



## SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CALIBRAÇÃO DE ANALISADORES DE FRAÇÃO DE ÁGUA EM ÓLEO

Isabele Moraes Costa<sup>1</sup>, Bruno Bittencourt da Costa<sup>2</sup>, Sérgio Vasconcelos Araujo<sup>3</sup>, Eduardo Oliveira Freire<sup>4</sup>, Leocarlos Bezerra da Silva Lima<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Brasil, isabelemorais.fapese@petrobras.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Brasil, bitcosta.fapese@petrobras.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Brasil, sergiouv.fapese@petrobras.com.br

<sup>4</sup> Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Brasil, efreire@ufs.br

<sup>5</sup> Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Brasil, leocarlos@ufs.br

**Abstract:** This paper presents the design, instrumentation and automation of a calibration unit for the on line water cut monitor. Measures of the water and oil flow, produced in a well, are essentials to control the depletion of the reservoir and oil production optimization, and depend on the measurement of water cut. It is therefore evident the importance of quality assurance of measurement. Aiming at greater efficiency and reliability of these measures, the work in this paper was developed.

**Keywords:** water cut, calibration, instrumentation, automation.

### 1. INTRODUÇÃO

O petróleo produzido em uma instalação de produção normalmente está associado à água salgada e à areia, seja pelas próprias propriedades do reservatório de petróleo, ou como consequência da injeção de água utilizada no processo de recuperação secundária do mesmo [1]. A fração ou percentual de água é denominada *water cut* (WC), e seu volume é geralmente mais representativo do que o de areia.

O grande desafio das medições do petróleo cru (produzido após os poços de petróleo) em seu estado bruto é a determinação das respectivas parcelas de hidrocarboneto e de água (naturalmente misturados, criando a denominada “emulsão”) em um volume de petróleo líquido produzido.

Um dos problemas na definição de um sistema de medição é a escolha do processo mais adequado para a medição do percentual de água no petróleo produzido. Este tem sido motivo de diversos estudos e consequente desenvolvimento de novas tecnologias em nível nacional e internacional. Este percentual quando medido por meio de análises de laboratório químico, apresenta incertezas em torno de 1%, isto incluindo o processo de amostragem. As medições obtidas nos laboratórios servem de padrão de comparação para os diversos dispositivos de medição do percentual de água no petróleo [2].

Um método muito usado para determinação da fração de água em óleo é o de monitoração contínua, feita com analisadores instalados em linha, diretamente nos dutos de

produção e transferência do petróleo, que utilizam diversos princípios físicos de medição, dentre os quais podem ser destacados: microondas, indução eletromagnética, atenuação radioativa, capacitivo e diferencial de pressão.

Esses medidores são utilizados em situações como: transferência do óleo de uma estação central de produção para uma refinaria; após o tratador; após o separador de água e óleo; entre outras [3].

As novas tecnologias dos sistemas em linha não têm melhorado as incertezas finais, porém possibilitam um melhor acompanhamento do desempenho do processamento do petróleo, já que medidas instantâneas são disponibilizadas a todo o momento.

Diante dessa solução surge a dificuldade de calibração desses analisadores já que é escassa a existência de sistemas e procedimentos para tal ação.

### 2. A UNIDADE DE CALIBRAÇÃO

Calibração é o conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento ou sistema de medição e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões [4]. O resultado de uma calibração permite verificar o erro sistemático apresentado pelo sistema de medição e com isso estabelecer as correções a serem aplicadas, bem como a influência do efeito de uma grandeza sobre ele.

Seguindo essa filosofia, a unidade, aqui representada na Figura 1, consiste na definição de um sistema, em escala industrial, para calibração de analisadores de *water cut*. Localizada em instalações petroquímicas, ela permite usar misturas de água e óleo em proporções e vazões variadas, simulando diferentes condições de operação.

Fisicamente a unidade de calibração é subdivida em três módulos interligados entre si.

O primeiro módulo é responsável pela dosagem das quantidades de água e óleo utilizadas na mistura. Ele é composto por dois tanques contendo água e óleo, separadamente, ligados a medidores de volume de líquido

do tipo deslocamento positivo. Esses medidores fornecem as medidas padrões de dosagem da unidade.

Nesse mesmo módulo há um tanque de volume conhecido que é utilizado, em intervalos de tempo pré-determinados, para verificação das medidas dos medidores citados anteriormente.

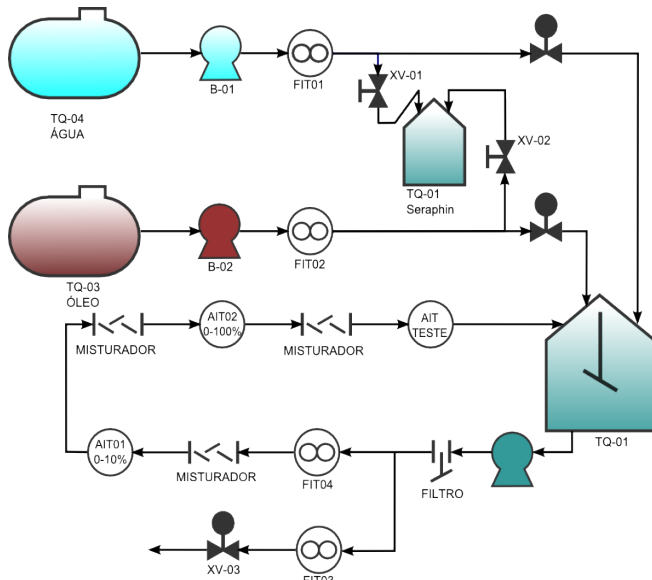


Fig. 1. Unidade de Calibração

O segundo módulo recebe a água e o óleo já dosados no módulo 1 e prepara a mistura. Ele é composto por um tanque acoplado a um dispositivo misturador, responsável por garantir a homogeneidade da mistura desejada.

O terceiro módulo consiste de um circuito fechado, interligado com o tanque do módulo 2 e composto por dois analisadores em linha, cuja calibração é feita por comparações com resultados obtidos de análises laboratoriais nas faixas intermediárias de *water cut*. Essas faixas são 0-40% e 70-100% que caracterizam as fases de óleo contínuo e água contínua, respectivamente [5]. As amostras são analisadas seguindo a norma NBR 14647 – Determinação da água e sedimentos em petróleo e óleos combustíveis pelo método de centrifugação.

Ao módulo 3 é conectado o analisador em teste que se submeterá ao processo de verificação de suas medidas durante a circulação da mistura desejada.

Os analisadores padrões da unidade utilizam microondas como princípio de medição, e medem a concentração de água através da medição da fase de transição e amplitude das microondas na faixa de Gigahertz.

Eles possuem ranges distintos de operação, onde um mede a concentração volumétrica de água sobre os ranges de 0 a 10% e o outro de 0 a 100%.

O seu sistema consiste basicamente de um transmissor de microondas operando em uma frequência acima de 2 GHz e um receptor. O percentual de água é estabelecido medindo as propriedades dielétricas da mistura água - óleo.

Na fase de óleo contínuo a propagação das microondas se dá com alta atenuação da amplitude e alta defasagem.

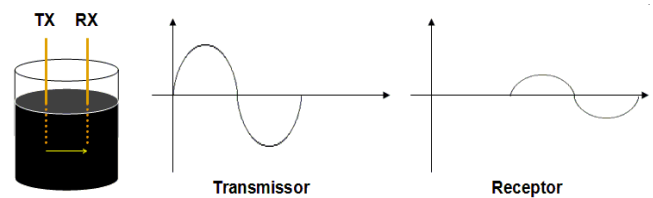


Fig. 2. Fase óleo contínuo.

Na fase de água contínua com salinidade baixa a propagação se dá com média atenuação da amplitude e baixa defasagem, diferente de uma salinidade alta onde ocorre a baixa atenuação da amplitude e baixa defasagem.

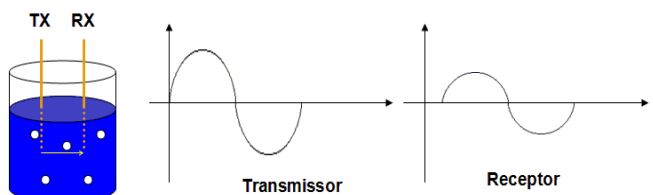


Fig. 3. Fase água contínua e baixa salinidade.

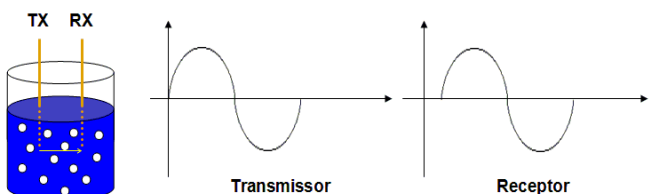


Fig. 4. Fase água contínua e alta salinidade.

Observando os gráficos das Figuras 2, 3 e 4 conclui-se que a defasagem do sinal de microondas é proporcional à concentração de água do meio e a atenuação da amplitude é proporcional a salinidade.

A precisão dos analisadores independe de mudanças na velocidade do fluido, salinidade, pH, viscosidade, temperatura e não utiliza a variação de densidade da mistura para determinar a concentração de água [5].

O processo de calibração na unidade se dá pela comparação das medições dos analisadores padrões com as do analisador em teste, objetivando a identificação de uma possível necessidade de ajuste.

### 3. AUTOMAÇÃO DA UNIDADE

Toda a operação da unidade é realizada remotamente seguindo o conceito de um sistema SCADA e, para garantir a segurança do processo, as medições dos níveis dos tanques, pressões e temperaturas são fornecidas por instrumentos instalados ao longo de toda a unidade.

O controle e a medição são realizados por dois controladores digitais que tem, nessa unidade, a segurança como principal função, controlando os intertravamentos de nível e pressão, bem como, a abertura e fechamento de válvulas, acionamento de bombas e a aquisição de sinais.

A operação é remota e realizada através do sistema de supervisão desenvolvido em plataforma LabVIEW®. O

sistema permite que sejam monitoradas e rastreadas todas as informações do processo. Algumas das informações são primeiramente coletadas pelo módulo de aquisição de dados dos controladores via comunicação analógica em corrente (4-20 mA), convertidas e enviadas, utilizando o protocolo OPC®, ao supervisório, onde serão realizadas suas análises e posteriormente apresentadas ao usuário. Essa arquitetura pode ser observada na Figura 5.

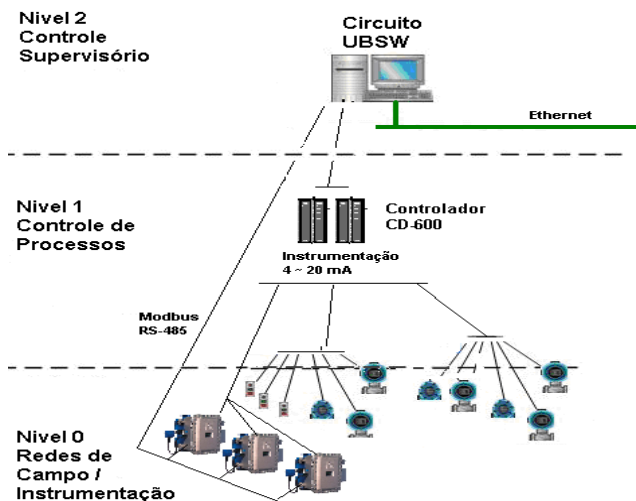


Fig. 5. Arquitetura

Para o inversor de frequência, que controla a bomba de sucção do fluido armazenado no tanque de mistura, e os analisadores de *water cut*, a comunicação com o supervisório é realizada utilizando o protocolo digital Modbus, o que permite ao supervisório ter acesso a diversas informações provenientes desses equipamentos. São exemplos dessas variáveis: a porcentagem de *water cut*, temperatura do fluido e salinidade.

O uso da comunicação digital foi escolhido por se tratar de equipamentos cujas medições representam a parte mais importante para a finalidade da unidade. Sendo assim, as vantagens que a comunicação digital apresenta no sentido de diminuir ruídos agregados à informação, comunicar dados em unidades de engenharia em vez de variáveis proporcionais representativas de uma grandeza, permitir a programação dos dispositivos à distância e garantir a integridade dos dados transmitidos, frente à comunicação analógica justificam o seu uso.

Todas estas informações são exibidas por intermédio de gráficos sinóticos, como se pode observar na Figura 6, com indicações instantâneas das variáveis do processo (temperatura, pressão, vazão, nível, etc), e armazenadas em uma base de dados. As análises dos dados podem ser feitas no supervisório através de tabelas e gráficos de tendência.

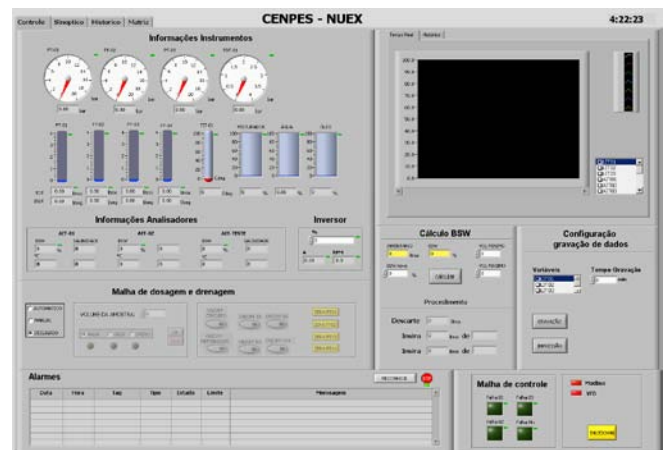


Fig. 6. Programa Supervisório

## 4. TESTES E RESULTADOS

Os resultados apresentados nesta seção foram obtidos dos testes realizados na unidade com o objetivo de calibrar um analisador cujo princípio de medição é microondas. O roteiro de testes seguiu o procedimento de calibração da unidade e uma sequência de pontos de *water cut* que se estendia entre valores de 0 a 100%.

A primeira parte dos testes consistiu em uma verificação, confrontando as medidas do analisador em teste com as dos analisadores padrões da unidade, respeitando suas respectivas faixas de atuação. Nessa etapa foram estimados os erros de medição, e comprovada a necessidade de ajuste no analisador em teste.

A segunda etapa, por sua vez, foi responsável pelos ajustes e pela nova verificação dos valores medidos seguido de análise.

A Figura 7 traz o gráfico de comparação entre os valores de *water cut* medidos antes e após a calibração do analisador em teste, confrontados com os valores fornecidos pelos analisadores padrões.

Nos gráficos, a linha preta refere-se à medida, tomada como referência, dos analisadores padrões e as linhas tracejadas vermelhas representam valores de mais e menos 10% em relação ao valor de referência.

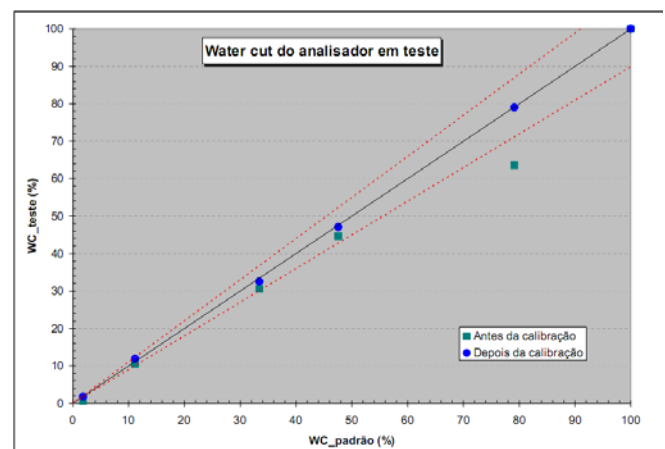


Fig. 7. Fração de água registrada pelo analisador em teste antes e depois de sua calibração.

A Figura 8 apresenta os erros relativos individuais das duas fases do teste, antes e depois da calibração.

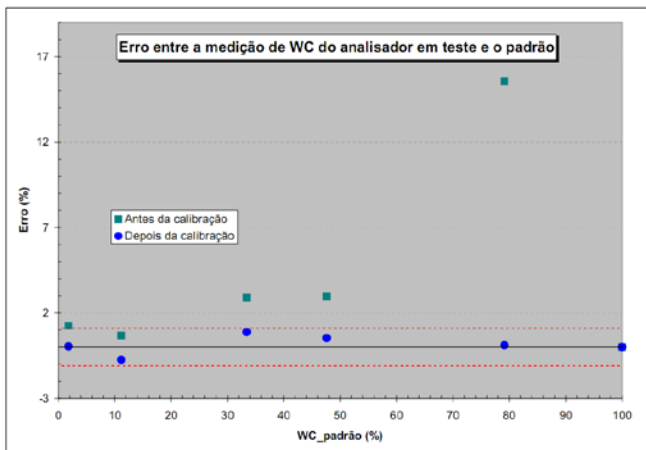


Fig. 8. Erro relativo do analisador em teste antes e depois de sua calibração.

## 5. CONCLUSÕES

A unidade detalhada neste trabalho vem como uma proposta de otimização e aprimoramento do processo de calibração de analisadores de *water cut* em linha buscando sempre melhorar a qualidade das medidas.

A arquitetura de automação e a instrumentação, implantadas neste trabalho visaram a diminuição dos possíveis erros oriundos de falhas humanas, já que o processo de calibração dos analisadores é lento e repetitivo. Procurando, desta forma, aumentar a reprodutividade e confiabilidade do processo.

Com a automação da unidade concluída, testes preliminares incluindo os procedimentos de calibração dos analisadores padrões foram finalizados. Atualmente os esforços estão concentrados na calibração dos medidores em teste e avaliação das incertezas envolvidas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento sincero à PETROBRAS, em especial ao engenheiro Cláudio Barreiros da Costa e Silva, pelo apoio ao desenvolvimento do trabalho.

## REFERENCES

- [1] D. S. Silva, F. O. Quintaes, A. O. Salazar, A. L. Maitelli, P. T. Jesus, G. Torres, L. M. Castro, E. G. A. Júnior. "Desenvolvimento de um Processo para Avaliação de Medições de Vazão e BS&W", ENQUALAB, São Paulo, Junho 2005.
- [2] P. S. Silva, J. A. P. S. Filho. "A Importância da Metrologia no Petrobrás", Rio de Janeiro, Outubro 2006.
- [3] C. Barreiros, M. R. Valença, F. J. Neto, A. C. Souza. "Avaliação de Desempenho de um Medidor de Água em Óleo", Boletim Técnico Petrobrás, p.p. 23-29, Rio de Janeiro, Junho 1998.
- [4] Portaria INMETRO 029 de 1995. "Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia", ed. SENAI, Rio de Janeiro, 2007.
- [5] Agar Corporation. "Instruction Manual for OW-201 – Mini-Das", Manual Técnico, Houston, Texas, Janeiro 2004.