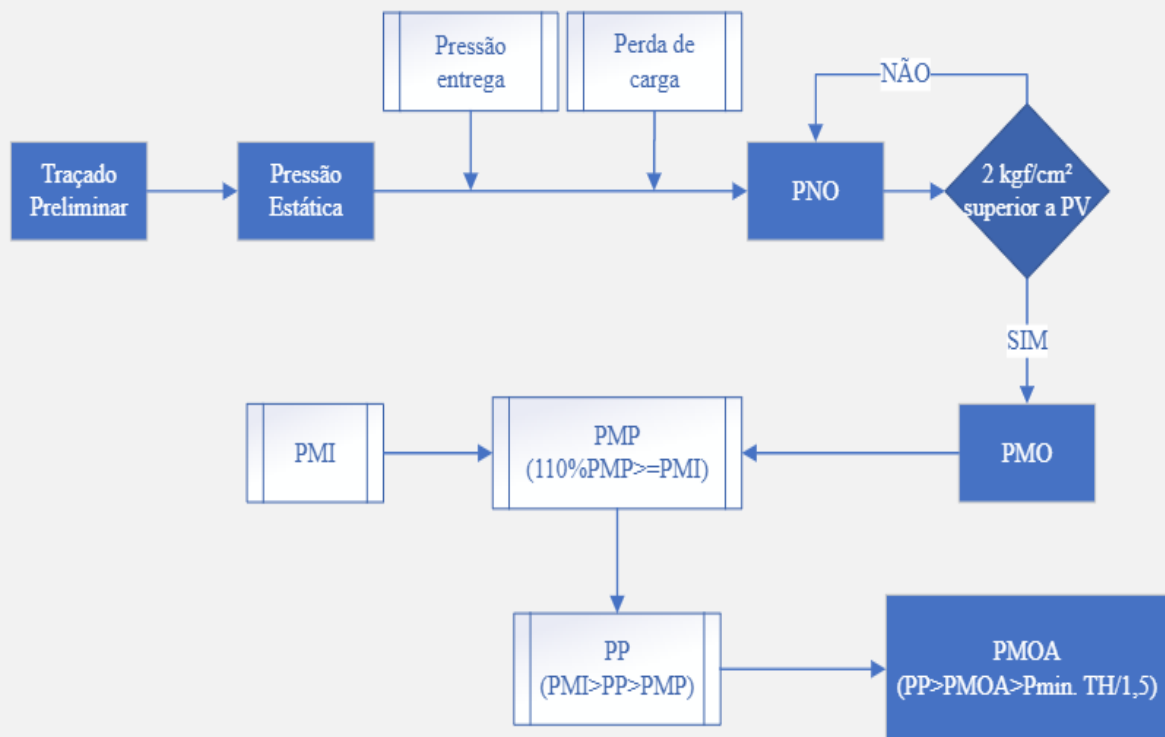
A respeito das parcelas de pressão calculadas, cabe salientar que a pressão máxima operacional (PMO), selecionada pelo projetista, pode ser ajustada com cautela, para valores superiores à pressão normal de operação (PNO).

Além das pressões normais de operação, incluindo transientes decorrentes da partida e parada dos sistemas de bombeio ou das operações de abertura e fechamento de válvulas de controle e

bloqueio, podem ocorrer condições incidentais, como por exemplo, decorrentes de fechamento súbito de válvulas de bloqueio. A rápida variação da velocidade do escoamento devido ao evento incidental provoca elevações significativas na pressão, que se não forem consideradas pelo projetista, podem gerar danos críticos ao duto (MYLAPILLI et al., 2015).

Em relação à NBR 15280-1 (ABNT, 2017) a pressão máxima incidental (PMI) decorrentes dos eventos citados anteriormente pode, ou não, ser superior à PMO e, nesta situação, a pressão mínima de projeto (PMP) passará a ser a PMO. Para facilitar o entendimento optou-se por representar graficamente, através da Figura 4, as parcelas que compõem a pressão de projeto.

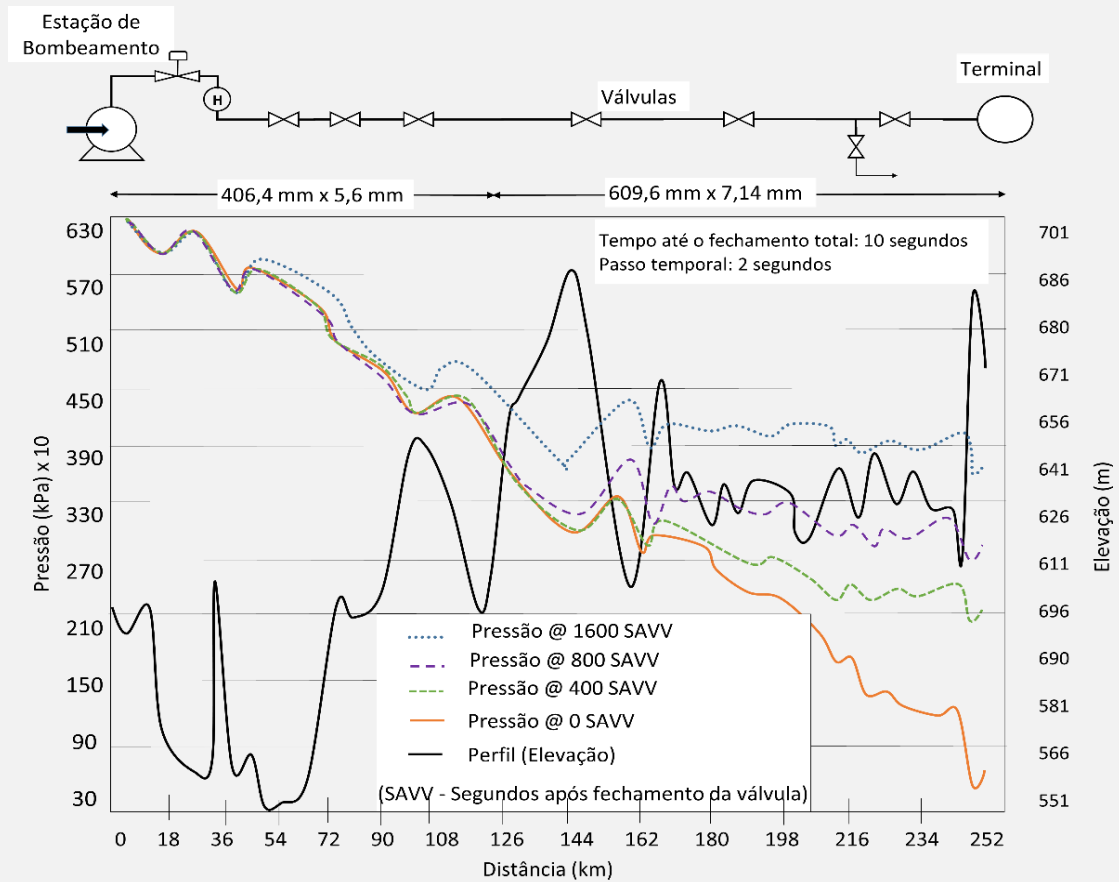
Figura 3 - Sequenciamento de cálculo das pressões



Fonte: Próprio autor

Na Figura 4 é possível verificar a variação da pressão ao longo do tempo após o fechamento de uma das válvulas de um duto de diâmetro nominal de 12 polegadas, transportando uma mistura de condensado e betume ao longo de 250 quilômetros, representando o efeito do transiente.

Figura 4 - Perfil de pressão de oleoduto enterrado sujeito ao fechamento súbito de uma válvula



Fonte: Adaptado de Mohtipour et al. (2007)

Neste trabalho, para o cálculo da PMI, será utilizada a equação de Joukowski (1) onde a pressão máxima do transiente (P_{surge}) é função da pressão máxima operacional (P_{steady}), da massa específica do produto (ρ), da velocidade de propagação da onda sonora no duto (c) e da diferença entre as velocidades de escoamento antes e após o fechamento súbito da válvula (ΔQ) considerando a área da seção transversal interna do duto (A).

$$P_{surge} = P_{steady} + \rho c \frac{\Delta Q}{A} \quad (1)$$

Além disso, esta associação só é válida quando o tempo de fechamento da válvula (t), representado na equação (3) é inferior ao tempo de deslocamento da onda (Δt_j) formada pelo fechamento súbito da válvula considerando o comprimento total entre a válvula e o início do duto (L), conforme apresentado na equação (2).

$$\Delta t_j = \frac{2L}{c} \quad (2)$$

$$t \leq \Delta t_j \quad (3)$$

Observa-se pela Figura 3 que a pressão de projeto é variável ao longo do duto e é função de cada diâmetro avaliado. A etapa seguinte no projeto de um duto seria calcular as espessuras dos tubos (e_t) para atender a pressão de projeto (p). Para tal é utilizada a equação:

$$e_t = \frac{pD}{2SEF} + A \quad (4)$$

Onde:

D é o diâmetro externo do duto

S é a tensão de escoamento do tubo

E é o fator de junta

F é o fator de projeto

A é a sobresspessura de corrosão

Assim, como a pressão de projeto é variável ao longo do duto, a espessura de projeto também seria variável ao longo do duto, mas por questões econômicas e de fabricação, normalmente o projetista secciona o duto em trechos de espessuras iguais (Figura 3). A espessura selecionada em cada trecho deve ainda atender as espessuras disponíveis no mercado, normalmente baseadas na API SPEC 5L (API, 2018). Com essa espessura, a equação (4) pode ser invertida e calculada a pressão nominal (P_n) até a qual o tubo poderia trabalhar.

A decisão final entre as diversas alternativas de pressão de projeto, diâmetro, material e espessura é realizada pela análise econômica de cada uma solução.

PALAVRAS-CHAVES

Oleodutos terrestres; Projeto de dimensionamento; Pressão de projeto.

TEMA

Ferramentas de Projeto Aplicadas à Montagem Industrial.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15280**: Dutos terrestre. Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2017.

API – AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API SPECIFICATION 5L** – Line Pipe,

Washington DC, NW, 2018.

BAHADORI, A. Oil and Gas Pipeline and Piping Systems: Design, Construction, Management, and Inspection. Massachusetts, USA: Gulf Professional Publishing, 2017.

MENON, E. SASHI. Liquid Pipeline Hydraulic. New York, USA: Marcel Dekker, 2004.

MENON, E. SASHI. Transmission Pipeline Calculations and Simulations Manual. Massachusetts, USA: Gulf Professional Publishing, 2015.

MYLIAPILLI, L. K., GOGULA, P. V. R., ARYA, A. K. Hydraulic and Surge Analysis in a Pipeline Network using Pipeline Studio, International Journal of Engineering Research & Technology, v.4, n.2, 2015.

MOHITPOUR, M., GOLSHA, H., MURRAY, A. Pipeline Design & Construction: A Practical Approach. New York, NY: ASME Press, 2007.

SOUS, F. e MEDDOUR, A. S. E. Drag Reduction in Single-Phase Crude Oil Flow: A Mini-Review, Journal of Pipeline Science and Engineering, v.2, n.2, 2022.

AVALIAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PROJETO APLICADAS NO SETOR DE CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE DE NITERÓI

Cássia A. R. Morano¹, Roger M. Moreira², Miguel L. R. Ferreira³

¹ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, cassiamorano@id.uff.br

² Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, rmmoreira@id.uff.br

³ Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, miguelluiz@id.uff.br

RESUMO

A indústria de construção naval e offshore apresenta grande relevância para economia brasileira, devido à vasta extensão litorânea do país. Neste contexto, se destaca o Estado do Rio de Janeiro, por sua importância no segmento petrolífero e a cidade de Niterói, onde há a concentração de grandes estaleiros da indústria naval. Entretanto, apesar da última grande crise deste setor, acentuada pela pandemia, já existe um planejamento para a sua retomada. A Transpetro apresentou um programa de renovação da frota com previsão de retomada no mercado em janeiro/2024, com encomendas de navios gaseiros e embarcações de transporte de produtos claros e escuros. Além disso, a Petrobras reabilitou grandes empreiteiras, condenadas pela “Operação Lava Jato”, viabilizando que estas empresas voltem a participar de licitações (AGÊNCIA EPBR, 2023).

Assim sendo, se faz necessário o desenvolvimento de políticas públicas e de incentivo para que a indústria naval seja recuperada e volte a crescer no Brasil. Para tanto, a Universidade Federal Fluminense em parceria com a Prefeitura Municipal de Niterói desenvolveu um projeto de pesquisa com o objetivo de realizar um diagnóstico da capacitação tecnológica das empresas atuantes do setor de construção naval, para o fornecimento de produtos e serviços, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, com destaque para o município de Niterói.

Este diagnóstico se constituiu no levantamento do estágio atual deste setor em relação às instalações; métodos e processos de fabricação e montagem aplicadas a estruturas metálicas e tubulações (solda, pintura, elétrica, instrumentação, movimentação de carga, ensaios não destrutivos, isolamento térmico, mandrilhamento); ferramentas de projeto aplicadas à construção naval; gerenciamento de projetos de obras navais com base na metodologia do PMI (*Project Management Institute*), incluindo gestão da qualidade, gestão de risco, gestão de prazos, recursos humanos, SMS, dentre outros; comissionamento das instalações offshore que abrange os métodos de preservação, condicionamento e técnicas utilizadas em procedimentos de partida, pré-operação de plantas; avaliação da mão de obra direta e indireta e da cadeia de fornecedores da indústria naval. Por outro lado, se adotou neste estudo a classificação proposta

por MOURA (2008) que divide o setor naval em quatro segmentos: Construção Naval, Construção de Plataformas, Reparo Naval e Construção Náutica.

Neste trabalho são apresentados os resultados do levantamento da capacitação tecnológica em relação às ferramentas de projetos aplicadas na indústria naval, com ênfase nos softwares de projeto executivo (maquetes eletrônicas e CAD), uma vez que são importantes para o desenvolvimento e o acompanhamento de projetos na área de engenharia como um todo. Da mesma forma, tais ferramentas proporcionam aumento significativo da produtividade de toda equipe envolvida em um projeto, desde a gerência até os projetistas. Reduzem ainda as inconsistências e interferências entre as diferentes disciplinas do projeto e, por consequência, o tempo e os custos (SILVA, 2013). Dentre estas práticas este resumo visa mapear os softwares de projeto que possam auxiliar no aumento da produtividade e estimular soluções inovadoras que agreguem vantagem competitiva para o segmento de construção naval e offshore, voltadas para a indústria de construção naval fluminense.

Para tanto esta pesquisa foi dividida em três fases: a Fase 01 se constituiu na realização da pesquisa bibliográfica para o levantamento do referencial teórico e o estabelecimento do estado da arte em relação as ferramentas de projeto aplicadas na indústria naval (SANTOS, 2022). Na Fase 02 se realizou a Pesquisa de Campo em 08 empresas da indústria naval, cujo objetivo foi mapear as principais práticas e técnicas empregadas pelos estaleiros fluminenses nos segmentos da construção naval e de plataformas, reparos navais e empresas da construção náutica. Na Fase 03 foi aplicada, de forma adaptada, os instrumentos de pesquisa do Método de Estudo de Caso, tendo em vista as dificuldades da definição de uma amostra representativa, em cada um dos quatro segmentos da indústria naval (YIN, 2010; FERREIRA *et al.* 2009).

Os dados foram coletados através de entrevistas presenciais junto a especialistas da área e a engenheiros e técnicos durante as visitas aos estaleiros e empresas da cidade de Niterói e municípios vizinhos. As entrevistas foram realizadas, presencialmente, e guiadas a partir do desenvolvimento de um questionário padrão, envolvendo as principais disciplinas do segmento naval, assegurando aos entrevistados o sigilo das informações. Após a coleta de dados, os resultados aferidos foram analisados e confrontados com literatura pesquisada nos termos propostos por (YIN, 2010). No que diz respeito às ferramentas de projeto, foco deste trabalho, é apresentado o diagnóstico do estágio de utilização destas técnicas no setor de construção naval da “Região Metropolitana de Niterói” contemplando as possibilidades de melhoria e detecção de oportunidades. De um modo geral, verificou-se que, atualmente, os quatro segmentos do setor naval empregam o software AutoCAD da Autodesk, em detrimento a softwares específicos utilizados somente na Construção Náutica e Construção Naval como, por exemplo, o Maxsurf e o Rhinoceros. Da mesma forma, no segmento das plataformas offshore,

os destaques foram os softwares AVEVA Marine e Hexagon Smart Plant 3D.

PALAVRAS-CHAVES

Ferramentas de projeto, indústria naval, capacitação tecnológica.

TEMA

Ferramentas de Projeto Aplicadas à Montagem Industrial.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à PMN – Prefeitura Municipal de Niterói / Secretária Municipal de Desenvolvimento Econômico – SEDEN, Subsecretária Lindalva Cavalcanti Cid pelo apoio financeiro e incentivo no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EPBR. PETROBRAS reabilita empreiteiras Odebrecht (Novonor), Andrade Gutierrez e UTC. 03/07/2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/petrobras-reabilita-empreiteiras/> Acesso em 10/07/2023.

FERREIRA, M. L. R. *et al.* Projeto E&P 27.4 - Mapeamento do Estado da Arte da Tecnologia de Construção e Montagem - Análise Intercasos. Universidade Federal Fluminense / PETROBRAS. Niterói, Rio de Janeiro, 2009. 252 p.

MOURA, D. A. D. Análise dos Principais Segmentos da Indústria Marítima Brasileira: Estudo das Dimensões e dos Fatores Críticos de Sucesso Inerentes à Sua Competitividade. Tese de Doutorado. São Paulo: Tese (Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica) - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2008. 304 p.

SANTOS, B. S. Estudo das ferramentas de projeto aplicadas à indústria de construção marítima. Niterói: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, 2022. 88 p.

SILVA, B. D. A. Desenvolvimento de aplicativo em sistema CAD-3D para medição de produtividade de usuários. Niterói: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, 2013. 34 p.

YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. Tradução de Ana Thorel. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248 p.

A IMPORTÂNCIA DAS NORMAS DE SEGURANÇA NA MONTAGEM INDUSTRIAL E GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE GLP-GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO

Bruno Coutinho¹, Geraldo Ferreira²

¹Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, bruno_ricardo_c@hotmail.com

²Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, geraldoferreira@id.uff.br

RESUMO

1. Introdução

O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), conhecido como gás de cozinha, é um derivado do petróleo amplamente utilizado nos lares brasileiros para cocção e aquecimento, e em determinados processos industriais e agrícolas. O consumo agregado de GLP tem aumentado ao longo do tempo no país, mas parte da população não tem acesso a ele. No panorama energético atual, o país importa entre 25% a 35% de seu consumo total de GLP por ano (EPE, 2022). Tais fatos mostram o potencial para expansão do mercado, com instalação de novas unidades produtivas e expansão da rede de distribuição.

Garantir a conformidade com as normas técnicas e legais durante os projetos de instalações de GLP previne acidentes e garante a segurança pública. O GLP é inflamável e erros no projeto podem levar a acidentes graves. A adesão às normas também protege o meio ambiente, evitando vazamentos e contaminação do ar, solo e água. A conformidade legal também evita multas e litígios decorrentes do não cumprimento das regulamentações.

Além de prevenir acidentes, a padronização devido às normas facilita a colaboração entre os participantes do projeto, e ressalta o nível de profissionalismo que fortalece a reputação de empresas e profissionais.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar atividades associadas à concepção de instalações, à montagem industrial de centrais de GLP e ao gerenciamento da manutenção das instalações, buscando destacar os principais pontos de atenção das questões de segurança e do meio ambiente, e relacioná-los às normas de segurança existentes.

2. Instalações de GLP

No processo de concepção de instalações de GLP, a empresa distribuidora precisa desenvolver um projeto de instalação específico, validado por especialista habilitado, que siga as diretrizes de instalação, para garantir a segurança operacional do local. Legalmente, é essencial aderir às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), às regulamentações do Corpo de Bombeiros Estadual, de modo a garantir conformidade legal, proteção das operações e das partes envolvidas. Este processo é aplicado tanto em uma central construída nas dependências do consumidor final, que não depende de grande investimento, quanto na construção de uma base de armazenamento, transferência e engarrafamento, operada por uma empresa distribuidora.

A orientação para a implantação de instalações de centrais de GLP em clientes segue a norma NBR 13523. Essa norma abrange projetos para construção, ampliação, reforma ou instalação de dispositivos alimentados por gás em ambientes comerciais, industriais ou residenciais, desde que a capacidade máxima de armazenamento seja de até 4000 kg de GLP para recipientes transportáveis e 8000 kg de GLP para recipientes estacionários.

3. Montagem industrial de centrais de GLP

Para estabelecer uma central de GLP, são necessários equipamentos para o armazenamento eficaz, distribuição segura e proteção integral do gás. Em primeiro plano, destacam-se os tanques de armazenamento, estacionários (fixos) ou transportáveis, usados em veículos. Os tanques são construídos com materiais resistentes para garantir a confiabilidade da contenção dos volumes de GLP.

Adicionalmente, são indispensáveis as válvulas de alívio e segurança para monitorar e controlar a pressão interna dos tanques, atuando como salvaguarda contra elevações perigosas da pressão, por meio da liberação controlada de gás em situações críticas.

Em operações controladas são usadas válvulas de controle e bloqueio, que regulam o fluxo do gás em direção aos diferentes pontos de consumo, e são capazes de interromper instantaneamente o fornecimento em circunstâncias de emergência.

Medidores de vazão e pressão são dispositivos vitais para monitorar a quantidade de gás distribuída, e para manter a pressão em intervalos seguros. Os reguladores de pressão também são componentes essenciais, atuando para ajustar a pressão do gás proveniente dos tanques para um nível apropriado e seguro, pronto para ser utilizado pelos aparelhos consumidores.

A rede de distribuição, composta por tubulações e conexões, transporta o gás dos tanques para os diversos pontos de consumo, como fogões e aquecedores. São feitos com materiais de qualidade, para garantir a durabilidade e a integridade da rede. Para a detecção e prevenção de vazamentos, são usados dispositivos de detecção capazes de acionar alarmes na presença de gás no ambiente.

A instalação industrial deve possuir um sistema de combate a incêndios, com sprinklers, extintores e sistemas de dilúvio, de modo a garantir uma resposta eficaz em cenários de emergência.

Um sistema de ventilação eficiente deve promover a circulação adequada do ar no ambiente, evitando a acumulação de gás e contribuindo para a segurança geral.

Por fim, equipamentos de segurança, incluindo extintores, sinalizações de segurança e luzes de emergência, devem fazer parte integrante da montagem para proteger tanto os indivíduos quanto as instalações.

4. Gerenciamento da manutenção de instalações de GLP

A manutenção de instalações de GLP é crucial para garantir a operação segura e eficiente do sistema, em conformidade com as normas vigentes. Esse procedimento abrange uma série de etapas detalhadas, para assegurar a integridade dos equipamentos e o cumprimento das diretrizes de segurança das normas.

Inicialmente, destaca-se a Inspeção Regular, realizada de acordo com o cronograma estabelecido por normas técnicas, como a NBR 15514. As inspeções são meticulosas e abrangem todos os componentes da instalação, dos tanques de armazenamento até as tubulações e válvulas. O objetivo é identificar sinais de desgaste, corrosão, deterioração ou outros problemas que afetam a segurança e o funcionamento adequado.

Os Testes de Vazamento são conduzidos conforme a norma NBR 13103. Esses testes detectam eventuais vazamentos nas tubulações e conexões. Os procedimentos incluem a aplicação de pressão no sistema e a observação de qualquer variação que indique

vazamentos. Os resultados devem ser documentados de acordo com os padrões estabelecidos.

As Válvulas desempenham um papel crítico na segurança do sistema de GLP. A norma NBR 15923 define as práticas de inspeção e manutenção desses componentes. As verificações regulares garantem o funcionamento adequado das válvulas de alívio, segurança e controle. Qualquer anomalia deve ser abordada imediatamente, com substituição de peças.

A Calibração de Equipamentos é importante para manter a precisão das medições de vazão e pressão. Pela norma NBR 15923, a calibração deve ser feita por profissionais qualificados e de acordo com procedimentos estabelecidos, para que os dados coletados sejam confiáveis e consistentes.

A Limpeza e Manutenção de Tubulações seguem as diretrizes da norma NBR 15922. A remoção de detritos, sujeira e corrosão das tubulações garante o fluxo adequado do gás. Essa manutenção envolve a utilização de técnicas de limpeza adequadas e inspeções visuais para identificar os problemas.

A Substituição de Componentes Desgastados segue as recomendações das normas e é feita quando há sinais de desgaste significativo. A norma NBR 15514 aborda a inspeção de tanques, determinando critérios para avaliar a integridade estrutural e o estado de corrosão.

O Treinamento da Equipe é garante que os procedimentos de manutenção sejam executados corretamente e em conformidade com as normas. A norma regulamentadora NR 20 estabelece diretrizes para treinamento em segurança com inflamáveis e combustíveis, incluindo o GLP.

5. Conclusão

Em um contexto de gerenciamento de projetos e realização de obras de instalações industriais de GLP é importante a adoção de atitudes que busquem garantir a rigorosa conformidade com as normas legais e as melhores práticas existentes, de modo a evitar ocorrerem riscos à segurança e acidentes graves.

O presente trabalho destaca os principais pontos de atenção associados à conformidade com as normas nas atividades de concepção de instalações, montagem industrial e

gerenciamento da manutenção das instalações de GLP, de modo a prevenir acidentes, reforçar as questões de segurança e preservar o meio ambiente.

A aderência às normas não apenas consolida a segurança, mas também contribui para a eficiência e durabilidade das instalações de GLP ao longo do tempo, salvaguardando os tanto os trabalhadores envolvidos quanto os usuários finais. Em resumo, a adesão às normas nos projetos de instalações de GLP promove segurança, proteção ambiental, conformidade legal e operações eficientes.

PALAVRAS-CHAVES

GLP, Gás liquefeito de petróleo, Instalações industriais, Montagem industrial, Gerenciamento de projetos industriais

TEMA

Gerenciamento de Projetos e Obras de Instalações Industriais

AGRADECIMENTOS

O presente estudo não possui financiamento de órgãos oficiais.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15514:2019** - Instalações de gás liquefeito de petróleo (GLP) - Central de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) em condomínios residenciais - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 13103:2021** - Gás natural - Qualidade do gás natural - Procedimento. Rio de Janeiro, 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15923:2011** - Projeto e instalação de sistemas de prevenção e combate a incêndio - Testes de estanqueidade em redes de tubulações. Rio de Janeiro, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15922:2011** - Instalações de gás

liquefeito de petróleo (GLP) - Central de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) em condomínios residenciais - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2011.

Brasil. Ministério da Economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **NR 20** - Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis. Brasília, 2019.

EPE-Empresa de Pesquisa Energética. **BEN – Balanço Energético Nacional 2022**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>. Acesso em 01/08/2023.

PINTO JR, H. Q. (Org.). **Economia da Energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

POSSIBILIDADES E DIFICULDADES NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS *GREENFIELD* E *BROWNFIELD* PARA PROJETOS DE SANEAMENTO

Airton Silva¹

¹ Instituto de Educação e Cultura de Capanema, PR, airtongustavoeducacional@yahoo.com

RESUMO

O saneamento apresenta uma peculiaridade: só é percebido quando há elevada complexidade na sua solução e quando os problemas estão em estágio avançado razão pela qual sempre foi renegado e tal fato não é de agora¹⁴. Já com os nômades um dos fatores limitantes para a instalação e necessidade de migração era a capacidade do ambiente em depurar os rejeitos mas a grande proporção desta lógica ocorreu na idade negra e as pestes trazidas pelo descaso no saneamento e higiene que assolou a humanidade com números assombrosamente superiores aos observados no Covid19. Quando pensamos em desenvolvimento tecnológico a revolução industrial inglesa teve o saneamento como uma das grandes dores visto as ruas repletas de dejetos de não apenas cavalos que desencadeou a substituição destes animais por máquinas a combustão interna.

Quando pensamos no Brasil não estamos isolados nesta lógica e em razão disto há uma série de possibilidades que devem e merecem ser bem trabalhadas. Entretanto os riscos mostram-se alinhados com as oportunidades evidenciando diretamente pelo marco do saneamento, o interesse na continuidade da “não prestação” do serviço e a manutenção de um sistema de atraso e enrolação em contrapartida com a oportunidade trazida pelo desejo e necessidade das pessoas na melhora e valorização do imóvel e do respectivo entorno. Merecendo para tanto a análise do Resp 1.339.313/RJ que por meio da não diferenciação da taxa de cobrança do esgoto de modo proporcional ao serviço prestado vem gerando atraso no desenvolvimento dos sistemas de tratamento de esgoto e saneamento.

A palavra negócio causa certo distanciamento para muitos colegas engenheiros, entretanto, não deveria em razão do desejo de aproveitar oportunidades que para o pleno proveito desta deve-se conhecer das armadilhas. Uma primeira grande armadilha é o Estado o qual se houvesse interesse em fazer o devido desenvolvimento já tinham realizado as devidas obras; uma segunda é financiamento público e a perda de tempo pela burocracia associado a

14 J. T. e M. A.; **Falta de água revolta moradores de vários bairros de Maricá**; Disponível em <https://leisecamarica.com.br/noticia/46673/falta-de-agua-revolta-moradores-de-variios-bairros-de-marica>; Acessado em 03/03/2023;

outros fatores sociais típicos e comuns do Brasil; uma terceira são os famosos conhecidos e amigos que só enrolam, falam sobre o que não sabem, não contratam ou buscam contratar e se obter sucesso pedem emprestado o lucro ou falam que foram de grande importância para o desenvolvimento; uma quarta é pausa no tempo observado pelo desinvestimento e acomodação, não adaptação e inovação as novas possibilidades que surgem como pode ser visto em várias empresas com destaque recente para telecomunicações e no presente energia com maior majoração as distribuidoras e a não observância das novas tecnologias *offgrid*; uma quinta armadilha é a não associação e não realização de projetos *join venture* ou equivalente de modo a buscar e ampliar sinergias e conhecimentos com colegas e projetos de maior lucratividade, afinidade, possibilidades e como exemplo clássico pensar na relação em negócios como lançamento de foguete para viagem espacial e rede social.

Pensando em projeto precisamos preliminarmente diferenciar *brownfield* o qual já há alguma coisa em operação e não necessariamente inicia-se do zero, enquanto que as operações *greenfield* referencia-se a mato e algo novo e a típica novidade e por fim as plantas *greyfield* que relaciona-se com adaptação ou até mesmo reforma ou remodelagem daquilo que já existe o qual como exemplos clássicos *retrofit* de imóveis e operações imobiliárias equivalentes.

Assim, para o objeto do presente trabalho será disposto de projetos *brownfield* e/ou *greenfield* exemplificado a dificuldade em relação a lógica que será adotada que para o resultado pouco importa a nomenclatura mas sim a valorização. Imagine um residencial “Minha Casa, Minha Vida” que não possui abastecimento de água de modo regular e a coleta de esgoto é repleta de vazamentos jorando pelas vias públicas. Tal projeto de saneamento pode ser considerado *brownfield* e/ou *greenfield* variando da perspectiva mas o fato que desenvolver isto mostra-se muito lucrativo conforme a seguir.

Programas sociais como “Minha Casa, Minha Vida” são projetados e feitos para se tornarem “Cidade de Deus”, “Vila Kennedy” e “Vila Aliança” na cidade do Rio de Janeiro – RJ; “Jardim Catarina” em São Gonçalo - RJ; “Minha Casa, Minha Vida em Inoã” e “Minha Casa, Minha Vida Itaipuaçu” em Maricá – RJ mas os grandes leilões e ofertas públicas pelo abandono, desinteresse, inadimplimento e outras prioridades geram grandes oportunidades de compra por preço vil e por um público diferente do originário para estas localidades. No caso concreto em certos momentos há ofertas de mais de 200 (duzentos) imóveis em localidades analogas por preços abaixo de R\$5000 (cinco mil reais), ou seja, ocorrem oportunidades de aquisição de imóvel com 50m² de ABL (área bruta locavel) e 150m de terreno por menos de R\$5000 (cinco mil reais).

Fato que novas pessoas e novos pensamentos mudam uma localidade e desencadeiam necessidades de serviços e a oportunidade na sua prestação. Um indivíduo que não adere a

loucura de financiamento de 40 (quarenta) anos para a “casa própria” mas a uma oportunidade de desenvolvimento possui capacidade de espera, financeira, emocional, risco e uma mínima tranquilidade em buscar meios para satisfazer a necessidade de saneamento ambiental e atender este público mostra-se como grande oportunidade de negócio para novos engenheiros.

As demandas para este tipo de público surge de 2 pilares fundamentais: 1. adequação atendimento a exigência legal aplicado a questões de drenagem urbana com normativas próprias para as cidades do Rio de Janeiro e Niterói como exemplo; 2. uso próprio na instalação (reuso) com a redução do volume, classe de consumo e custo por meio da aquisição da água, saneamento e afins junto a de concessionário ou outra forma lícita ou não de abastecimento.

Entretanto tal negócio é tão interessante que gera conflito de interesses¹⁵, demonstrado pelas propostas ao marco do saneamento e o fato destes negócios gerarem certo bloqueio e dificuldade no desenvolvimento destes projetos. Merece como *benchmarking* os sistemas solares que na ausência de dificuldade se propagaram com voracidade não apenas nos grandes centros e vem gerando grandes questões para as distribuidoras que em vias de atraso a cada dia se perdem ainda mais como ocorreu no caso das telecomunicações para as novas lógicas de mídia e comunicação.

O presente trabalho é um estudo de caso que busca (atualmente) realizar pesquisa exploratória, descritiva e analítica dos processos decisórios para o desenvolvimento de um projeto de saneamento para um conjunto “Minha Casa, Minha Vida” que fora comercializada unidades com valor abaixo de R\$5000 (cinco mil reais) adquirida por um público com uma mentalidade e objetivo de vida diverso do modelo comumente empurrado as pessoas de endividamento de longo prazo que a tornam escravas e reféns de um sistema que em nada tem de preocupação com estas.

A comunidade objeto do estudo é denominada “Pedras Grandes” em Várzea da Palma – MG que ao todo possui cerca de 500 unidades habitacionais das quais 200 foram ofertadas em licitação a preço inferior a R\$5000 (cinco mil reais) cada no final do ano de 2021; 200 estão em processo de financiamento insano de 30/40 anos e outras 100 são construções avulsas e realizadas pelos possuidores, proprietários e detentores. Tal comunidade era marcada por casos de homicídio em razão do tráfego mas em menos de 2 (dois) anos do processo licitatório já observa-se elementos não típicos dos imóveis, esperados, de grande valorização e proveito para o cerrado/sertão mineiro como jacuzi, ofuro e piscina.

15 Hérica Christian - Senado Federal da República Federativa do Brasil; **Lula anuncia edição de decretos sobre marco do saneamento e evita votações no Congresso**; disponível em <https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2023/07/11/lula-anuncia-edicao-de-decretos-sobre-marco-do-saneamento-e-evita-votacoes-no-congresso>; Acessado em 04/0/2023;

Em termos contábeis, lógicos e de projeto propomos um indivíduo que adquire 10 (dez) imóveis que totalizam 1800m² de terreno, 500m² de ABL (área bruta locável) e 1300m² de área livre para desenvolvimento a um preço da operação de R\$50mil. Tal indivíduo não está precionado por um longo período de tempo, não tem desespero para que seja entregue imediatamente o projeto, não sofre pressão insana por resultado e pode desenvolver em parte e pagar com uma certa tranquilidade o preço bastante razoável por uma adequação sanitária do imóvel de modo a melhorar o saneamento deste imóvel que possibilite a instalação de elementos como jacuzi, ofuro e piscina.

Associado a tal fato destaca a pouca oferta de imóveis com elementos de conforto nesta monta e pelo efeito da escassez a relação não segue uma lógica de propoção direta mas exponencial sobretudo pelas proximidades com o turismo no alto São Francisco, a força do agronegócio, o desenvolvimento de plantas solares e a proximidade com a Usina Hidroelétrica de Três Marias geram um cenário bastante interessante que somado a falta de credibilidade das concessionárias atuantes possibilitam maior oportunidade de oitiva pelos consumidores para novas ideias, projetos e empreendimentos.

Pois bem, as dificuldades são do projeto e do conflito de interesse mas as oportunidades são do negócio desencadeada pela atuação na estratégia do Oceano Azul gerando assim a necessidade de estudo na forma do presente com a devida publicidade para questionamento e aprimoramento do conhecimento.

PALAVRAS-CHAVES

Saneamento; Projeto; Inovação

TEMA

Gerenciamento de Projetos e Obras de Instalações Industriais.

REFERÊNCIAS

Hérica Christian - Senado Federal da República Federativa do Brasil; **Lula anuncia edição de decretos sobre marco do saneamento e evita votações no Congresso**; disponível em <https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2023/07/11/lula-anuncia-edicao-de-decretos-sobre-marco-do-saneamento-e-evita-votacoes-no-congresso>; Acessado em 04/0/2023;

J. T. e M. A.; **Falta de água revolta moradores de vários bairros de Maricá**; Disponível em <https://leisecamarica.com.br/noticia/46673/falta-de-agua-revolta-moradores-de-varios-bairros-de-marica>; Acessado em 03/03/2023;

ORGANIZAÇÃO



APOIO

