

GILBERTO JOÃO PAVANI  
(ORGANIZADOR)

---

*Collection:*

# APPLIED MECHANICAL ENGINEERING

---

Atena  
Editora  
Ano 2022

GILBERTO JOÃO PAVANI  
(ORGANIZADOR)

---

*Collection:*

# APPLIED MECHANICAL ENGINEERING

---

Atena  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Collection: applied mechanical engineering

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Bruno Oliveira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Gilberto João Pavani

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied mechanical engineering / Organizador  
Gilberto João Pavani. – Ponta Grossa - PR: Atena,  
2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-860-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.608220102>

1. Mechanical engineering. I. Pavani, Gilberto João  
(Organizador). II. Título.

CDD 621

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A engenharia mecânica aplica os princípios da engenharia, física e ciência dos materiais para a análise, projeto, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos como veículos, máquinas e ferramentas, requerendo a compreensão dos conceitos como automação, ciência dos materiais, cinemática, dinâmica, energia, mecânica dos fluidos, mecanismos, processos de fabricação, termodinâmica e vibrações com o auxílio de ferramentas computacionais para desenho e simulação.

A presente obra “Collection: Applied mechanical engineering” tem como objetivo a apresentação e a discussão de temas relevantes sobre a aplicação da engenharia mecânica na mensuração da criticidade na manutenção de equipamentos, análise de desempenho de indicadores de manutenção, análise de modo e efeito de falha para o desenvolvimento de um plano de manutenção, estudo cinemático das velocidades de um mecanismo genérico, avaliação da eficiência e utilização de ventiladores com motores eletrônicos em sistemas de ar condicionado industrial, desenho de mecanismo e estrutura para animatrônicos, estudo da posição de um mecanismo de quatro barras por meio de uma interface gráfica, modelo matemático para obter a componente axial da velocidade absoluta nos impulsores de turbocompressores centrífugos, mensuração do aumento de eficiência de produção e energia elétrica usando o pré-resfriamento para o ultracongelamento de pães, requisitos metrológicos, ondas de Lamb e métodos estatísticos para detecção do limiar de dano aplicado à estruturas de aeronaves e uso da visão por computador para identificação de circuitos integrados em placas eletrônicas.

Portanto, esta obra apresenta grande potencial para contribuir com o entendimento dos temas apresentados, podendo servir como referência valiosa para novas pesquisas e estudos sobre as questões aqui discutidas.

Agradeço aos autores dos capítulos por suas valiosas contribuições e desejo aos leitores sucesso em seus futuros trabalhos de pesquisa sobre os temas apresentados nesta obra.

Gilberto João Pavani

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DE CRÍTICA DE DOS EQUIPAMENTOS DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE CALHAS PLUVIAIS**

Pierre Breno Nunes de Assis  
Beatriz da Costa Lima  
Claudecir Fernandes de Freitas Moura Júnior  
Matheus Gomes Lima  
Patric de Holanda Nogueira  
Ramon Rudá Brito Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6082201021>

### **CAPÍTULO 2..... 16**

#### **ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS INDICADORES DE MANUTENÇÃO DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL DO VALE DO JAGUARIBE**

José Guilherme Queiroz Sousa  
Patric de Holanda Nogueira  
James Rodrigo da Silva Lima  
Luan Victor Diniz Campos  
Ramon Rudá Brito Medeiros  
George Luiz Gomes de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6082201022>

### **CAPÍTULO 3..... 28**

#### **ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA PARA DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA UM SISTEMA DE LIMPEZA E PINTURA EM EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO**

Vinícius Gomes Silva  
Daniel Levi Maia Matos  
João Víctor Nogueira Gonçalves  
Gilvan Antônio Cappi  
Ramon Rudá Brito Medeiros  
George Luiz Gomes de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6082201023>

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### **APLICAÇÃO DIDÁTICA NO ESTUDO CINEMÁTICO DAS VELOCIDADES DE UM MECANISMO GENÉRICO DE QUATRO BARRAS**

Vergara Hernández Erasto  
Pérez Millán Brenda Carolina  
Cea Montufar César Eduardo  
Torres Torres Yael Valdemar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6082201024>

### **CAPÍTULO 5..... 52**

#### **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA E UTILIZAÇÃO DOS VENTILADORES COM MOTORES**

## ELETRÔNICOS (EC) - APLICAÇÃO EM SISTEMAS DE AR CONDICIONADO INDUSTRIAL

Abimael J. Urcino Junior

Samuel Mariano do Nascimento

Eliandro Barbosa de Aguiar

Alexandre Fernandes Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6082201025>

### **CAPÍTULO 6..... 68**

#### **DISEÑO DE MECANISMOS Y ESTRUCTURA PARA EL ANIMATRÓNICO DEL DINOSAURIO TRICERATOPS**

Roberto Carlos García Gómez

Hernán Valencia Sánchez

Juan Carlos Niños Torres

Mario Alberto Cruz Padilla

Fernando Alfonso May Arrioja

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6082201026>

### **CAPÍTULO 7..... 80**

#### **ESTUDO DA POSIÇÃO DE UM MECANISMO DE QUATRO BARRAS POR MEIO DE UMA INTERFACE GRÁFICA DE USUARIO**

Vergara Hernández Erasto

Pérez Millán Brenda Carolina

Cea Montufar César Eduardo

Yael Valdemar Torres Torres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6082201027>

### **CAPÍTULO 8..... 90**

#### **LA ECUACIÓN DE SEGUNDO GRADO COMO MODELO MATEMÁTICO PARA OBTENER LA COMPONENTE AXIAL ( $C_{2U}$ ) DE LA VELOCIDAD ABSOLUTA EN LOS IMPULSORES DE LOS TURBOCOMPRESORES CENTRÍFUGOS**

Tena Verdejo Juan

Santiago Gabino Francisco

Tena Galván Sandra Zulema

Oropeza Ramírez Salvador

Gutierrez Pola Marlenne

Ordoñez Tapia Mayanin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6082201028>

### **CAPÍTULO 9..... 98**

#### **MENSURAÇÃO DO AUMENTO DE EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO E ENERGIA ELÉTRICA USANDO O PRÉ RESFRIAMENTO PARA O ULTRACONGELAMENTO DE PÃES**

Leandro Fluvio Torno

Alexandre Fernandes Santos

Heraldo José Lopes de Souza

Sariah Torno

Darlo Torno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6082201029>

<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>110</b>
REQUISITOS METROLÓGICOS LEGAIS PARA MEDIÇÃO FISCAL APLICADOS A UNIDADES FLUTUANTES DE PRODUÇÃO, ARMAZENAMENTO E TRANSFERÊNCIA DE PETRÓLEO (FPSO): CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	
Hélio Damásio de Lima Filho	
Jardel Dantas da Cunha	
Andréa Francisca Fernandes Barbosa	
Antônio Robson Gurgel	
Antonio Rodolfo Paulino Fernando Pessoa	
André Luís Novaes Motta	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.60822010210">https://doi.org/10.22533/at.ed.60822010210</a>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>124</b>
SHM BASEADO EM ONDAS DE LAMB E MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA O LIMAR DE DETECÇÃO DE DANO APLICADO A ESTRUTURAS DE AERONAVES	
Lucas Altamirando de Andrade da Rocha	
Roberto Mendes Finzi Neto	
Valder Steffen Jr	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.60822010211">https://doi.org/10.22533/at.ed.60822010211</a>	
<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>138</b>
VISIÓN POR COMPUTADORA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITOS INTEGRADOS EN TARJETAS ELECTRÓNICAS	
Samuel Sotelo Martínez	
Raúl García García	
Rafael Ocampo Martínez	
Marco Antonio Olivo Flores	
Pablo Saúl Espinoza Aguirre	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.60822010212">https://doi.org/10.22533/at.ed.60822010212</a>	
<b>CAPÍTULO 13.....</b>	<b>148</b>
AVALIAÇÃO GEOMÉTRICA DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO EM CAVIDADES DIRIGIDAS COM USO DO DESIGN CONSTRUTAL	
Priscila Martta Rodrigues	
Cícero Coelho de Escobar	
Flávia Schwarz Franceschini Zinani	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.60822010213">https://doi.org/10.22533/at.ed.60822010213</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>159</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>160</b>

## REQUISITOS METROLÓGICOS LEGAIS PARA MEDIÇÃO FISCAL APLICADOS A UNIDADES FLUTUANTES DE PRODUÇÃO, ARMAZENAMENTO E TRANSFERÊNCIA DE PETRÓLEO (FPSO): CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Data de aceite: 10/01/2022

### **Hélio Damásio de Lima Filho**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
(UFERSA)  
Mossoró-RN  
<http://lattes.cnpq.br/0114638867548018>

### **Jardel Dantas da Cunha**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
(UFERSA)  
Mossoró-RN  
<http://lattes.cnpq.br/3658783471840574>

### **Andréa Francisca Fernandes Barbosa**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
(UFERSA)  
Mossoró-RN  
<http://lattes.cnpq.br/5160430176229725>

### **Antônio Robson Gurgel**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
(UFERSA)  
Mossoró-RN  
<http://lattes.cnpq.br/3757236425411868>

### **Antonio Rodolfo Paulino Fernando Pessoa**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
(UFERSA)  
Mossoró-RN  
<http://lattes.cnpq.br/5462842425443359>

### **André Luís Novaes Motta**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
(UFERSA)  
Mossoró-RN  
<http://lattes.cnpq.br/6655822329418320>

RESUMO: A produção de petróleo e gás natural no Brasil é de grande importância, já que ele é por lei uma *commodity* nacional, o volume produzido deste bem influencia diretamente a receita da união, estados e municípios, graças a uma série de leis nacionais que promovem a divisão dos recursos oriundos da sua exploração. O método de partilha mais comum é a do recolhimento de *royalties*, que são pagos em montante diretamente proporcional a vazão produzida pelo produtor do campo. Para padronizar e regulamentar as medições volumétricas de óleo a ANP publicou um documento que rege os requisitos metrológicos dos sistemas de medição, esse documento é denominado de Regulamento Técnico de Medição de Petróleo e Gás Natural (RTM). A seleção dos equipamentos que irão compor o sistema de medição, a forma como este deve ser projetado e inserido na planta de processo e os mecanismos de apoio preconizado pelo RTM devem atender os requisitos metrológicos legais e uma série de normas nacionais e internacionais. O objetivo deste trabalho é selecionar um medidor de vazão tomando como base os requisitos metrológicos ou RTM, onde serão utilizados dados de produção diária média de 150000 barris por dia (bbl/d), o petróleo possui as seguintes características: grau °API de 31,5, vazão de óleo 993,67 m<sup>3</sup>/h, viscosidade de 832 mPa.s e Teor de água e sedimentos (BSW) de 0,02%. O medidor de vazão tipo turbina é o mais adequado onde os requisitos do RTM especificam que a utilização e implantação do sistema de calibração devem conter: as calibrações *in loco*, utilizando um fluido de massa específica, viscosidade e temperatura

observando os seguintes limites máximos de desvio, massa específica (20%), temperatura (5°C), pressão e vazão (10%), deve haver um sistema que comprove a proficiência do pessoal envolvido e os medidores em operação devem ser calibrados utilizando provadores, tanques de calibração ou medidor padrão de trabalho.

**PALAVRAS CHAVE:** Petróleo, Medição Fiscal, Requisitos Metrológicos, FPSO.

## LEGAL METROLOGICAL REQUIREMENTS FOR FISCAL MEASUREMENT APPLIED TO FLOATING UNITS OF OIL PRODUCTION, STORAGE AND TRANSFER (FPSO): CRITERIA FOR SELECTION OF MEASUREMENT INSTRUMENTS

**ABSTRACT:** The production of oil and natural gas in Brazil is of great importance, as it is by law a national commodity, the volume produced of this good directly influences the revenue of the union, states and municipalities, thanks to a series of national laws that promote division of the resources arising from its exploitation. The most common sharing method is the collection of royalties, which are paid in an amount directly proportional to the flow produced by the producer in the field. In order to standardize and regulate volumetric oil measurements, the ANP published a document that governs the metrological requirements of measurement systems, this document is called Technical Regulation for the Measurement of Oil and Natural Gas (RTM). The selection of equipment that will make up the measurement system, the way it must be designed and inserted in the process plant and the support mechanisms recommended by the RTM must meet the legal metrological requirements and a series of national and international standards. The objective of this work is to select a flow meter based on the metrological or RTM requirements, where data of average daily production of 150000 barrels per day (bbl/d) will be used, oil has the following characteristics: oAPI grade of 31, 5, oil flow 993.67 m<sup>3</sup>/h, viscosity 832 mPa.s and water and sediment content (BSW) 0.02%. The turbine-type flowmeter is the most suitable where the RTM requirements specify that the use and implementation of the calibration system must contain: on-site calibrations, using a fluid of specific mass, viscosity and temperature observing the following maximum deviation limits, specific mass (20%), temperature (5°C), pressure and flow (10%), there must be a system that proves the proficiency of the personnel involved and the meters in operation must be calibrated using testers, calibration tanks or standard meter of Work.

**KEYWORDS:** Oil, assessment measurement, metrological requirements, FPSO.

## 1 | INTRODUÇÃO

Graças às características geológicas (THOMAS, 2004) o petróleo pode surgir nos mais variados locais, podendo ser descoberto e explorado em centros urbanos, florestas, rios e em alto mar. No alto mar um dos modelos mais comuns para produção de petróleo no mundo é a utilização de navios para produção, armazenamento e transferência, comumente denominados de FPSO, *Floating Production Storage and Offloading*, construção de uma unidade desse porte requer atendimento a uma quantidade muito abrangente de normas ambientais, sanitárias, de segurança operacional, inspeção, salvatagem marítimas e inúmeros requisitos metrológicos.

A medição fiscal então tem uma importância extremamente relevante no contexto brasileiro, já que está refletida diretamente em um componente da receita governamental. Ainda segundo a resolução conjunta ANP/INMETRO nº1 de 10.6.2013 cabe a ANP, Agência Nacional de Petróleo e Gás, aprovar a execução e implementação dos projetos de um sistema de medição, assim como também estabelecer todos os critérios e normas relacionadas a operação e manutenção deste sistema. Entre as mais variadas normas citadas pela resolução da ANP, uma das que merece destaque é a norma API MPMS capítulo 11.1 e capítulo 21, estabelece critérios para realizar medições de petróleo líquido utilizando medidores de vazão do tipo turbina e de deslocamento positivo, que segundo SILVA FILHO, 2010, estão entre os tipos de medidores de vazão mais utilizados no mundo. Estas mesmas normas ainda consideram a variabilidade das características de processo como densidade do fluido medido, correção de temperatura e compressibilidade para aplicações que exigem grande confiabilidade nas medições, cenário este que se adequa a um sistema de medição fiscal. Tais características são propriedades físico-químicas intrínsecas ao tipo de óleo e gás, vazão de produção e capacidade de armazenamento e transferência da unidade. Então um sistema projetado para atender um determinado campo não deve ser utilizado, ao menos integralmente, para atender um outro campo, devido as características únicas de cada sistema de medição. As definições de projeto se tornam deveras importantes, já que um erro em alguma especificação pode inviabilizar a aprovação de todo sistema (CABRAL, 2004; ALBERTAZZI, 2008).

O presente trabalho apresenta um estudo detalhado de documentos metrológicos normativos e legais que regem a medição fiscal no Brasil a fim de agrupar as exigências de projeto e seleção dos equipamentos de um sistema de medição de volume de óleo.

## 2 | METODOLOGIA

Métodos empíricos e computacionais, ainda na fase de prospecção de um reservatório de petróleo são utilizados para determinar a quantidade de óleo recuperável e suas características química e físicas e assim determinar a capacidade de processamento, armazenamento e transferência de um FPSO - *Floating Production Storage and Offloading* (ROSA, 2006).

Foi utilizada como referência a produção de óleo de um campo já em produção que mais se aproxime das características esperadas deste trabalho. Entre todos os campos de produção de óleo no Brasil os que significativamente apresentam maior produção de óleo são os campos localizados no Pré-sal<sup>1</sup>.

O maior campo do Pré-sal está localizado a 230km da costa do município do Rio de Janeiro e em lâmina d'água de 2200m, o sistema de produção previsto pelo plano de desenvolvimento aprovado na reunião da diretoria nº0914 de 10 de janeiro de 2018 é do tipo

1 Nossas atividades: O Pré-sal. Disponível em: < <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>>. Acesso em 06 de jun. de 2019.

unidade estacionárias FPSO, com plataformas previstas e capacidade de processamento já estimadas e pré-definidas, listadas na Tabela 01 (ANP, 2018).

<b>Unidade</b>	<b>Petróleo (bbl/d)</b>	<b>Gás Natural (m³/d)</b>
FPSO Cidade Angra dos Reis	100000	5000000
FPSO Cidade de Itaguaí	150000	8000000
FPSO Cidade de Mangaratiba	150000	8000000
FPSO Cidade de Maricá	150000	6000000
FPSO Cidade de Paraty	120000	5000000
FPSO Cidade de Saquarema	150000	6000000
P-66	150000	6000000
P-69	150000	6000000
P-67	150000	6000000

Tabela 01 – Capacidade de processamento das unidades de produção

Fonte: <[http://www.anp.gov.br/images/exploracao\\_e\\_producao\\_de\\_oleo\\_e\\_gas/gestao\\_contratos/fase\\_producao/planos\\_desenvolvimento/sumario\\_lula.pdf](http://www.anp.gov.br/images/exploracao_e_producao_de_oleo_e_gas/gestao_contratos/fase_producao/planos_desenvolvimento/sumario_lula.pdf)>

Com base nos dados da Tabela 01 pode-se considerar que a produção média aproximada de óleo esperada no FPSO instalado neste campo é de 150000 barris por dia, o que significa uma produção de 993,67 metros cúbicos por hora (m³/h), este será o valor adotado como vazão de referência para a elaboração do sistema de medição fiscal. O óleo escolhido tem as características descritas na Tabela 02.

<b>Propriedade</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
Grau API	31,5	°API
Vazão de óleo	993,67	m³/h
Massa específica a 20°C	868,1	Kg/m³
Viscosidade	832	mPa.s
Pressão Média	6612	KPa
Temperatura Média	14,8	°C
BSW - Teor de Água e Sedimentos	0,02	%

Tabela 02 – Características estimadas do óleo produzido

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Instrumentos do Sistema de Medição

Os instrumentos de medição devem ser selecionados de acordo com critérios estabelecidos pelo RTM, esses critérios são definidos, mas não limitados, pelo RTM. Os equipamentos tidos como básicos, no qual um sistema de medição deve ser constituído no mínimo, são: o medidor de vazão, um sistema de calibração, um sistema de amostragem, instrumento de temperatura, instrumento de pressão e um computador de vazão.

#### 3.1.1 Seleção do Medidor de Vazão

O primeiro item a ser analisado na escolha do medidor de vazão em operação é a classe de exatidão do sistema de medição, esta, definida no item 6.3.4 do RTM, conforme Tabela 04, levando em consideração apenas viscosidade do fluido medido.

Sistema	Viscosidade Dinâmica	Classe de Exatidão
Medição Fiscal	$\leq 1000$ mPa.s	0,3
Medição Fiscal	$> 1000$ mPa.s	1
Transferência de Custódia	$\leq 1000$ mPa.s	0,3
Transferência de Custódia	$> 1000$ mPa.s	1
Medição de Apropriação	-	1

Tabela 03 – Classe de exatidão do sistema de medição

Fonte: Adaptado - Regulamento Técnico de medição de Petróleo e Gás, portaria conjunta ANP/ INMETRO disponível em: < <https://www.anp.gov.br/SITE/acao/download/?id=66648> >. Acesso em 11 de mai. de 2019.

Como definido na metodologia, Tabela 03, o óleo aguardado no sistema tem viscosidade inferior a 1000 mPa. O sistema a ser projetado é para medição fiscal então devem ser selecionados instrumentos de medição de vazão com classe de exatidão 0,3.

O INMETRO estabeleceu, através das portarias de aprovação de modelo, PAM, que os modelos de equipamentos de medição de vazão, presentes na Tabela 04 estão classificados com classe de exatidão 0,3, assim, aptos a serem utilizados nos sistemas de medição.

Fabricante	Modelo	Tecnologia	PAM	Qmin.	Qmax.
Fabricante 01	Fab01_Modelo01	Coriolis	PAM003340	1,00	40,31
Fabricante 02	Fab02_Modelo01	Engrenagens	PAM003188	1,00	72,00
	Fab02_Modelo02	Engrenagens	PAM002132	1,80	600,00
Fabricante 03	Fab03_Modelo01	Coriolis	PAM006311	1,00	156,75
	Fab03_Modelo02	Coriolis	PAM003078	1,00	746,45
	Fab03_Modelo03	Coriolis	PAM005984	117,49	2073,49
Fabricante 04	Fab04_Modelo01	Coriolis	PAM006201	1,29	495,33
	Fab04_Modelo02	Coriolis	PAM004361	12,60	1382,30
	Fab04_Modelo03	Coriolis	PAM006202	12,67	1382,32
	Fab04_Modelo04	Coriolis	PAM006400	1,00	1497,52
	Fab04_Modelo05	Ultrassônico	PAM002545	14,00	28400,00
Fabricante 05	Fab05_Modelo01	Coriolis	PAM004544	1,00	691,00
	Fab05_Modelo02	Coriolis	PAM004543	1,00	691,16
Fabricante 06	Fab06_Modelo01	Turbina	PAM004470	15,80	1351,40
	Fab06_Modelo02	Ultrassônico	PAM002933	30,00	70790,00
Fabricante 07	Fab07_Modelo01	Ultrassônico	PAM005016	100,00	2910,00
Fabricante 08	Fab08_Modelo01	Turbina	PAM004024	1,00	4800,00
Fabricante 09	Fab09_Modelo01	Turbina	PAM005590	30,00	6680,00
Fabricante 10	Fab10_Modelo01	Ultrassônico	PAM004924	30,00	9500,00
	Fab11_Modelo01	Ultrassônico	PAM004963	5,30	17000,00
Fabricante 11	Fab11_Modelo02	Ultrassônico	PAM004963	5,90	24200,00
	Fab11_Modelo03	Ultrassônico	PAM004962	5,90	27200,00

Tabela 04 - Modelos de medidores de vazão aprovados pelo INMETRO

Fonte: Adaptado de <[http://www.inmetro.gov.br/legislacao/mais.asp?seq\\_classe=2](http://www.inmetro.gov.br/legislacao/mais.asp?seq_classe=2)>. Acesso em 03 de jun de 2019

Cada medidor possui uma faixa de aplicação para vazão, pressão e temperatura, sendo que alguns medidores também especificam os limites de densidade e viscosidade de trabalho. Devido as diferentes tecnologias de medição os valores de vazão aplicados podem ter suas unidades definidas em volume ou em massa por unidade de tempo.

A seleção do medidor ocorre, após a definição da classe de exatidão, com base na vazão esperada de produção, deve-se levar em consideração o item 9.4.3 do RTM que preconiza que o medidor em operação deve ter a sua vazão usual de operação limitada a +/- 10% da vazão de calibração.

O Gráfico 01 tem a finalidade de facilitar a escolha do medidor de vazão. Ele foi elaborado analisando todos os modelos de medidores de vazão que estão com a PAM aprovada pelo INMETRO. O Gráfico 01 apresenta os valores de vazão dispostos em uma escala logarítmica e os respectivos modelos dos medidores de vazão. A linha intitulada de “Vazão Esperada”, indica o valor de produção aguardado a ser mensurado pelo sistema

de medição,  $Q_{\max}$  indica o valor de vazão máximo que o medidor de vazão pode operar e  $Q_{\min}$  indica o valor de vazão mínimo que o medidor de vazão pode operar. Para seleção do medidor de vazão utilizando a vazão esperada a linha intitulada “Vazão Esperada” deve estar entre as curvas  $Q_{\max}$  e  $Q_{\min}$ .

Segundo RIBEIRO, 2003, o medidor do tipo turbina é amplamente utilizado na indústria do petróleo e possui excelente confiabilidade. Qualquer medidor do tipo turbina poderia ser escolhido seguindo esta orientação.

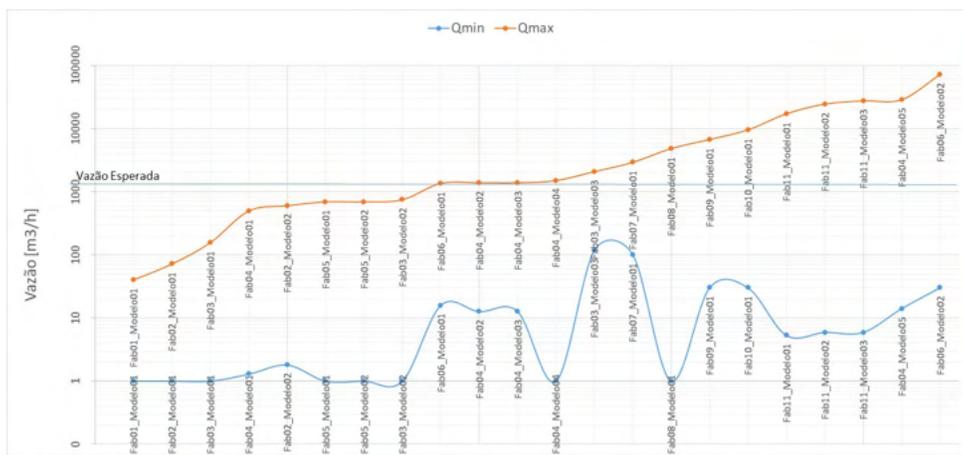


Gráfico 01 – Seleção do Medidor de Vazão por Vazão

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 3.1.2 Características Particulares do Medidor de Vazão Selecionado

Após a definição do medidor de vazão deve-se avaliar a sua aplicabilidade com base nos valores de temperatura e pressão, e para alguns casos, aplicabilidade também em relação aos limites de viscosidade e densidade. A PAM informa também um conjunto de requisitos particulares que devem ser atendidos especificamente para esse modelo de medidor de vazão.

### 3.1.3 Sistema de Calibração

O capítulo 9 do RTM especifica os requisitos que devem ser seguidos para utilização e implantação de um sistema de calibração:

- As calibrações devem ser *in loco*, ou seja, realizadas no local de instalação do medidor em operação, utilizando um fluido de massa específica, viscosidade e temperatura observando os seguintes limites máximos de desvio, vinte por cento na massa específica, cinco graus de temperatura, dez por cento (10%) de pressão e vazão;

- Deve haver um sistema que comprove a proficiência do pessoal envolvido no processo de calibração;
- Os medidores em operação devem ser calibrados utilizando provadores, tanques de calibração ou medidor padrão de trabalho;

O sistema de calibração proposto neste trabalho será composto por um medidor padrão de trabalho a ser confrontado, calibrado, contra o medidor em operação, a ser montado na planta de processo, atendendo os requisitos do item da API MPMS Capítulo 21 – *Flow Measurement Using Electronic Metering Systems* - especialmente os requisitos ao item 11 – *Verification and Calibration Equipment*, este item preconiza a existência de:

- Dispositivo de processamento de sinal de entrada para o sistema eletrônico de medição de Líquido, utilizando cartões de entrada de pulsos;
- Dispositivo de processamento de sinal de saída para o sistema eletrônico de medição de Líquido, utilizando cartões de saída de pulsos;
- Transmissor de temperatura;
- Transmissor de pressão;
- Transmissor e conversor de pulsos;
- Condicionador e isolador de sinal intermediário;
- Densímetro de medição em linha;
- Transmissores de sinal para os equipamentos eletrônicos.

O sistema de calibração de vazão deve ter seus valores diretamente comparados aos valores mensurados pelo sistema de medição, seguindo os requisitos do item 11.5 da API MPMS Capítulo 21 – *Flow Measurement Using Electronic Metering Systems*. O medidor padrão de vazão, utilizado como referência no sistema de calibração, deve estar calibrado em laboratório acreditado pelo INMETRO com certificação na ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração, em intervalor não superior a três meses conforme especificação do ANEXO B do RTM.

### 3.1.4 Sistema de Amostragem

O RTM descreve os requisitos para o sistema de amostragem conforme o seu capítulo 8, as amostras de petróleo devem passar por análise quantitativa e qualitativa a serem utilizadas no sistema de computação de líquidos. É preconizada pelo RTM a utilização de um sistema de amostragem automático que deve atender os seguintes requisitos, conforme item 8.1.11 do RTM:

- O ponto de amostragem deve esta imediatamente a montante ou jusante do medidor de volume;
- O ponto deve garantir a representatividade da amostra;

- O recipiente de coleta deve ser estanque;
- A amostra deve ser misturada e homogeneizada antes da sua análise.

O laboratório de análises químicas, que deve manipular e mensurar as amostras obtidas pelo sistema de amostragem, deve atender aos requisitos conforme especificado no item 3.2 deste trabalho.

### *3.1.5 Medidor de Temperatura*

O medidor de temperatura deve ser selecionado de forma a ser compatível com os valores de temperatura média aguardados, especificados na Tabela 03. O medidor escolhido a ser utilizado no sistema de medição proposto neste trabalho é do tipo termoresistência a platina de 100 ohms a zero graus Celsius. Esse modelo foi escolhido devido a sua linearidade e ampla utilização na indústria. O medidor deve atender aos requisitos da NBR 13773:2008 – Termoresistência industrial de platina – Requisitos e ensaio e da NBR-13772: Termoresistência — Calibração por comparação com termoresistência de referência, adicionalmente o medidor de temperatura deve ser calibrado em laboratório acreditado pelo INMETRO com certificação na ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração de acordo com o período estabelecido no Anexo B do RTM, medidores de temperatura em sistemas de medição fiscal devem ser calibrados em intervalo não superior a três meses.

### *3.1.6 Medidor de Pressão*

O medidor de pressão deve ser selecionado de forma a ser compatível com os valores de pressão aguardados, especificados na Tabela 03. O medidor deve também atender os requisitos da norma ABNT NBR 14105-2:2015 Medidores de pressão Parte 2: Medidores digitais de pressão - Requisitos de fabricação, classificação, ensaios e utilização, adicionalmente o medidor de pressão deve ser calibrado em laboratório acreditado pelo INMETRO com certificação na ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração de acordo com o período estabelecido no Anexo B do RTM, medidores de pressão em sistemas de medição fiscal devem ser calibrados em intervalo não superior a três meses.

### *3.1.7 Computador de Vazão*

O computador de vazão a ser escolhido, devido a simplicidade, será um modelo dedicado a medição de fluidos do tipo hidrocarbonetos líquidos. O computador de vazão selecionado deve atender aos requisitos da ABNT NBR 16020 – Medição eletrônica de líquidos – Computadores de vazão e da portaria do INMETRO Portaria n. ° 499 de 02 de outubro de 2015, que estipula os critérios técnicos e metrológicos aplicáveis aos computadores de vazão.

### 3.2 Recursos de Apoio

Devem existir recursos disponíveis, a fim de constituir um laboratório de análises físico-químicas certificado e habilitado a realizar as atividades contidas, e normalizadas, de acordo com a Tabela 05.

<b>Norma</b>	<b>Descrição</b>
ABNT 07148/01	Petróleo e Produtos do Petróleo – Determinação da Massa Específica, Densidade Relativa e °API
ABNT 14065/2006	Destilados de Petróleo e Óleos Viscosos – Determinação da Massa Específica e da Massa Específica Relativa pelo Densímetro Digital
ASTM D4052-2009	Standard Test Method for Density, Relative Density, and API Gravity of Liquids by Digital Density Meter
ASTM D5002/1999	Standard Test Method for Density and Relative Density of Crude Oils by Digital Density Analyzer
API/MPMS 9.1/2002	Hydrometer Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products
API/MPMS 9.3/2002	Standard Test Method for Density, Relative Density, and API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Thermohydrometer Method
ABNT-14236/02	Produtos de Petróleo e Materiais Betuminosos – Determinação do Teor de Água por Destilação
ABNT-NBR 14647/01	Produtos de Petróleo – Determinação da Água e Sedimentos em Petróleos e Óleos Combustíveis pelo Método de Centrifugação
ASTM D4007/08	Standard Test Method for Water and Sediment in Crude Oil by the Centrifuge Method (Laboratory Procedure)
API/MPMS 10.1/02	Standard Test Method for Sediment in Crude Oils and Fuel Oils by the Extraction Method, Second Edition
API/MPMS 10.4/99	Determination of Water and Sediment in Crude Oil by Centrifuge Method (Field Procedure)
API/MPMS 10.7/02	Standard Test Method for Water in Crude Oil by Karl Fischer. Titration (Potentiometric) (ANSI/ASTM D4377) (IP 356)
ASTM D2892/05	Standard Test Method for Distillation of Crude Petroleum (15 -Theoretical Plate Column)
ASTM D5236-3/07	Standard Test Method for Distillation of Heavy Hydrocarbon Mixtures (Vacuum Potstill Method)
ABNT-NBR14533/07	Produtos de petróleo - Determinação de enxofre por espectrometria de fluorescência de raios X (energia dispersiva)
ASTM D129-00/05	Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products (General Bomb Method)
ASTM D1945/03	Standard Test Method for Analysis of Natural Gas by Gas Chromatography.
ASTM D4294/10	Standard Test Method for Sulfur in Petroleum and Petroleum Products by Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry

ASTM D2622/10	Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry
---------------	--

Tabela 05 - Requisitos normativos para laboratório de análises físico químicas.

Fonte: Adaptado de <[http://www.inmetro.gov.br/legislacao/mais.asp?seq\\_classe=2](http://www.inmetro.gov.br/legislacao/mais.asp?seq_classe=2)>. Acesso em 03 de jun de 2019

Também deve existir um laboratório de instrumentação, a disposição, rastreável a rede brasileira de calibração, com a função de calibrar, aferir e manter os equipamentos que compõem o sistema de medição. Este laboratório deve atender os requisitos dispostos na norma ABNT-NBR ISO 10012/04 - Sistemas de Gestão de Medição – Requisitos para os Processos de Medição e Equipamento de Medição e da ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração.

## 4 I CONCLUSÃO

O projeto do sistema de medição, orientado pelos requisitos do RTM, é rígido e requer um amplo conhecimento de normas nacionais e internacionais, percebe-se também que o sistema normativo brasileiro ainda é carente quanto a existência de normas aplicáveis a indústria do petróleo, especialmente as relacionadas aos requisitos de medição e caracterização do petróleo e suas variáveis.

O sistema de medição não é um sistema que deve ser introduzido na planta de processo após a sua conclusão. Os requisitos de localização e compatibilidade afetam profundamente a concepção do projeto da planta de processo do FPSO. Assim como a variabilidade do sistema de medição, especialmente no que se refere a escolha do medidor de volume. Cada portaria de aprovação de modelo especifica requisitos próprios de instalação e operação, assim a depender do modelo e do fabricante selecionado os requisitos legais para instalação serão distintos. Desta forma a substituição do medidor por outro de modelo ou tecnologia diferente pode ocasionar a desregulamentação do sistema.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR ISO 10012 – Sistemas de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamento de medição**. 1ª ed. 30 de abril de 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR-13772:2008 Termoresistência – Calibração por comparação com Termoresistência de referência**. 1ª ed, 11 de ago de 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 13773:2008 – Termoresistência industrial de platina – Requisitos e ensaio**. 1ª ed, 11 de ago de 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 14105-2:2015 – Medidores de pressão**. Parte 2: Medidores digitais de pressão - Requisitos de fabricação, classificação, ensaios e utilização. 1ª ed, 01 de dez 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração.** 1ª ed, 19 de ago 2014.

AGENCIA NACIONAL DO PETROLEO E GÁS. **Portaria Conjunta ANP/INMETRO nº 01, de 10 de junho de 2013.** Aprova o Regulamento técnico de medição de petróleo e gás natural. Disponível em: < <https://www.anp.gov.br/SITE/acao/download/?id=66648> >. Acesso em 11 de maio de 2019.

\_\_\_\_\_. **Plano de Desenvolvimento Aprovado Campo de Lula – Resolução nº007/2018.** Rio de Janeiro, 10 de janeiro de 2018. Disponível em <[http://www.anp.gov.br/images/exploracao\\_e\\_producao\\_de\\_oleo\\_e\\_gas/gestao\\_contratos/fase\\_producao/planos\\_desenvolvimento/sumario\\_lula.pdf](http://www.anp.gov.br/images/exploracao_e_producao_de_oleo_e_gas/gestao_contratos/fase_producao/planos_desenvolvimento/sumario_lula.pdf)> Acesso em: 18 de maio de 2019.

\_\_\_\_\_. **Produção brasileira de petróleo em março cresce 2,8% em relação a fevereiro.** Rio de Janeiro, 03 de maio de 2019. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/noticias/anp-e-p/5162-producao-brasileira-de-petroleo-em-marco-cresce-2-8-em-relacao-a-fevereiro>> Acesso em: 18 de maio de 2019.

ALBERTAZZI, ARMANDO; SOUZA, ANDRÉ ROBERTO DE. **Fundamentos de metrologia científica e industrial.** 1ª. ed. Barueri: Manole, 2008.

ALBURQUERQUE, Karina Ferreira Soares de. **A importância dos recursos provenientes de royalties do petróleo como forma de distribuição de renda e aumento das relações de consumo.** 2013. Dissertação (Mestrado) - Direito Econômico, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Paraná, 2013.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API/MPMS Chapter 21, Flow Measurement Using Electronic Metering Systems, Section 2 – Electronic Liquid Volume Measurement Using Positive Displacement and Turbine Meters,** Washington D.C., 1ª ed, 1998.

\_\_\_\_\_. **API/MPMS Chapter 7.2/2001, Temperature-Dynamic Temperature Determination.** Washington D.C., 2001. 38 p.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988.** Poder Executivo, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)> Acesso em 28 de maio de 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 5.966. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Poder Executivo, Brasília, DF, 11 dez 1973. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L5966.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5966.htm) >Acesso em 27 de maio de 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.478. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Poder Executivo, Brasília, DF, 6 ago 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9478.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9478.htm)> Acesso em 08 de Maio de 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.847. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Poder Executivo, Brasília, DF, 26 out 1999. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9847.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9847.htm)> Acesso em 27 de Maio de 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.933. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Poder Executivo, Brasília, DF, 20 dez 1999. Disponível em: < [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9933.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9933.htm)> Acesso em 27 de Maio de 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12734. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de nov de 2012. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/.../Lei/L12734.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/.../Lei/L12734.htm)>. Acesso em 28 de maio de 2019.

CABRAL, Paulo. **Erros e Incertezas nas Medições**. Senhora da Hora, Portugal, 1ª ed, Instituto Eletrotécnico Português, 2004.

DELMEE, G.J. **Manual de medição de vazão**. São Paulo, 3ª ed, Edgard Blucher, 2003.

FERREIRA, Ana Luísa Auler da Silva. **Tecnologia Ultrassônica na Medição de Vazão em Escoamentos Incompressíveis**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LIRA, FRANCISCO ADVAL DE. **Metrologia na Indústria**. 3ª ed. São Paulo: Erica, 2011

ISO GUM - ABNT, INMETRO, SBM, “**Guia para a Expressão da Incerteza de Medição**”, Segunda Edição Brasileira, Rio de Janeiro, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 91-2/1991**. Petroleum measurement tables - Part 2: Tables based on a reference temperature of 20 degrees C. Genebra: 1991. 3p.

\_\_\_\_\_. **ISO 9770/1989**. Crude petroleum and petroleum products -- Compressibility factors for hydrocarbons in the range 638 kg/m<sup>3</sup> to 1 074 kg/m<sup>3</sup>. Genebra, 1989. 1 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia**. Rio de Janeiro: 2012. 95p.

\_\_\_\_\_. Portaria de aprovação de modelos de instrumentos de medição. Rio de Janeiro: 2019. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/legislacao/mais.asp?seq\\_classe=2](http://www.inmetro.gov.br/legislacao/mais.asp?seq_classe=2)>. Acesso em: 01 de jun. de 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF LEGAL METROLOGY. **OIML R 117-1** Dynamic measuring systems for liquids other than water - Part 1: Metrological and technical requirements. França: 2007. 127p. Disponível em: < [https://www.oiml.org/en/files/pdf\\_r/r117-1-e07.pdf](https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r117-1-e07.pdf)> Acesso em: 15 de jun de 2019.

OSCAR, R. F. P. **OPERAÇÃO DE OFFLOADING: operação de alívio em um FPSO com navio convencional**. 2013. 136 f. Dissertação (Aperfeiçoamento para oficiais de Náutica), Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2013.

PETROLEO BRASILEIRO S.A. **Nova plataforma que entra em produção este ano, segue para Bacia de Campos**. Rio de Janeiro: 2018. Disponível em: < <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados-1/nova-plataforma-que-entra-em-producao-este-ano-segue-para-bacia-de-campos.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

\_\_\_\_\_. **Pré-sal**. Rio de Janeiro: 2019. Disponível em: < <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>> . Acesso em: 06 de jun. de 2019.

\_\_\_\_\_. **Tipos de plataformas: Conheça as tecnologias de nossas operações no mar.**

Rio de Janeiro: 2019. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/infograficos/tipos-de-plataformas/desktop/index.html>> Acesso em 28 de maio de 2019.

RIBEIRO, M. A. **Instrumentação.** Câmara Brasileira do Livro, 14ª ed. Salvador, 2008.

\_\_\_\_\_. **Medição de Petróleo e Gás,** Apostila, 4ª ed. Salvador, 2003.

\_\_\_\_\_. **Incerteza na Medição – Fundamentos e Aplicações,** Apostila, 2ª ed. Salvador, 2006.

ROSA, A. J., CARVALHO, R. S., XAVIER, J.A.D., **Engenharia de Reservatórios de Petróleo,** Interciência, 2006.

SILVA FILHO, J. A. P et al. **Importância da Avaliação das Incertezas na Medição dos Volumes de Petróleo e Gás Natural.** Revista Produto & Produção, vol. 11, n. 1, p. 99 - 112, fev. 2010. Disponível em < [seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/viewFile/11840/7042](http://seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/viewFile/11840/7042)>. Acesso em: 05 de maio de 2019.

THOMAS, Jose Eduardo. **Fundamentos de engenharia de petróleo.** São Paulo, 2ª ed, Interciência, 2004.

WATLOW, **Poço termométrico com rosca.** Disponível em: <<http://www.directindustry.com/pt/prod/watlow/product-7347-210606.html>> Acesso em: 29 de maio de 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Análise dos Modos e Efeitos de Falha - FMEA 29

Análise estatística 124, 125, 131, 135

### C

Calha 7, 15

Cinemática 42, 43, 90, 91, 92

Circuito integrado 138, 142, 143, 144, 145, 146, 147

Confiabilidade 14, 25, 28, 40, 41

Criticidade 1, 3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 32, 36, 66

### D

Desenho 151

### E

Estrutura 7, 23, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 134, 135, 150

### F

Ferramenta da qualidade 22

Floating Production Storage and Offloading - FPSO 111, 112

### I

Impulsor 91, 92, 93, 94, 95

Indústria têxtil 16

Interface gráfica 80

### M

Manutenção 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 52, 53, 54, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 112

Manutenção corretiva 1, 3, 4, 5, 8, 11, 18, 19, 39

Manutenção preventiva 3, 4, 5, 8, 10, 12, 13, 18, 19, 38, 61

Mecanismo 10, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 71, 74, 75, 76, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 152

Mecanismo de quatro barras 80

Medição fiscal 110, 111, 112, 113, 114, 118

Monitoramento da integridade estrutural 125

## **O**

Ondas de Lamb 124, 125, 126, 129

## **P**

Petróleo 43, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 119, 120, 121, 123

Placa eletrônica 61

Plano de manutenção 4, 5, 7, 12, 13, 22, 28, 30, 35, 37, 40, 54, 63, 64

Pré-resfriamento 98

## **Q**

Qualidade 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 16, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 29, 33, 40, 41, 99, 101, 122

## **R**

Rendimento térmico 98

Requisitos metrológicos 110, 111

## **T**

Tempo Médio de Reparo - MTTR 17, 24

Tempo Médio entre Falhas - MTBF 17, 22

Triceratops 68, 69, 77

## **U**

Ultracongelamento 98, 102, 107, 108

## **V**

Ventilador 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 66

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

---

*Collection:*

# APPLIED MECHANICAL ENGINEERING

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

*Collection:*

# APPLIED MECHANICAL ENGINEERING

  
Ano 2022