

# AUTOMAÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO DE UMA PLANTA INDUSTRIAL UTILIZANDO TECNOLOGIAS EM REDES INDUSTRIAIS

ANDRES O. SALAZAR\*, ANDRÉ L. MAITELLI\*, FILIPE DE O. QUINTAES\*, EUDES G. A. JÚNIOR\*, IURI A. C. DANTAS\*, LUIS A. A. DE ASSIS\*

\*UFRN - DCA - CT - LAMP  
Campus Universitário - Lagoa Nova  
CEP: 59072-970  
Natal, RN, Brasil

Emails: andres@dca.ufrn.br, maitelli@dca.ufrn.br, filipe@dca.ufrn.br, eudesautomacao@yahoo.com.br, iuriaugusto@yahoo.com.br, arthur\_almeida\_18@hotmail.com

**Abstract**— This paper shows a methodology of laboratory functioning - Laboratory of measurement evaluation in oil (LAMP). The objective of the laboratory is to evaluate automatically the measurers of Flow and BSW (Basic Sediments and Water) through the simulation of several conditions of field operation.

**Keywords**— BSW, Fieldbus, oil.

**Resumo**— Este artigo apresenta a implantação do sistema de automação do LAMP - Laboratório de Avaliação de Medições em Petróleo da UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. São utilizadas tecnologias de redes industriais com ênfase no barramento de Campo Foundation Fieldbus. É apresentado o hardware utilizado para gerenciar, monitorar, controlar, manter e operar a planta, assim como a disponibilização de suas informações em sistema de supervisão utilizando protocolo de comunicação OPC. É mostrada a metodologia para integração de três tecnologias de comunicação de dados distintas, o Foundation Fieldbus, Modbus RTU, ponto-a-ponto, demandadas para a operação da planta com confiabilidade e segurança.

**Keywords**— Fieldbus, BSW, Petróleo.

## 1 Introdução

Atualmente, as indústrias precisam de confiabilidade, flexibilidade e economia dentro de seu sistema. Por isso, a evolução da automação, bem como os ramos das redes industriais precisam estar inseridos dentro de qualquer planta industrial.

Pensando nisso o Laboratório de Avaliação de Medição em Petróleo (LAMP), localizado na UFRN, teve durante seu projeto a visão de obter as vantagens advindas dessa evolução além de acompanhar o estado da arte de tais tecnologias.

## 2 Objetivos

O objetivo deste laboratório é avaliar automaticamente as medições de vazão e BSW (Basic Sediments and Water) através de várias condições de simulação de operação de campo. A automação é feita com avançada tecnologia de barramento de campo. A principal característica do laboratório é a integração de três destas tecnologias: Foundation Fieldbus, protocolo MODBUS RTU e ponto-a-ponto, Natale(2000). Com o protocolo OPC server, o controle e supervisão das informações são avaliados num computador supervisor. O laboratório está localizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e fornece a melhor qualidade no que diz respeito a medições feitas com petróleo em seu estado e nas vizinhanças.

## 3 Laboratório de Avaliação de Medição em Petróleo

Para a avaliação de medidores de vazão e BSW foi desenvolvido no laboratório um método de aferição de medidores. Trata-se de um novo método de medição que se propõe a determinar o valor verdadeiro convencional do BSW a partir da altura total da coluna líquida no tanque auditor, pressão hidrostática exercida pela coluna líquida, gravidade local, massa específica da água e a massa específica do óleo. A calibração realizada conta com um sistema automatizado de monitoração e aquisição de dados de algumas das grandezas de influência necessárias a determinação do BSW, permitindo uma maior confiabilidade das medições realizadas.

O método proposto permite a simulação de diferentes condições de operação dos medidores em campo, ou seja, usar misturas de água e óleo em proporções e vazões variadas. Usando o método desenvolvido será possível medir a vazão e BSW da simulação comparando com a medição apresentada pelo instrumento.

Para realizar estas simulações o laboratório possui 6 tanques que são eles: óleo, água, misturador, auditor, resíduos além de um tanque tratador para separação água/óleo, que possibilita a reutilização da água e do óleo em seguidos testes, sem necessidade de descartes a cada teste. A figura 1 ilustra a disposição dos tanques do laboratório.

O processo consiste inicialmente em tomar



Figura 1: Planta Industrial

proporções desejadas dos tanques de água e óleo e misturá-los no tanque misturador por um período previamente calculado, em seguida o líquido misturado é transferido através da tubulação por uma linha que mede aproximadamente 15m onde estão localizados os instrumentos a serem testados, como, por exemplo, medidores de vazão e BSW; a mistura é levada então ao tanque auditor onde é possível medir com boa exatidão os reais valores da vazão e do BSW. No final do processo o líquido é transferido ao tanque tratador onde, por decantação, os líquidos são separados e bombeados para os tanques de origem.

## 4 Redes Industriais

Os Barramentos de Campo (Fieldbus) são utilizados em automação e controle de processos industriais. Os dados coletados neste nível são fornecidos a rede de controle, possibilitando assim o controle em tempo real, bem como planejamento de ações de segurança.

A utilização da tecnologia Fieldbus permite a redução do sistema de controle em termos de hardware, pois muitos dispositivos podem ser conectados com um par de fios, o que resulta em cabos menores, barras de segurança menores e gabinetes ordenados.

### 4.1 Foundation Fieldbus

O Foundation Fieldbus é um sistema de comunicação totalmente digital, em série e bidirecional que conecta equipamentos "fieldbus" tais como sensores, atuadores e controladores. Ao contrário dos protocolos de rede proprietários, o Foundation Fieldbus não pertence a uma única empresa ou é regulado por um único organismo ou nação.

Com as facilidades da comunicação digital, a quantidade de informações disponíveis é muito maior do que a dos sistemas de automação tradicionais onde a quantidade de informações

disponíveis não vai além das variáveis de controle. Múltiplas variáveis de cada dispositivo podem ser trazidas ao sistema de controle da planta para arquivo, análise de tendência, estudos de otimização de processo e geração de relatórios.

### 4.2 Protocolo MODBus RTU

Com o protocolo MODBus o objetivo de estabelecer uma comunicação mestre-escravo/cliente-servidor entre dispositivos inteligentes. Hoje é um padrão de fato, verdadeiramente aberto, sendo um dos protocolos de rede mais largamente usado no ambiente industrial.

Os dispositivos que suportam este protocolo normalmente possuem funções de monitoramento, configuração e o módulo de controle I/O.

No modo RTU (Remote Terminal Unit) cada byte da mensagem contém dois caracteres hexadecimais (cada caractere representado por quatro bits) e a mensagem é transmitida de maneira contínua.

### 4.3 Ponto-a-Ponto

A comunicação ponto-a-ponto é uma tecnologia utilizada na alimentação, controle e supervisão dos dispositivos de campo. É largamente utilizada em aplicações que necessitam de alarmes para efetuar o controle dos níveis dos reservatórios, dentre outras aplicações. O mecanismo que controla esses alarmes é bastante simples, consistindo num sinal de tensão constante que possui nível baixo (0 V) e nível alto (24 V).

## 5 Processos do Sistema de Automação

O sistema de automação foi desenvolvido em cima de tecnologias de redes industriais. Foi utilizada a tecnologia Foundation Fieldbus para todos os medidores utilizados no campo, como transmissores de pressão, temperatura, interface, nível e vazão; e foi utilizado a tecnologia MODBus para acionar e monitorar os diversos parâmetros dos inversores das bombas.

O laboratório foi dividido em 5 estados de processo, o estado de Emergência, o de Abastecimento, o de Reciclagem, o teste Simples e o teste Consecutivo.

**Estado de Emergência:** Como o próprio nome sugere, este estado foi desenvolvido para as situações de emergência. Caso alguma anormalidade aconteça, ou seja, algo inesperado pelo sistema, o laboratório entra neste estado. Neste estado, todas as bombas e as válvulas são desativadas e o supervisor comunica ao operador que há algo errado no processo. O supervisor grava a hora e qual equipamento que informou ao sistema a inoperância do laboratório.

**Estado de Abastecimento:** Este estado é informado manualmente pelo operador na sala de

controle através do sistema supervisorio. Este estado foi desenvolvido para situações de abastecimento do tanque de água e óleo, através de caminhões de transporte de combustíveis.

**Estado de Reciclagem:** O objetivo deste estado é permitir a recuperação de água e óleo depositada no tanque de resíduos através da limpeza da linha de um teste para outro, como também a limpeza do tanque Auditor. Deste modo, ocorre a transferência do tanque de resíduos para o tanque tratador, para futura separação.

**Estado de Teste Simples:** Neste estado, o laboratório está habilitado a realizar a sua principal função, avaliar os medidores de vazão e BSW. Definido o BSW e a vazão do teste, o sistema supervisorio envia dados para a rede fieldbus e o teste inicia-se. Primeiramente, a quantidade de água definida através do BSW e vazão é transferida do tanque de água para o tanque misturador. Logo em seguida é transferida a quantidade de óleo para o tanque misturador. Com as quantidades de água e óleo transferidas para o misturador, inicia-se a mistura de recirculação, a bomba é acionada e o fluido é misturado. Após o tempo de mistura estar completo o teste é iniciado. A bomba injeta o fluido do misturador no duto de teste, passando pelos instrumentos a serem testados e chegando ao tanque auditor.

**Estado de Teste Consecutivo:** Funciona da mesma forma que o teste simples, porém pode-se realizar comparações entre medidas do auditor com as medidas dos instrumentos, ou seja, pode-se testar os instrumentos em diferentes pontos de operação. Após o primeiro teste ao invés do fluido ir para o tanque tratador ele irá para o tanque misturador e nele será adicionado ou água ou óleo. Se for adicionada água, o BSW e o tempo de teste são aumentados e se for adicionado óleo o BSW diminui e o tempo de teste aumenta.

### 5.1 Método Utilizado para Determinação das Variáveis do Sistema

O método utilizado para medição do BSW é ilustrado na figura 2. No tanque auditor temos disponíveis, com boa exatidão, através de nossos medidores as variáveis necessárias para a determinação do BSW, essas variáveis são mostradas abaixo:

- $\rho_0$  : massa específica do óleo
- $\rho_a$  : massa específica da água
- $g_l$  : aceleração da gravidade local
- $h$  : altura da coluna do fluido
- $P$  : pressão hidrostática

Esses dados acima são coletados pelos instrumentos de campo e via protocolo OPC são disponibilizados para o sistema supervisorio. A partir deste é gerada uma cópia das variáveis em

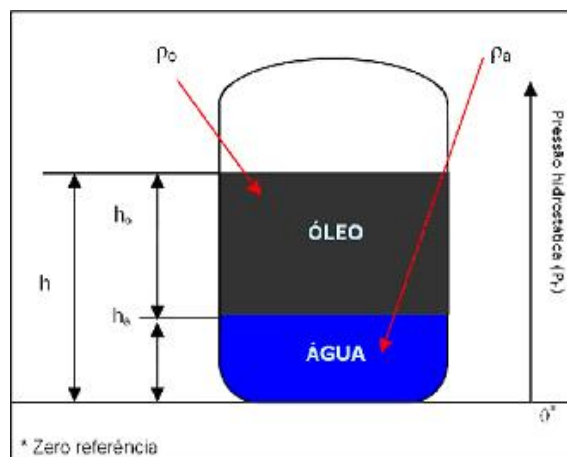


Figura 2: Determinação do BSW

uma planilha do Excel denominada como planilha de Incertezas que é responsável pela aquisição das grandezas necessárias a determinação da vazão e do BSW. Esta planilha trabalha em conjunto com o sistema supervisorio. A equação 1 apresenta o cálculo para a determinação do BSW.

$$BSW = \frac{Ph - (\rho_0 \cdot g_l \cdot h)}{g_l \cdot h \cdot (\rho_a - \rho_0)} \quad (1)$$

O método para determinação da vazão do processo, é dado pela razão entre a função de arqueamento pelo tempo, conforme mostra a equação 2.

$$q = \frac{(\alpha \cdot h + \beta)}{t} \quad (2)$$

A função de arqueamento determina que para cada altura temos um volume, e as variáveis  $\alpha$  e  $\beta$  são constantes da função de arqueamento.

No tanque auditor, são analisados a curva do BSW e vazão obtidos no teste e comparados aos instrumentos e um relatório é emitido.

## 6 Controle e configuração da rede Fieldbus

A arquitetura usada na planta, como a própria tecnologia sugere, utiliza instrumentos inteligentes, além desses existem também unidades de interface entre o computador supervisorio e a rede, o gerenciador da rede, instrumentos sem inteligência etc. Na figura 3, temos um esquema da disposição dos instrumentos na rede:

Como se pode ver na figura, o barramento MODBus contém os inversores, que por sua vez estão ligados aos motores das bombas, o co-processador e o gateway, que aparentemente não está ligado, mas ele se liga a um conversor de padrão de RS-232 para RS-485, que se localiza ao lado do co-processador, e assim também faz parte do barramento.





deve haver manutenção do filtro do medidor de vazão.

No tanque auditor, temos medição de temperatura, de pressão e de nível, que são usados para calcular o BSW da mistura sob teste. Para se diminuir as incertezas da medição, usou-se um medidor de nível do tipo radar por esse ter mais exatidão que o tipo ultra-som, por exemplo. O radar terá o papel de medidor padrão na avaliação dos processos de medições em petróleo do LAMP.

Estes transmissores são necessários para medir as grandezas direta e indiretamente envolvidas nos processos de medição de vazão e BSW.

Na medição da vazão em linha é utilizado o medidor de engrenagens ovais da fabricante METROVAL. Esse medidor é utilizado no controle, produção ou transferência de produtos no estado líquido nas indústrias petrolíferas, petroquímicas e químicas.

Para fazer a transferência dos líquidos do sistema é utilizado um conjunto motor/bomba. Para o bombeio de óleo de água dos respectivos tanques para o tanque auditor, passando pelos medidores, serão utilizados também inversores de frequência a fim de possibilitar a variação das velocidades das bombas e a conseqüente variação das vazões. O motor utilizado é o motor trifásico da WEG à prova de explosão e os inversores são do modelo CFW-09 da WEG, a bomba utilizada é rotativa de deslocamento positivo Helicoidal NEMO®.

#### 6.4 Softwares utilizados na configuração da planta

O Software *Syscon* é responsável pela configuração dos equipamentos na rede *Foundation Fieldbus*, definido suas finalidades, grandezas e a estratégia de controle.

O *Syscon* é dividido em duas partes. Numa parte é possível fazer toda a configuração física da rede, como características dos instrumentos, conversões, alarmes, diagnósticos de falhas etc. No projeto, a rede é dividida em quatro canais, no entanto esses canais são configurados independentemente, dependendo dos instrumentos que são utilizados em cada um.

Na outra parte é feita toda estratégia de controle, onde os blocos utilizados são interligados, inclusive blocos que estejam em instrumentos diferentes, como um bloco de controle PID e um bloco AO responsável por enviar dados ao atuador Fieldbus. Na Figura 4, é possível visualizar uma das estratégias de controle do canal 1 do projeto do LAMP, esta estratégia é responsável pela detecção de interface do tanque tratador. Nessa estratégia estão interligados os blocos AI (Entrada analógica) do instrumento com o bloco MBCM. O Bloco MBCM é responsável pela comunicação MODBus, com os inversores de frequência, e conseqüentemente com os motores.

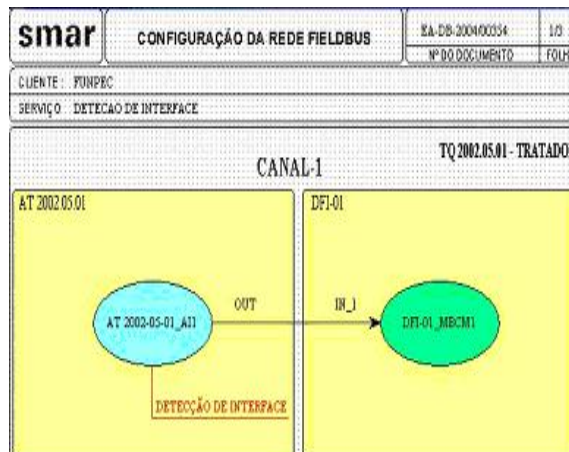


Figura 4: Estratégia de controle do canal 1

A lógica LADDER, desenvolvida no *LogicView*, foi elaborada a partir de um diagrama Causa-Efeito, onde a lógica do processo está descrita. Esse diagrama possui 6 planilhas contendo todos os passos de cada etapa do processo. As etapas desenvolvidas foram a de abastecimento, reciclagem, emergência, teste simples, teste consecutivo (óleo) e teste consecutivo (água). A figura 5 mostra como foi desenvolvida uma parte da planilha do teste simples.

AÇÃO	DESCRIÇÃO	TRANSIÇÃO	B	B	B	B	PC	XY
			00	02	02	04	05	00
			01	01	01	01	03	1
01	INICIAR	Comando INICIAR						ON
02	Bombear Óleo p/ Mix	Tempo = 30s (Elim. Vácuo)		ON				
03	Bombear Água p/ Mix	Tempo = Xs (transferência de óleo)		OFF				
04	Comutação de válvula	Tempo = 30 s (Passar inércia)						OFF
05		Tempo = 30 s (Elim. Vácuo)		ON				
06	Recircular	Tempo = X s (transferência de água)		OFF				
07		Tempo = 30 s (Passar inércia)						
08		Tempo = 30s (Elim. Vácuo)		ON				
09		Tempo = 180s (Mistura)		OFF				
10		Tempo = 30 s (Passar inércia)						
11	Bombear p/ Auditor	Tempo = 30 s (Elim. Vácuo)						ON
12		LSLL-02.02						OFF
13		Tempo = 30s (Elim. Vácuo)						

Figura 5: Parte do diagrama causa-efeito

#### 6.5 Sistema Supervisório

Um sistema supervisório é capaz de monitorar, gerenciar e controlar uma planta industrial qualquer. Com a evolução dos equipamentos industriais e o crescente uso dos sistemas de automação, essas tarefas tornaram-se mais complexas.

O supervisório desenvolvido no laboratório foi elaborado pelo software ELIPSE/SCADA, podemos visualizá-lo na figura 6. No Elipse, utilizamos o *ORGANIZER* para ter acesso a todos os atributos da aplicação, podendo alterar as propriedades

dos componentes da aplicação de maneira fácil e rápida.

Os dados do processo podem ser obtidos pelo Elipse de duas formas. A primeira é via protocolo MODBus, onde as TAGs são associadas a um driver de comunicação, um endereço do dispositivo e outro da variável nesse dispositivo. Essa forma de comunicação é feita para monitorar o estado das variáveis no co-processador, já que lá todas elas têm um endereço MODBus.

A segunda forma de troca de dados é via protocolo OPC (*OLE Process for Control*). Isso é usado, no caso do LAMP, quando se quer trabalhar com variáveis que foram configuradas no Syscon, já que é através desse software que geramos o banco de dados OPC, isso significa que através do OPC poderemos ler valores de medições de todos os instrumentos presentes na rede *Fieldbus*, além de variáveis que não são vêm do barramento *Fieldbus*, mas apareceram no *Syscon*, como o estado das bobinas no LogicView que são responsáveis por ligar os motores.

Uma vez com os dados no supervisório podemos fazer registros, gerar alarmes, ter uma melhor interface com o usuário, gerenciar acessos etc.

Algumas informações colocadas ou geradas no supervisório também são relevantes ao funcionamento do sistema. Podemos citar, se o teste será simples ou consecutivo, valores de BSW a se testar, momento de início de teste e entrar em estado de emergência.

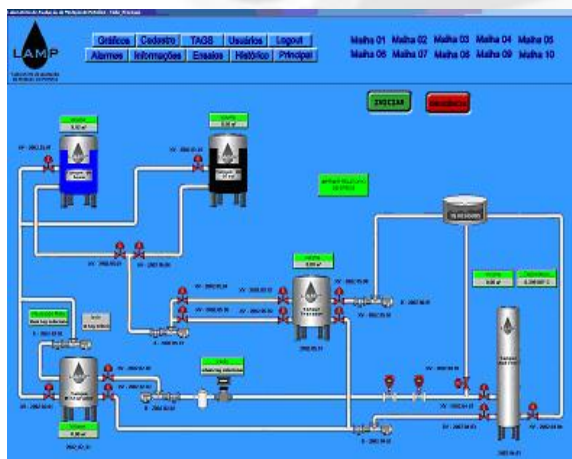


Figura 6: Sistema Supervisório Desenvolvido

## 7 Conclusão

O projeto do laboratório foi concluído satisfatoriamente mostrando ser factível a sua execução. Os instrumentos e equipamentos necessários para sua implementação foram projetados e especificados para avaliar as principais características e propriedades dos medidores de vazão e BSW nas faixas especificadas.

Além das vantagens de eficiência e interoperabilidade na comunicação da rede FIELDBUS, com a utilização dessa tecnologia consegue-se à redução no tempo de instalação e comissionamento, aproveitamento da inteligência local dos instrumentos, eliminação de erros de conversões A/D e D/A, e tornar disponíveis informações que levem a um aumento da eficiência operacional com redução de custos de manutenção e operação.

Este é o primeiro laboratório do Brasil que utiliza este método para avaliação desses instrumentos. Como trabalhos futuros serão feitos estudos para permitir que o laboratório realize também a calibração de medidores, posteriormente sua acreditação junto ao INMETRO.

## Referências

Gillum, D. R., "Industrial Pressure, Level and Density Measurement"ISA Publication, (1995).

Lima, C. E. G., "Automação de Testes de Produção e Determinação de BSW de Poços Produtores de Petróleo" Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da UFRN, Natal - RN, (2000).

Maitelli, A. L. & Lima, C. E. G., "Automação de Testes de Produção e Determinação da Razão Água-Óleo de Poços Produtores de Petróleo" Anais do I Seminário Nacional de Automação e Controle - ST035, Salvador-BA, (1999), pp 1-8.

Natale, F., "Automação Industrial" 2<sup>a</sup> ed. Editora Érica, São Paulo, (2000).