



# Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

---

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134	Impactos das tecnologias na engenharia química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 1)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-237-1 DOI 10.22533/at.ed.371190304  1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.  CDD 660.76
-----	--

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

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

## APRESENTAÇÃO

Inovações tecnológicas surgem a todo o momento, em todo o mundo, sendo utilizadas como uma ferramenta estratégica para manutenção e crescimento dos negócios nas indústrias. A Engenharia Química foi uma das carreiras que mais contribuiu para a evolução da Era Industrial para a Era Moderna.

A preocupação em desenvolver produtos e processos de produção torna a Engenharia Química responsável por pesquisas e projetos em relação aos materiais que passam por mudanças físicas e químicas, adquirindo outras características.

A Engenharia Química trabalha com a manipulação de compostos e substâncias para se criar novos produtos. Estes produtos proporcionam uma melhoria na qualidade de vida humana, pois além de pesquisas relacionadas, existe a preocupação em viabilizar as invenções, criar métodos baratos e eficientes de fabricação em massa, implementando processos químico-industriais cada vez melhores, mais econômicos e mais ecológicos.

Neste primeiro volume, organizado para você, apresentamos o papel do Engenheiro Químico no mercado de trabalho, pois este aplica conhecimentos adquiridos no estudo de Química e de Engenharia para criar soluções voltadas à produção ou ao uso de substâncias químicas. É o profissional que constrói um elo entre a ciência e a manufatura. Cabe ao engenheiro químico lidar com a formulação e a solução de problemas associados à indústria química, bem como trabalhar na operação e manutenção de sistemas. Também são expostos, neste volume, trabalhos relacionados ao ensino teórico e prático de Engenharia Química.

Além disso, encontram-se trabalhos relacionados com aplicações estatísticas, simulações e otimização de processos para melhoria de utilização de produtos e subprodutos. Assim como são expostos trabalhos de caracterização de materiais e alterações em processos químicos utilizando novas técnicas de análise de produto, avaliando comportamento, característica de sistemas, propriedades físico-químicas e alteração de composição de produtos já utilizados no mercado.

Baseado nestes trabalhos, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos na área da Engenharia Química. Os trabalhos selecionados oportunizam uma nova visão de materiais, processos e técnicas na área, mostrando o impacto tecnológico no desenvolvimento da indústria e sua relação direta com a sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
O PAPEL DO ENGENHEIRO QUÍMICO NO MERCADO DE TRABALHO: PRODUÇÃO DE UM GUIA PRÁTICO DIGITAL DESTINADO AOS GRADUANDOS E DEMAIS INTERESSADOS NA PROFISSÃO	
Raphael Carlos Rosa Pereira Eder Dias da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
GAMEQ: JOGO PARA O ENSINO NA ENGENHARIA QUIMICA	
Riccardo Cafagna Miguel do Valle Fróes Negreiros Falcão Felipe Emmanouil Martires Stamoglou Ana Lucia Barbosa de Souza Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
ELABORAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE PROTÓTIPO DE REATOR CSTR CONSTRUÍDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO VOLTADO À EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Sauro Franceschi de Carvalho Emeson de Souza Lemos Kevelyn Carolina Motta Sbravati	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE MÓDULO CONTÍNUO A PARTIR DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO COMO IMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Igor Moraes Bezerra Calixto Sauro Franceschi de Carvalho Matheus Macedo Teixeira Rafaela Misseia Cinque de Lima Marco Antônio de Alcântara Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>36</b>
O SIMULADOR DO FUTURO APLICADO À INDÚSTRIA	
Fernanda Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>43</b>
TERMODINÂMICA QUÍMICA – COMPREENDENDO DE FORÇAS INTERMOLECULARES A COEFICIENTE DE ATIVIDADE	
Lisandra Ferreira de Lima Admilson Lopes Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903046</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 53**

DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO DE SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS (DES) EMPREGANDO A CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)

Helena Pletsch  
Mariana Carolina Gipiela Corrêa Dias  
Marcos Rogério Mafra

**DOI 10.22533/at.ed.3711903047**

**CAPÍTULO 8 ..... 59**

ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHAS POR TÉCNICAS ESTATÍSTICAS APLICADAS A SISTEMAS DE BOMBEAMENTO HIDRÁULICO

Rebeca Albino de Jesus  
Ezequiel José da Silva Honorato  
Fábio George Nogueira Cruz  
José Nilton Silva

**DOI 10.22533/at.ed.3711903048**

**CAPÍTULO 9 ..... 73**

COMPARAÇÃO DE PERFIS DE VELOCIDADE OBTIDOS POR TUBO DE PITOT E POR SOFTWARE DE SIMULAÇÃO ANSYS CFX

Victor Felipe Arthur Coutinho Ladeia  
Rosilanny Soares Carvalho  
Anna Clara Marques de Queiroz  
João Carlos Gonçalves

**DOI 10.22533/at.ed.3711903049**

**CAPÍTULO 10 ..... 80**

ENGENHARIA DE PROCESSOS: DIMENSIONAMENTO, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE SISTEMAS DE EVAPORAÇÃO MÚLTIPLO EFEITO DE INDÚSTRIAS DE CELULOSE *KRAFT*

Jamilly Marques Gasparoni  
Cássia Regina Santos Nunes Almeida  
Gustavo Matheus de Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.37119030410**

**CAPÍTULO 11 ..... 96**

PROJETO DE HIDROCICLONES USANDO OTIMIZAÇÃO ROBUSTA E ESTUDO DO EFEITO DA ROBUSTEZ

Vitor Alves Garcia  
Fran Sérgio Lobato  
Luiz Gustavo Martins Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.37119030411**

**CAPÍTULO 12 ..... 111**

SELEÇÃO DE VARIÁVEIS E CONTROLE DE COMPOSIÇÃO POR INFERÊNCIA DE TEMPERATURA EM PROCESSO PRODUTIVO DO ETILBENZENO

Arioston Araújo de Moraes Júnior  
Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas  
Paulo Romero de Araujo Mariz  
Emanuella Francisca de Lacerda Vieira  
Marcelo da Silva Pedro  
Jonas Laedson Marinho da Silva Santos

**DOI 10.22533/at.ed.37119030412**

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>119</b>
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE PH, TEMPERATURA E TEMPO DE VAPORIZAÇÃO NO PROCESSO DE TINGIMENTO DE TECIDOS	
Wanyr Romero Ferreira Wilson Costa Resende Aline Pereira Leite Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>128</b>
ANÁLISE CORROSIVA DO AÇO 304 QUANDO SUBMETIDO AO PROCEDIMENTO DE GALVANOPLASTIA	
Renata de Oliveira Marinho Marcelo Batista Queiroz Eudesio Oliveira Vilar Márcia Cristina de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>140</b>
EFEITO DA DENSIDADE DE CORRENTE NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE Co-W OBTIDOS POR ELETRODEPOSIÇÃO	
Arthur Filgueira de Almeida Bianca Oliveira Evaristo Josiane Dantas Costa Mikarla Baía de Sousa Nathália Cristina Morais Lia Fook Renato Alexandre Costa de Santana Ana Regina Nascimento Campos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>148</b>
FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO E REDE NEURAL ARTIFICIAL NA ESTIMATIVA DE CONCENTRAÇÃO EM UM REATOR QUÍMICO NÃO ISOTÉRMICO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas Marcelo da Silva Pedro Paulo Romero de Araujo Mariz Emanuella Francisca de Lacerda Vieira Jonas Laedson Marinho da Silva Santos Rodrigo Marinho Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030416</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>153</b>
COMPÓSITO DE NANOCELULOSE BACTERIANA E NANOTUBOS DE CARBONO	
Guilherme Colla Vinícius Heidemann de Souza Fernanda Vieira Berti Luismar Marques Porto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030417</b>	

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>160</b>
IMOBILIZAÇÃO DE COLÁGENO HUMANO TIPO I EM MEMBRANAS DE NANOCELULOSE BACTERIANA	
Ana Carolina Jorge Meyer Emily Marques dos Reis Luismar Marques Porto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030418</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>167</b>
CENTRIFUGATION STEP CONTROL OF CELLULOSE NANOCRYSTALS SUSPENSION BY pH AND TURBIDITY MEASUREMENTS	
Mayara Felix Santana Bárbara Castro Moreira Flávia Mitsue Yamashita Nilda de Fátima Ferreira Soares José Mauro de Almeida Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira Deusanilde de Jesus Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>173</b>
ESTUDO TERMODINÂMICO DA ADSORÇÃO DO CORANTE CRISTAL VIOLETA EM NANOTUBOS DE CARBONO FUNCIONALIZADOS	
Leonardo Martins Vargas Gabriel Facciochi Dörtzbacher Guilherme Luiz Dotto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>181</b>
ESTUDO DA REOLOGIA E DA SALINIDADE DE MICROEMULSÕES À BASE DE GLICERINA PARA SEREM UTILIZADAS NA RECUPERAÇÃO DE PETRÓLEO	
Amanda Brito de Carvalho Fabiola Dias da Silva Curbelo Elayne Andrade Araújo Alfredo Ismael Curbelo Garnica	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030421</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>196</b>
ORGANOFILIZAÇÃO DE ARGILAS BENTONÍTICAS PARA APLICAÇÃO EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE MICROEMULSIONADA	
Renata Rodrigues Magalhães Roxana Pereira Fernandes de Sousa Alfredo Ismael Curbelo Garnica Fabiola Dias da Silva Curbelo Thaine Taumaturgo Caminha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030422</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>201</b>
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E VOLUMÉTRICAS DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E DO BIOQUEROSENE	
<p>Idila Rafaela Carvalho Gonçalves  Ana Clara Cazarin Queiroz  Luciana Loureiro de Pinho Rolemberg de Andrade  Sílvia Maria Zanini Sebrão  Krishnaswamy Rajagopal</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030423</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>210</b>
AVALIAÇÃO REOLÓGICA DE TINTAS ACRÍLICAS COMERCIAIS E ADITIVADAS COM CARGA CONDUTORA	
<p>Alex da Silva Sirqueira  Monica Cristina dos Santos Vieira  Monica Feijó Naccache  Stanley Pires de Alcântara</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030424</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>222</b>
EFEITO DA ADIÇÃO DA CINZA GASEIFICADA DE CARVÃO PULVERIZADO NA FORMULAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA	
<p>Gabryella Cerri Mendonça  Cristiano Corrêa Ferreira</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030425</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>232</b>
TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM SISTEMAS PARTICULADOS: DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA DE FERTILIZANTES GRANULADOS NA ESTAGNAÇÃO DE AR	
<p>Hugo Perazzini  Maise Tonon Bitti Perazzini  Rayssa Caroline Ribeiro Bernardes  João Marcos Cardoso Silva</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030426</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>248</b>
DETERMINAÇÃO DA SOLUBILIDADE DA UREIA EM SOLUÇÕES AQUOSAS DE ETANOL	
<p>Raquel de Oliveira Silva  Ana Paula Silva Capuci  Raíssa Araújo de Oliveira Campos  Ricardo Amâncio Malagoni</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030427</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>255</b>
CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO COM ALTAS VAZÕES E VISCOSIDADES ELEVADAS: UMA ALTERNATIVA TÉCNICA À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE ROYALTIES E PARTICIPAÇÕES ESPECIAIS	
<p>Carlos Eduardo Ribeiro de Barros Barateiro  Romulo Carlos da Silva Emerik</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030428</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>271</b>

## CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO COM ALTAS VAZÕES E VISCOSIDADES ELEVADAS: UMA ALTERNATIVA TÉCNICA À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE ROYALTIES E PARTICIPAÇÕES ESPECIAIS

**Carlos Eduardo Ribeiro de Barros Barateiro**

Universidade Estácio de Sá  
Macaé - RJ

**Romulo Carlos da Silva Emerik**

Emerson Process Automation  
Macaé – RJ

**RESUMO:** Com a criação da ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, o mercado brasileiro de óleo e gás passou a ser regulamentado com uma legislação cujo foco principal é proteger os interesses da sociedade em relação à esses bens públicos. Dentre os vários regulamentos e instruções desenvolvidos consta a Portaria Conjunta entre a ANP e o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) sob nº 001, publicada em 19 de Junho de 2000, cujo objetivo principal é estabelecer as condições e requisitos mínimos que deveriam ser atendidos pelos sistemas de medição de petróleo e gás natural com vistas a garantir resultados acurados e completos. A confiabilidade com que devem ser realizadas essas medições é de fundamental importância, uma vez que o pagamento dos royalties e participações especiais por parte das empresas produtoras está diretamente ligado ao grau de incerteza dos montantes medidos. Um dos importantes requisitos que constam dessa

portaria é a necessidade de calibração dos medidores da vazão escoada que deve ser efetuada com as condições mais próximas possíveis das encontradas nas unidades de produção. Essas condições são extremamente impactantes em função das condições existentes nos campos de produção de óleo no Brasil que normalmente possuem altas viscosidades. Essa condição de óleo pesado aliado à necessidade de escoamentos com alta vazão por vazões econômicas, principalmente nas aplicações de transferência das unidades de produção offshore para os navios aliviadores, obrigam a utilização de uma solução técnica não encontrada nos laboratórios de calibração existentes no mundo. Assim, o objetivo principal desse trabalho é a elaboração do projeto conceitual de um laboratório destinado à calibração desses medidores de hidrocarbonetos líquidos que reúna condições de operar com altas vazões e fluidos de alta viscosidade e para tanto, foi realizado uma ampla pesquisa bibliográfica e entrevistas com potenciais fornecedores de soluções, garantindo a viabilidade técnica de implementação desse empreendimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Medição Fiscal; Calibração; Medição de Vazão

**ABSTRACT:** With the ANP (National Agency of Petroleum) creation, Brazilian market for oil and gas has to be regulated with a law whose

main focus is to protect the society interests in relation to these public goods. Among the various regulations and instructions developed contains the Joint Rule between ANP and INMETRO (National Institute of Metrology, Quality and Technology) under No. 001, published on 19 June 2000, whose main objective is to establish the minimum conditions and requirements that should be met by oil metering systems and natural gas in order to ensure accurate and complete results. The reliability with which these measurements should be carried out is of fundamental importance, since the royalties and special participation payments by the producers are directly linked to the uncertainty degree of the measured amounts. One of the important requirements contained in this ordinance is the need for flow calibration carried out with the closest possible conditions from those found in production units. These conditions are extremely impactful in line with the conditions in oil producing fields in Brazil, which typically have high viscosities. This heavy oil condition coupled with the need to flow with high flow for economic reasons, especially in transfer applications of offshore production units for shuttle tankers, require the use of a technical solution cannot be found in existing calibration laboratories in the world. Thus, the main objective of this work is the preparation of the conceptual design of a laboratory for the calibration of these liquid hydrocarbons meters has the wherewithal to operate at high flow rates and high viscosity fluids and for that, a broad literature search and interviews was conducted with potential solution providers, ensuring the technical feasibility of implementing this project.

**KEYWORDS:** Fiscal Measurement; Calibration; Flow Measurement.

## 1 | INTRODUÇÃO

De acordo com o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) aprovado pela Portaria Inmetro 029 (INMETRO, 1995), calibração é o conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidas por padrões. As observações constantes na referida definição também esclarecem que o resultado da calibração permite estabelecer os valores dos mensurados, determinar as correções a serem feitas ou determinar outras propriedades ou efeitos de grandezas de influência. Ou seja, através da calibração, fica estabelecido uma ligação entre os resultados da medição executadas em um dado processo nas suas respectivas definições e às referências nacionais ou internacionais (rastreadibilidade).

Neste contexto, fica evidenciada a importância do adequado controle metrológico dos equipamentos e instrumentos no âmbito do Sistema da Qualidade de qualquer atividade cujos resultados das medições afetem direta ou indiretamente a qualidade do produto, processo ou serviço. E nesse caso, é obvio que os sistemas de medição instalados nas unidades de produção de óleo e gás natural estão inseridos uma vez

que afetam diretamente os volumes apurados para efeito de pagamento de royalties e participações especiais.

A norma ABNT NBR ISO 10012 (ABNT, 2004), “Sistemas de Gestão da Medição – Requisitos para os processos de medição e equipamentos de medição”, recomenda que os processos de medição sejam considerados como processos específicos que objetivem dar suporte à qualidade dos produtos produzidos pela organização. Os requisitos estabelecidos na citada norma servem de base para o cumprimento dos requisitos para medições e controle do processo de medição especificado em outras normas, por exemplo, a ABNT NBR ISO 9001 (ABNT, 2000) e ABNT NBR ISO/IEC 17025 (ABNT, 2005).

Dentro de uma visão genérica, esse processo de comprovação metrológica compreende três subprocessos:

- a. Identificação dos equipamentos e mensurando a serem objeto de controle (o que calibrar, identificação e quantificação das características de desempenho requeridas para o uso pretendido do processo de medição);
- b. Levantamento de provedores com adequadas relações de incerteza e que atendam aos respectivos requisitos (onde calibrar);
- c. Adequação dos procedimentos de calibração (como calibrar, se calibrados na própria instituição) e a definição do adequado ciclo de calibração (quando calibrar).

A norma ABNT NBR ISO 9001 (ABNT, 2000) recomenda o emprego da ABNT NBR ISO/IEC 10012 (ABNT, 2004) como orientação no controle de dispositivos de medição e monitoramento. Por sua vez, esta última norma recomenda que o esforço dedicado ao controle do processo de medição seja compatível com a importância das medições para a qualidade do produto final da organização. A norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 (ABNT, 2005) estabelece que deverá ser calibrado todo equipamento utilizado em ensaios e/ou calibrações (incluindo equipamentos de medições auxiliares, por exemplo, de condições ambientais), e que tenha efeito significativo sobre a exatidão ou validade do resultado do ensaio.

Nesse contexto, a ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), regulamentaram o mercado de produção de óleo e gás natural no Brasil e ao publicaram o Regulamento Técnico de Medição, através de uma Portaria Conjunta (ANP/INMETRO, 2000), definiram os equipamentos, instrumentos e medidores que deveriam ser periodicamente calibrados:

- a. Medidores de vazão (tipo turbina, deslocamento positivo, por efeito Coriollis e ultrassônicos) e elementos primários (placas de orifício, flanges de orifício, Venturis, v-cones);
- b. Instrumentação secundária (transmissores e sensores de pressão e tempe-

ratura);

- c. Computadores de vazão;
- d. Instrumentação analítica (BSW, cromatografia).

A atual versão dessa legislação (ANP/INMETRO, 2013), define as periodicidades máximas que devem ser consideradas para a calibração desses dispositivos, conforme pode ser visualizado nas Tabela 1 aplicável respectivamente para sistemas de medição de hidrocarbonetos líquidos. Podemos observar na tabela citada que periodicidades de calibração que variam de 3 (três) a 12 (doze) meses, dependendo da tecnologia de medição considerada. Esses intervalos são os considerados “adequados” para condições normais de operação e podem até mesmo ser ainda menores em casos de manutenção não previstas ou situações de anormalidades operacionais.

A sustentação para a definição desses intervalos é fundamentada em modelos de inferência estatística, envolvendo distribuições normais, de Poisson, teste Chi-quadrado, análise de Weibull e estatística Bayesiana. O objetivo principal do estabelecimento desses intervalos é o aumento da confiabilidade dos sistemas de medição que pode ser definido como a probabilidade que o mesmo irá obter performance satisfatório, sob condições ambientais especificadas e por um período de tempo prescrito, ou para o número de ciclos de operação requerido para a sua missão ou tarefa (SARAIVA e COUTINHO, 2006).

A confiabilidade de um sistema de medição envolve, portanto, três conceitos distintos:

- a. Enquadramento em um nível específico de desempenho;
- b. Probabilidade de obtenção daquele nível;
- c. Manutenção daquele nível por um determinado tempo.

Sob o ponto de vista prático, a calibração periódica não previne a ocorrência de uso de equipamentos fora de tolerância. Embora seja virtualmente impossível prever o período de tempo no qual haverá a transição de um item da condição “dentro das especificações” para “fora das especificações”, tem se buscado, na prática, encontrar um intervalo de tempo entre calibrações que mantenha a percentagem de itens em uso, em um nível aceitável de confiança que assegure sua opção dentro das especificações ou tolerâncias (SARAIVA e COUTINHO, 2006).

Instrumento de Medição	Tipos de Aplicações			
	Fiscal	Apropriação	Transferência de Custódia	
			Produzido	Processado
Medidor Padrão de trabalho tipo deslocamento positivo, rotativo ou turbina	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses*
Medidor Padrão de trabalho tipo Coriolis	12 meses	12 meses	12 meses	24 meses
Medidor Padrão de trabalho tipo ultrassônico	12 meses	12 meses	12 meses	30 meses
Medidor Padrão de trabalho com outras tecnologias	6 meses	12 meses	12 meses	12 meses
Medidor em operação tipo deslocamento positivo, rotativo ou turbina	3 meses	6 meses	18 meses	24 meses*
Medidor em operação tipo Coriolis	6 meses	12 meses	12 meses	24 meses
Medidor em operação tipo ultrassônico	6 meses	12 meses	12 meses	30 meses
Medidor em operação com outras tecnologias	3 meses	6 meses	12 meses	12 meses
Temperatura	3 meses	6 meses	6 meses	6 meses
Pressão	3 meses	6 meses	6 meses	6 meses
Trenas e termômetros associados aos tanques de GNL	na	na	na	12 meses
Sistemas de medição automático de nível em tanque de GNL	na	na	na	12 meses
Analizador em linha	6 meses	12 meses	12 meses	12 meses

\* Medidores rotativos e de gas natural queimado ou ventilador devem ter o teste de desempenho semestral

Tabela 1: Periodicidades de Calibração para Sistemas de Hidrocarbonetos Líquidos

Fonte: ANP/INMETRO (2013)

Um outro aspecto que deve ser considerado são os requisitos para a realização dessa calibração. De acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 (ABNT, 2005) e do Regulamento Técnico de Medição da ANP/INMETRO (ANP/INMETRO, 2013), os laboratórios que podem executar esse serviço devem demonstrar competência, capacidade de medição e rastreabilidade. O reconhecimento formal da competência de um laboratório de calibração ou ensaio é definido pela sua acreditação que, no Brasil, é somente realizada pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia). O conjunto de laboratórios acreditados no país constitui a Rede Brasileira de Calibração (RBC) e o Regulamento Técnico de Medição da ANP/INMETRO (ANP/INMETRO, 2013) obriga que as calibrações, a serem realizadas nos sistemas de medição de óleo e gás, sejam obrigatoriamente realizadas em laboratórios da RBC ou então em laboratórios que sejam signatários do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) ou da IAAC (InterAmerican Accreditation Cooperation). No tocante a capacidade de calibração, os laboratórios brasileiros e internacionais têm faixas de operação bem definidas. A Tabela 2 sumariza os principais laboratórios internacionais e a Tabela 3 apresenta os existentes no país para uso com hidrocarbonetos líquidos que são o objeto principal deste trabalho. Pode-se verificar que os laboratórios nacionais são limitados a faixas de operação de até 1200 m<sup>3</sup>/h e mesmo os internacionais não operam com valores superiores a 1260 m<sup>3</sup>/h.

País	Instituto de Metrologia Vinculado	Faixa de vazão (m <sup>3</sup> /h)	Incerteza (%)	Líquido de teste	Temperatura (°C)	Pressão (MPa)	Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s)	Método de calibração	Padrão
Austria	BEV	0,0018 a 90	0,07 a 0,1	Gasolina, óleo leve	14 a 17	0,05 a 0,6		volumétrico	tanque calibrado
Taiwan	CMS	18 a 360	0,05	Óleo leve	10 a 45	<0,5	2,5 a 150	gravimétrico	tanque pesado
Cuba	INMET	3 a 300	0,1 a 0,2	gasolina, querosene, óleo leve	amb	<0,8		volumétrico	tanque calibrado
Rep Checa	CMI	0,29 a 396	0,15 a 0,30	querosene, óleo leve	0 a 85	0,1 a 3,5		volumétrico	pipe prover
Dinamarca	FORCE	0,4 a 400	0,03	derivados de petróleo				volumétrico	pipe prover
Alemanha	PTB	0,6 a 250	0,1	derivados de petróleo	amb	0,35	0,77	volumétrico	tanque calibrado
Italia	IMGC	0,0036 a 3,5	0,1	querosene, óleo leve	amb	0,15		volumétrico	pipe prover
Japão	NMI	15 a 300	0,03	querosene, óleo leve	15 a 35	0,1 a 0,7	1,4 a 1,9; 4,4 a 7,8	gravimétrico	tanque pesado
Coreia	KRISS	1 a 14,8	0,11	óleo mineral	15 a 30	0,1 a 0,3	600 a 2200	gravimétrico	tanque pesado
México	CENAM	0,002 a 340	0,06 a 0,08	derivados de petróleo	0 a 82	0,1 a 0,4	0,5 a 10	volumétrico	pipe prover
Polônia	GUM	0,4 a 400	0,1	óleo leve	amb		0,3 a 300	volumétrico	pipe prover
Suécia	SP	0,36 a 1260	0,1	óleo leve	20 a 120		300	volumétrico	pipe prover
Holanda	NMI	0,001 a 250	0,04	gasolina, querosene, óleo leve		0,4	0,7 a 8,5	volumétrico	tanque calibrado
UK	NEL	0,00012 a 720	0,03 a 0,08	querosene, óleo leve, óleo pesado	5 a 50	0,8	22 a 30	gravimétrico	tanque pesado

Tabela 2: Laboratórios Internacionais para Calibração com Hidrocarbonetos Líquidos

Fonte: Shimada *et al* (2010)

Mas há ainda uma outra limitação em termos de capacidade dos laboratórios destinados a calibração de medidores de vazão: a possibilidade de operação com óleos de diferentes viscosidades. Shimada *et al* (2010) efetuaram uma análise sobre as operações das principais instalações existentes e que foi sumarizado na Figura 1: Observa-se que tipicamente esses laboratórios conseguem operar com fluidos na faixa de 1 a 8 mPas e escoamentos de até 500 m<sup>3</sup>/h.

Laboratório	Acreditação INMETRO	Fluido	Faixas	Incerteza
CONAUT	419 de 23/03/2016	Hidrocarbonetos Líquidos	0,5 até 40m <sup>3</sup> /h	0,19%
			>40 até 700 m <sup>3</sup> /h	0,16%
			>700 até 1200 m <sup>3</sup> /h	0,12%
METROVAL	247 de 29/07/2015	Hidrocarbonetos Líquidos	de 2 L/min até 100 L/min	0,04%
			>100 L/min até 10000 L/min	0,10%
			>514 L/min até 10000 L/min	0,10%
			de 1 L/min até <25 L/min	0,09%
			de 25 L/min até <50 L/min	0,04%
			de 50 L/min até 10000 L/min	0,04%
			> 20000 L/min até 25000 L/min	0,10%
IPT	162 de 08/12/2015	Hidrocarbonetos Líquidos	(0,004 até 0,09) m <sup>3</sup> /h	0,08%
			(>0,09 até 0,8) m <sup>3</sup> /h	0,05%
			(>0,8 a 800) m <sup>3</sup> /h	0,03%

Tabela 3: Laboratórios Brasileiros para Calibração com Hidrocarbonetos Líquidos

Fonte: INMETRO (2016)

A conjugação de vazão e viscosidade simultaneamente limitam o uso das instalações principalmente porque o Regulamento Técnico de Medição vigente no Brasil (ANP/INMETRO, 2013) define condições bem estreitas para a realização dessas calibrações:

- a massa específica e viscosidade do fluido de teste não pode variar mais que 20%;
- a sua temperatura também deve ser mantida dentro de um limite de +/- 5°C;
- a pressão do escoamento deve ser mantida em +/- 10% e;
- a vazão do teste deve ser mantida em +/- 10% da vazão operacional.

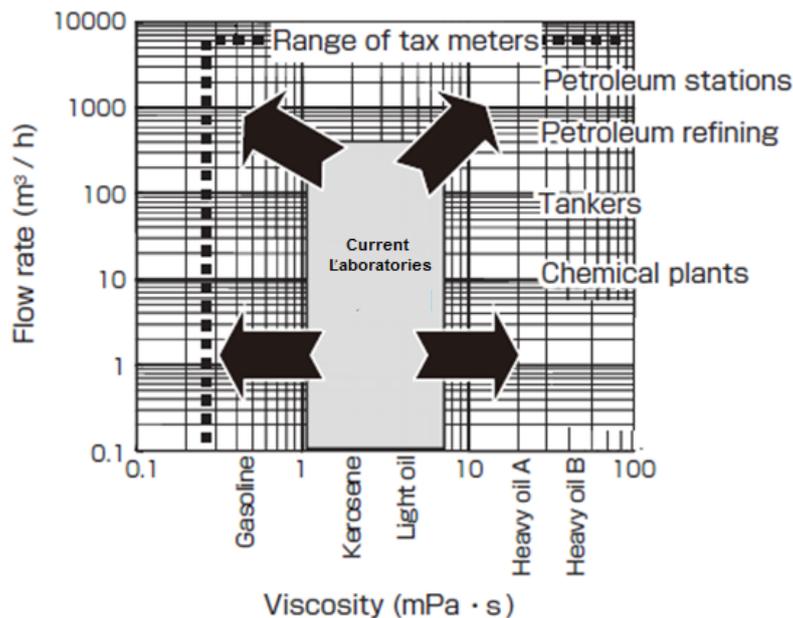


Figura 1: Limites de Aplicação dos Laboratórios em Termos de Vazão e Viscosidade

Fonte: Shimada *et al* (2010)

Essas condições definidas pela legislação brasileira tornam-se um desafio uma vez que o tipo de óleo encontrado no Brasil é do tipo médio/pesado. A Tabela 4 apresenta os tipos de óleo produzidos no país para cada um dos campos de produção. A American Petroleum Institute (API, 1994) define os petróleos em três tipos básicos:

- a. Petróleos Leves: acima de 30 °API ( $< 0,72 \text{ g/cm}^3$ ) - tipo parafínico;
- b. Petróleos Médios: entre 21 e 30°AP – tipo naftênico;
- c. Petróleos Pesados: abaixo de 21°API ( $> 0,92 \text{ g/cm}^3$ ) tipo aromático.

Observa-se que os tipos aromáticos são os mais encontrados e não raro esses campos operam com viscosidades da ordem de 10 a 200 mPas. Barateiro (2014) resumiu as principais aplicações existentes no Brasil e que são apresentadas na Tabela 5. Pode-se verificar que são comuns sistemas operando com faixas de vazão de 500 m<sup>3</sup>/h porém com altas viscosidades (óleo pesado). E a exploração das áreas do Pre-Sal terão condições ainda mais críticas porque o modelo de produção a ser utilizado é baseado na descarga em navios aliviadores onde encontram-se altas vazões de transferência (até 3000 m<sup>3</sup>/h).

Tipo de Óleo	Grau API	% Sulfurosos	Frações Leves	Frações Médias	Frações Pesadas
Alagoano	37,4	0,08	27,33% (<210°C)	50,44% (210 a 500°C)	27,23% (>500°C)
Albacora	28,3	0,44	31,88% (<270°C)	28,46% (270 a 450°C)	39,66% (>450°C)
Baiano Mistura	36,7	0,08	20,58% (<210°C)	48,82% (210 a 500°C)	30,60% (>500°C)
Barracuda	25,0	0,52	30,30% (<290°C)	14,57% (290 a 380°C)	55,13% (>380°C)
Urucu	45,6	0,05	45,06% (<210°C)	38,48% (210 a 500°C)	16,46% (>500°C)
Carauína	22,3	1,05	22,33% (<290°C)	12,58% (290 a 380°C)	65,09% (>380°C)
Caravela	40,1	0,07	38,70% (<210°C)	52,70% (210 a 500°C)	8,73% (>500°C)
Ceará Mar	29,5	0,39	31,16% (<270°C)	28,34% (270 a 450°C)	40,50% (>450°C)
Sergipano Terra	25,2	0,4	28,00% (<290°C)	14,50% (290 a 380°C)	57,50% (>380°C)
Condensado Merluza	58,8	0,04	79,13% (<210°C)	20,37% (210 a 500°C)	0,50% (>500°C)
Espadarta	27,0	0,4	32,08% (<270°C)	30,02% (270 a 450°C)	37,90% (>450°C)
Espírito Santo	20,2	0,27	21,32% (<290°C)	13,10% (290 a 380°C)	65,58% (>380°C)
Marlim	19,2	0,78	24,84% (<290°C)	11,85% (290 a 380°C)	63,31% (>380°C)
Sergipano Mar	40,0	0,12	35,10% (<210°C)	48,62% (210 a 500°C)	16,28% (>500°C)
Roncador	21,8	0,76	30,70% (<290°C)	15,40% (290 a 380°C)	53,90% (>380°C)
Piloto 1-ESS-100	17,1	0,57	16,10% (<290°C)	15,10% (270 a 450°C)	68,8% (>450°C)
RGN Mistura	29,5	0,33	28,20% (<270°C)	29,00% (210 a 500°C)	42,80% (>500°C)

Tabela 4: Tipos de Óleo Produzidos no Brasil

Fonte: ANP (2014)

Condições de Operação	Limites de Viscosidades (cP)	Limites de Densidade	Faixas de Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Faixas de Pressão (Kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> )	Limites de Viscosidade Dinâmicas (cSt)
Condições Normais	5 a 200	0,88 a 0,92	5 a 500	5 a 30	6 a 227
Piores casos em termos de densidade do óleo	700	0,95	1000	4	750
Piores casos em termos de vazão	140	0,95	3000	5	150

Tabela 5: Características dos Principais Sistemas de Medição de Óleo no Brasil

Fonte: Barateiro (2014)

## 2 | CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO LABORATÓRIO

O estudo permitiu elaborar o conceitual do laboratório subdividindo o projeto nos seguintes subsistemas:

- Tanques de armazenamento de óleo: onde ficarão armazenados os óleos minerais que serão utilizados para cobrir toda a faixa de densidade necessária para atender as diversas aplicações;
- Tanque Buffer: onde será efetuado o controle de temperatura do óleo escolhido para a calibração e com isso ajustar-se a viscosidade necessária para o ensaio;
- Medidores Padrão: medidores que serão utilizados para a calibração do medidor a ser ensaiado e que deverão cobrir a faixa necessária, sendo escolhido o conceito de calibração por *master-meter*;
- Calibradores dos padrões: conjunto de provadores que farão a calibração

- periódica dos medidores padrão nas condições mais próximas da operação;
- Bombas de escoamento: conjunto de bombas que farão todo o escoamento do laboratório;
  - Controle de pressão: sistema composto de uma válvula de controle que irá permitir fazer o controle da pressão da linha de teste;
  - Limpeza das linhas: sistema que permite a limpeza das linhas entre ensaios eliminando a possibilidade de contaminação dos óleos armazenados;
  - Automação e Medição: conjunto de instrumentos e sistema de controle operacional do laboratório.

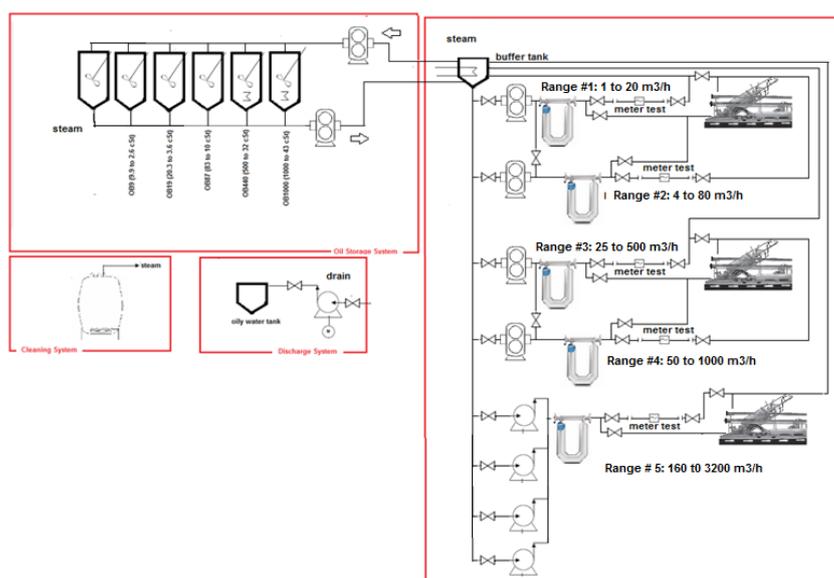


Figura 2: Esquemático básico do laboratório

## 2.1 Tanques de Armazenamento

O projeto considerou a necessidade de seis tanques de armazenamento com 25.000 litros sendo que cinco conterão óleos básicos e um será destinado como reserva e com isso possibilitar o uso de um óleo específico atendendo as condições específicas de uma determinada aplicação. Foram especificados óleos fabricados pela Petrobras Distribuidora S.A, marca Lubrax com as seguintes características:

- Óleo # 1: Lubrax OB9, código BR0118, tipo mineral naftênico com densidade de 0,8537 @ 20/4 °C, viscosidade 9,90 cSt @ 40 °C e 2,61 cSt @ 100 °C;
- Óleo # 2: Lubrax OB19, código BR0119, tipo mineral naftênico com densidade de 0,9017 @ 20/4 °C, viscosidade de 20,38 cSt @ 40 °C e 3,59 cSt @ 100 °C;
- Óleo # 3: Lubrax OB87, código BR0123, tipo mineral parafínico com densidade de 0,8765 @ 20/4 °C, viscosidade de 83,95 cSt @ 40 °C e 10,23 cSt @ 100 °C;

@ 100 °C;

- d. Óleo # 4: Lubrax OB440, código BR0126, tipo mineral parafínico com densidade 0,9023 @ 20/4 °C, e viscosidade 502,1 cSt @ 40 °C e 32,46 cSt @ 100 °C.
- e. Óleo # 5: Lubrax OB1000, código Pb-0051, tipo mineral parafínico com densidade de 0,9340 @ 20/4 °C, e viscosidade de 1000 cSt @ 40 °C e 43 cSt @ 100 °C.

A Figura 3 sumariza as faixas de operação desses óleos em termos da viscosidade que varia com a temperatura. Observa-se que se consegue cobrir a faixa de 2,61 a 1000 cSt.

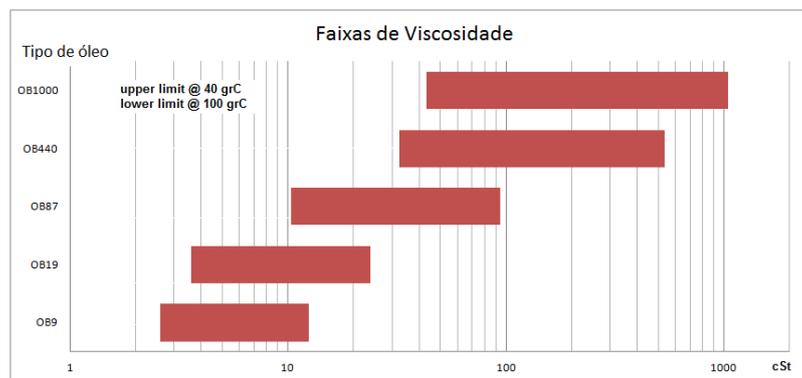


Figura 3: Faixas de viscosidade do laboratório

## 2.2 Tanque Buffer

A solução considerou o uso de um tanque buffer que será responsável pelo preenchimento das linhas de teste e controle da temperatura do óleo escolhido. Esse tanque foi projetado com uma capacidade de 20.000 litros e para o sistema de aquecimento foi considerado uma malha de injeção de vapor. O projeto considerou uma variação na temperatura do óleo de 40 a 100°C que permite o controle da viscosidade do óleo de teste. A Figura 4 sumariza como irá variar a viscosidade de cada tipo de óleo com essa temperatura mostrando a possibilidade de uso na faixa de 2,61 a 1000 cSt.

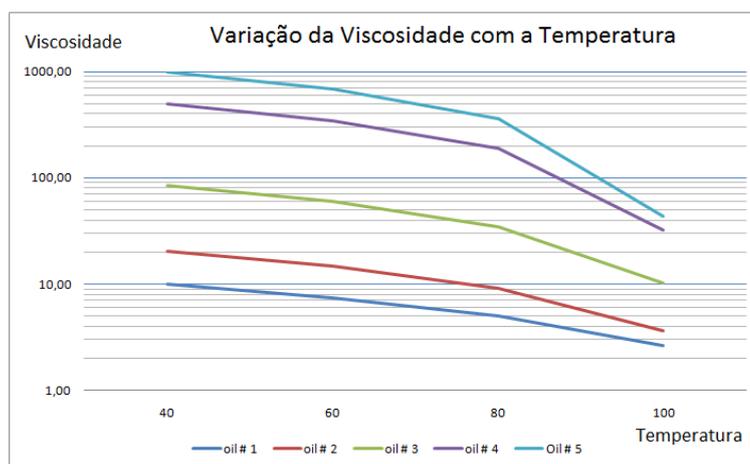


Figura 4: Controle de viscosidade do laboratório

## 2.3 Medidores Padrão

Para o atendimento das faixas de calibração foram especificados medidores mássicos por princípio Coriolis uma vez que os mesmos apresentam classes de incertezas baixas ( $\pm 0,05\%$  da vazão) e não sofrem a influência das variações de viscosidade que serão encontradas no laboratório. Foram consideradas para o laboratório cinco faixas de operação cobrindo de 1 até 3200 m<sup>3</sup>/h. A Figura 5 sumariza as cinco faixas especificadas sendo que:

- Faixa # 1: especificado um medidor mássico com diâmetro de 1”;
- Faixa # 2: especificado um medidor mássico com diâmetro de 2”;
- Faixa # 3: especificado um medidor mássico com diâmetro de 6”;
- Faixa # 4: especificado um medidor mássico com diâmetro de 8”;
- Faixa # 5: especificado um medidor mássico com diâmetro de 12”.

## 2.4 Calibradores dos Padrões

Foram especificados provadores compactos que irão calibrar os medidores mássicos Coriolis. Para tanto o projeto considerada a possibilidade de alinhamento dos medidores mássicos com os provadores e utilizando o fluido de processo de teste. Foram especificados três provadores que possuem capacidade para a calibração dos cinco medidores mássicos padrões:

- Provador # 1: capacidade de 227 l/h a 227 m<sup>3</sup>/h que pode calibrar os medidores mássicos de 1 e 2”;
- Provador # 2: capacidade de 1,5 a 1.595 m<sup>3</sup>/h que pode calibrar os medidores mássicos de 6 e 8”;
- Provador # 3: capacidade de 3,9 a 3.972 m<sup>3</sup>/h que pode calibrar o medidor mássico de 12”.

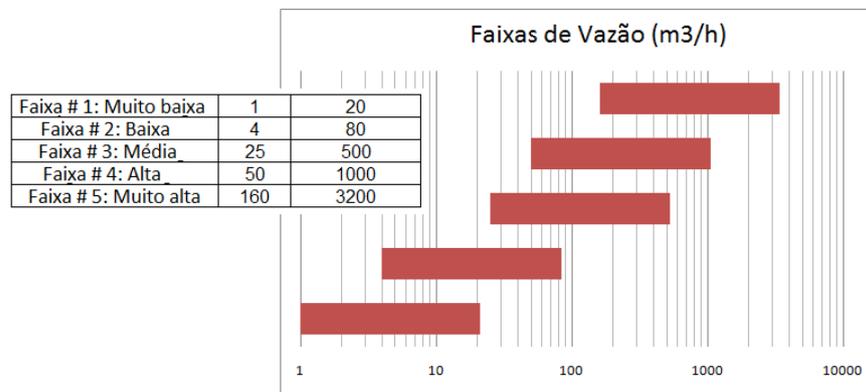


Figura 5: Faixas de Vazão do Laboratório

## 2.5 Bombas de Escoamento

Como serão escoados óleo com alta viscosidade, foram escolhidas bombas de engrenagens para as linhas de escoamento de muito baixo (29 m<sup>3</sup>/h @ 1 g/cm<sup>3</sup>), baixo (210 m<sup>3</sup>/h @ 1 g/cm<sup>3</sup>), médio (600 m<sup>3</sup>/h @ 1 g/cm<sup>3</sup>), e alta vazão (duas de 600 m<sup>3</sup>/h @ 1 g/cm<sup>3</sup>), e centrífugas para a linha de muito alta vazão (quatro bombas de 1400 m<sup>3</sup>/h @ 1 g/cm<sup>3</sup>). O fato de usarmos bombas centrífugas para a a linha de muito alta vazão irá fazer a limitação da viscosidade em 40 cSt nesse escoamento. Para os demais escoamentos (dos tanques para o tanque buffer e limpeza das linhas foram especificadas bombas de engrenagens de 20 m<sup>3</sup>/h @ 1 g/cm<sup>3</sup>).

A capacidade dessas bombas e as condições do escoamento levaram ao dimensionamento dos motores elétricos para seu acionamento. Assim as bombas de 29 m<sup>3</sup>/h irão utilizar motores de 20 kW, as bombas de 210 m<sup>3</sup>.h irão usar motores de 112 kW, as bombas de 90 m<sup>3</sup>/h irão usar 80 kW, as bombas de 600 m<sup>3</sup>/h irão usar motores de 600 kW e as bombas de 1400 m<sup>3</sup>/h irão utilizar motores de 600 kW (potência igual as bombas das faixas média e alta porque haverá limitação da viscosidade para essa linha).

## 2.6 Controle de Pressão

O controle de pressão é efetuado através da instalação de uma válvula de controle na linha de retorno de cada uma das linhas de vazão de teste. Serão utilizadas válvulas de controle nas linhas de 2" (vazão muito baixa), 4" (vazão baixa), 8" (vazão média), 12" (vazão alta) e 20" (vazão muito alta). As válvulas de controle foram dimensionadas para permitir o controle da pressão entre 3 e 20 kgf/cm<sup>2</sup> e essa limitação é dada pela classe de pressão do mangote de conexão entre o o piso dos medidores e a linha de retorno conforme mostrado na Figura 6.

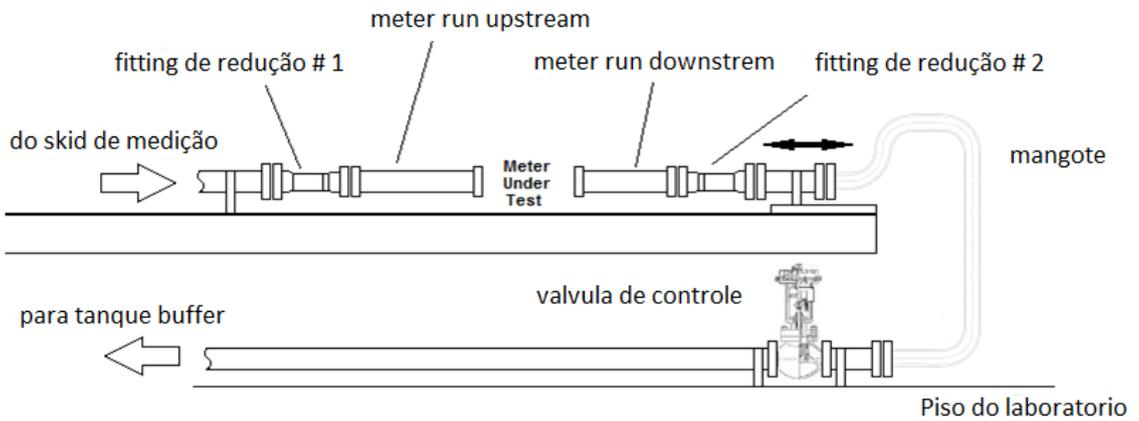


Figura 6: Detalhe do Controle de Vazão do Laboratório

## 2.7 Limpeza das Linhas

Para a limpeza das linhas estamos considerando a utilização de um sistema de injeção de vapor que irá drenar os resíduos de água oleosa para um tanque de descarte com capacidade de 15.000 litros conforme pode ver visualizado na Figura 7. Também está previsto um sistema de inertização das linhas com nitrogênio após o processo de limpeza.

## 2.8 Sistema de Automação e Instrumentação

O projeto prevê um sistema de automação completo com toda a instrumentação necessária para a automatização de todas as atividades do laboratório incluindo a seleção do óleo a ser utilizado, preenchimento da linha de teste, rotinas de calibração dos medidores padrão, rotinas de calibração dos medidores a serem ensaiados, controle de temperatura no tanque buffer, controle de pressão da linha de teste, retorno do óleo da linha testada ao tanque original, limpeza das linhas e inertização.

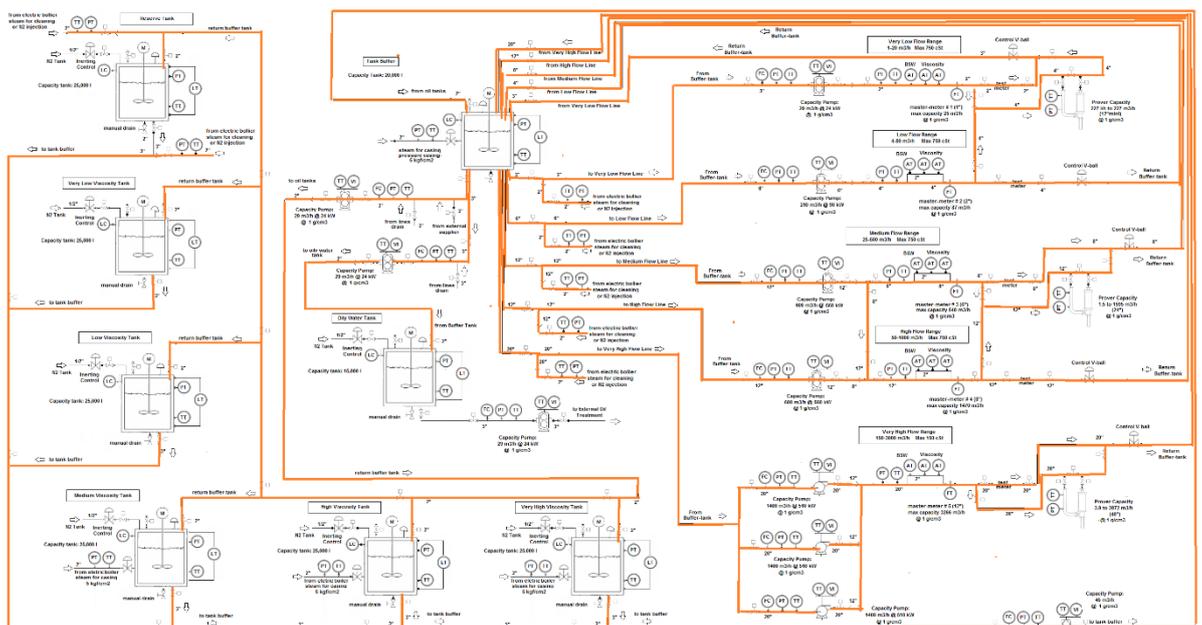


Figura 7: Detalhe do Sistema de Limpeza com Vapor e Tanque de Descarte

### 3 | CONCLUSÃO

Anualmente cerca de USD 15 M com calibrações de medidores de óleo realizadas no Brasil e no exterior e após a entrada dos campos de produção do Pre-Sal, estima-se chegar a valores que superam USD 25 M. Grande parte desse montante (cerca de 70%) são gastos com calibrações realizadas principalmente em laboratórios da França e USA, o que já garante a demanda de um grande laboratório no país. Esse fato por si já é importante, porém fica mais crítico quando se sabe que essas calibrações atualmente não estão atendendo a todos os requisitos previstos no Regulamento Técnico de Medição. A importância de a realização das calibrações com condições similares as da operação do medidor foi estudado por Lunde, Frøysa e Folkestad (2007), que encontraram impactos da ordem de 0,262% em medidores ultrassônicos e que pode gerar diferenças de alguns milhões de dólares no recolhimento dos royalties e participações especiais. O projeto concluído permite uma operação com faixas de até 3200 m<sup>3</sup>/h e viscosidade de até 1000 cSt, com controle de temperatura de até 100°C e pressão de até 20 kgf/cm<sup>2</sup>: esses limites são suficientes para atender a grande maioria das aplicações encontradas no Brasil e poderia ser inclusive referência para outros países que tivessem condições semelhantes às aqui encontradas.

### REFERENCIAS

ABNT NBR ISO 10012, “Sistemas de gestão de medição” – Requisitos para os processos de medição e equipamentos de medição; Rio de Janeiro: ABNT, 2004

ABNT NBR ISO/IEC 17025, “Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração”, Rio de Janeiro: ABNT, 2005

ABNT NBR ISO 9001, “Sistemas de gestão da qualidade” – Requisitos; Rio de Janeiro: ABNT, 2000

AGENCIA NACIONAL DE PETROLEO / INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - Portaria conjunta n° 1 - Regulamento Técnico de Medição de Petróleo e Gás Natural. Rio de Janeiro, 2000

AGENCIA NACIONAL DE PETROLEO / INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - Portaria conjunta n° 1 - Regulamento Técnico de Medição de Petróleo e Gás Natural. Rio de Janeiro, 2013

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Manual of Petroleum Measurements Standards. Washington (USA): API, 1994

BARATEIRO, Carlos E. R. B., A Automação para o Controle de Processos Industriais em Projetos Complexos, 2014, Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói: 2014.

INMETRO. Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia - VIM Duque de Caxias (RJ):1995

LUNDE, Per; FROYSA, Kjell-Eivind; FOLESTAD, Trond. Pressure and Temperature Effects for Ormen Lange Ultrasonic Gas Flow Meters. In: 25th International North Sea Flow Measurement Workshop, 2007, Anais...Gardermoen (Noruega), 2007

SARAIVA, Celso Pinto; COUTINHO, Maria Angélica de Oliveira; O que, Quando, Como e Onde Calibrar Equipamentos. In: Congresso e Feira da Qualidade em Metrologia, 2006, Anais...São Paulo: Rede Metrológica do Estado de São Paulo – REMESP, 2006

SHIMADA, Takashi; DOIHARA, Ryouji; YOSHIYA, Tera; TAKAMOTO, Masaki. Development of Primary Standard for Hydrocarbon Flow and Traceability System of Measurement in Japan. Synthesiology, v.3, n.1, p.26-35, 2010

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**CARMEN LÚCIA VOIGT** Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-237-1

