



IBP1568\_05

## SISAL – UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA ELEVAÇÃO ARTIFICIAL DE PETRÓLEO

Rodrigo B. Souza <sup>1</sup>, Adelardo A. D. Medeiros <sup>2</sup>, João M. A. Nascimento <sup>3</sup>, André L. Maitelli <sup>4</sup>, Heitor P. Gomes <sup>5</sup>

### Copyright 2006, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*, realizada no período de 11 a 14 de setembro de 2006, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*.

### Resumo

A necessidade de gerenciar a elevação artificial de petróleo torna essencial a obtenção de informações sobre o processo. Neste sentido, uma das dificuldades encontradas para centralizar as informações é o fato de cada método de elevação ter suas próprias variáveis a serem monitoradas. Assim, devido às peculiaridades de cada processo controlado e seus sinais monitorados, várias empresas de automação têm desenvolvido controladores específicos, cada um com seu próprio protocolo de comunicação. Todavia, as informações de todos os processos são primordiais para o controle da produção de petróleo. Em um caso ideal, todas as informações devem estar disponíveis em um único software de supervisão. Este artigo apresenta um sistema supervisório capaz de coletar dados dos processos e entregá-los ao sistema de gerenciamento, independentemente da técnica de elevação artificial sendo utilizada e dos controladores e dispositivos de conexão com os poços.

### Abstract

The need to manage the oil artificial lift creates a strong demand for process information. One of the difficulties to centralize the information is the fact that each oil artificial lift method has its own variables to be monitored. Besides, because of the particularities of each controlled process and their monitored signals, several automation companies have developed specific controllers, each one using a different communication protocol. However, information from all processes is essential to the control of oil production. In an ideal situation, all information is available in one single supervisory software. This work presents a supervisory system able to collect process data and to deliver information to management systems, independently of the artificial lift method of the wells and of their control and connection devices.

### 1. Introdução

Os sistemas de supervisão, também conhecidos como SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) conforme citado por Melendez et al. (2001), devem ser capazes de adquirir as informações do processo e torná-la disponíveis para os usuários do sistema, de acordo com Pereira e Pardi (2003). Um sistema SCADA também pode executar tarefas de controle em nível de supervisão, atuando diretamente no processo com um certo nível de inteligência, como descrito por Ozdemir e Karacor (2002).

Um sistema supervisório em um ambiente industrial automatizado, segundo Daneels e Salter (1999), é essencialmente composto por 4 elementos: processo físico, *hardware* de controle, *software* de supervisão e rede de comunicação. O processo físico tratado neste trabalho é a produção de petróleo em um poço através de qualquer método de elevação artificial, tais como *gas-lift*, BCP (Bombeio por Cavidades Progressivas), BM (Bombeio Mecânico) e outros observados por Thomas (2001). A especialização cada vez maior das empresas de automação em cada um desses métodos de elevação vem proporcionando uma presença acentuada de múltiplos fornecedores no campo de produção.

<sup>1</sup> Mestre, Engenheiro de Computação - UFRN

<sup>2</sup> Doutor, Engenheiro Eletricista - UFRN

<sup>3</sup> Mestre, Engenheiro de Computação - UFRN

<sup>4</sup> Doutor, Engenheiro Eletricista - UFRN

<sup>5</sup> Engenheiro de Computação - UFRN

Existe, no mercado de automação industrial, uma tendência de centralizar as soluções em *hardware* de controle e *software* de supervisão. Este fato vem fazendo com que sejam utilizados diversos *softwares* de supervisão monitorando processos físicos que se diferenciam somente pelo método de elevação utilizado e, portanto, dificultando a centralização de informações.

O *hardware* responsável pelo controle do processo é composto basicamente por sensores, atuadores e controladores. Um controlador tem a importante função de manter o sistema em funcionamento e estável. Além disso, deve também fornecer, como um aparelho digital que utiliza memória programável, uma interface física para acessar os dados do processo. Geralmente, os controladores utilizados na elevação artificial de petróleo são dedicados, pois utilizam técnicas de controle bem definidas e normalmente bastante difundidas.

O *software* de supervisão, muitas vezes chamado simplesmente de supervisório, deve acessar os dispositivos de campo a fim de obter acesso aos dados do processo. Esses dados devem ser tratados, transformando-se assim em informações úteis. A distribuição das informações pode ser feita através de uma exibição gráfica do estado de operação de um poço para o usuário do *software*, por exemplo. Outra atividade importante exercida pelo *software* supervisor é o fornecimento de dados para os *softwares* de informações gerenciais das indústrias como, por exemplo, as informações de produção de um poço em atividade.

A rede de comunicação é responsável pelo tráfego de informações e é utilizada pelo *software* de supervisão durante aquisição dos dados do processo. Geralmente, constitui-se de duas sub-redes denominadas *rede de campo* e *rede local de supervisão*. Em sua maioria, as redes de campo utilizam uma arquitetura mestre/escravo. Neste tipo de rede, os controladores que desempenham a função das estações escravas jamais iniciam a comunicação, respondendo somente às solicitações feitas pelo controlador mestre. As redes locais utilizam a arquitetura cliente/servidor, como observado por Bucci et al. (2003) e Zhi et al. (2000). Existem alguns protocolos de comunicação criados para tentar padronizar a comunicação na rede de campo, tais como *modbus* e *profibus*, observados em MODBUS (2003) e PROFIBUS (2002), respectivamente. Apesar disso, muitos fabricantes de controladores utilizam soluções proprietárias para comunicação com seus equipamentos. Essa diversidade de protocolos, unida à diversidade de métodos de elevação existentes, dificulta ainda mais a centralização das informações dos processos de elevação artificial.

A Figura 1 ilustra um ambiente de supervisão de dois poços automatizados com Gas-lift e Bombeio Mecânico por dois fabricantes distintos de controladores (C1 and C2).

Como consequência da automação da elevação observada na Figura 1, normalmente seria necessária a utilização de diferentes softwares para supervisão dos poços, como observado na Figura 2.

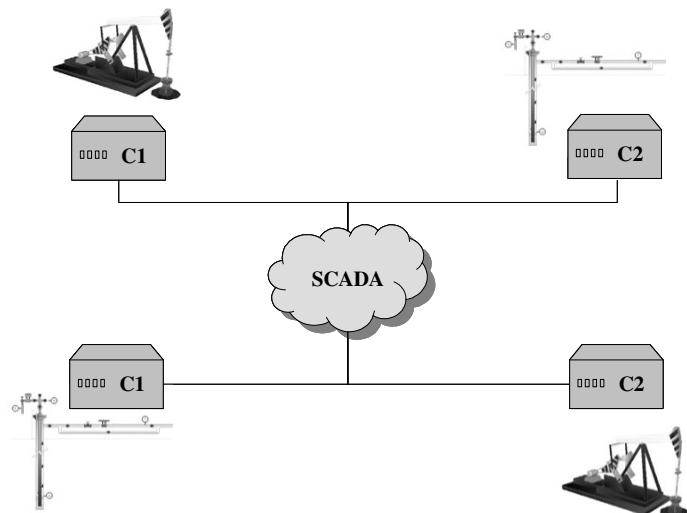


Figura 1. Supervisão de Poços

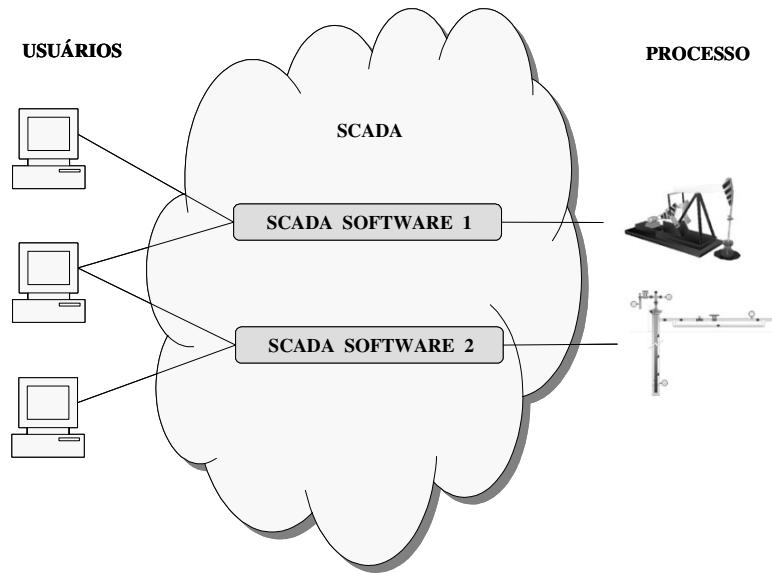


Figura 2. Ambiente de automação com processos diferentes

## 2. SISAL: Sistema Supervisório para Automação da Elevação

O SISAL é um sistema de supervisão desenvolvido numa parceria entre a Petrobrás (UN-RNCE) e a UFRN para monitorar poços de petróleo automatizados com diferentes métodos de elevação. Atualmente o SISAL está em fase de testes e faz o monitoramento de dois poços na região de Mossoró-RN automatizados com bombeio mecânico.

### 2.1. Arquitetura do Sistema

Esta seção mostra o modelo conceitual utilizado para implementar o supervisório. O SISAL é composto de três aplicações: cliente, servidor e mestre. A Figura 3 ilustra essa arquitetura.

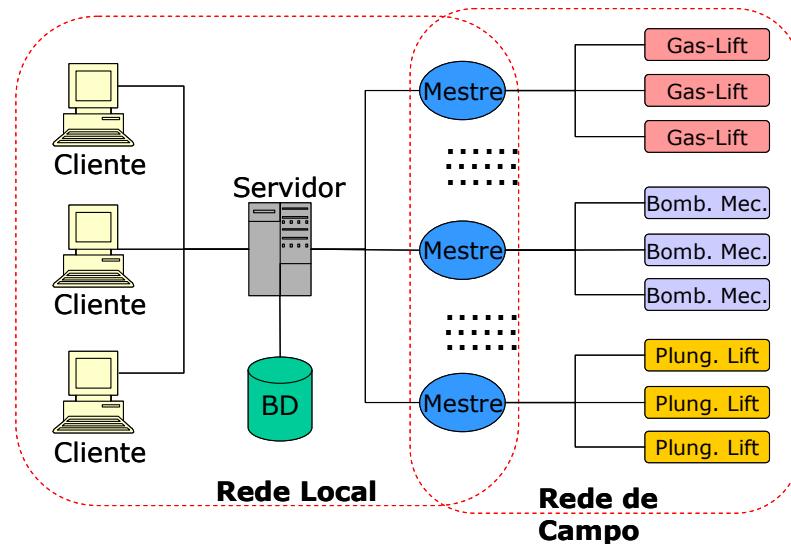


Figura 3. Arquitetura do SISAL

A aplicação cliente é responsável por transmitir, através de uma interface gráfica amigável, as informações dos poços para os usuários do SISAL. Os clientes se comunicam com o servidor utilizando a rede local de supervisão, normalmente uma LAN (*Local Área Network*), como observado por Tanenbaum (1997). O aplicativo servidor deve rotear as requisições dos clientes para um dos mestres de comunicação. Esse mestre deve ser aquele que esteja conectado ao poço cuja informação se está solicitando. Para saber qual é o mestre, o servidor consulta uma base de dados (BD) com o mapeamento entre os mestres e os poços. Além disso, o BD ainda armazena informações estáticas do poço, tais como seu nome, campo de produção, método de elevação, etc. A aplicação mestre é dedicada ao controlador, pois para traduzir um pedido de informações de alto nível dos clientes para um acesso a determinada região de memória do controlador é necessário que o mestre conheça todas as peculiaridades do *hardware* de controle sendo acessado. Por exemplo, se um usuário necessita da informação da pressão de fluxo no fundo do poço, fará uma requisição ao servidor que a transmitirá para o devido mestre. Essa requisição chegará ao mestre que deverá, através do protocolo de comunicação utilizado pelo controlador do poço, fazer a leitura da região de memória correspondente no controlador. Como geralmente os controladores são dedicados aos métodos de elevação, teremos também os mestres diretamente vinculados aos métodos de elevação. Todavia, a arquitetura do SISAL não impõe restrições à utilização de um mestre com poços automatizados por diferentes métodos de elevação.

Essa arquitetura do SISAL faz com que seja possível monitorar poços de diferentes métodos de elevação utilizando um único *software* de supervisão. Esta situação, em contraposição à observada na Figura 2, é ilustrada pela Figura 4.

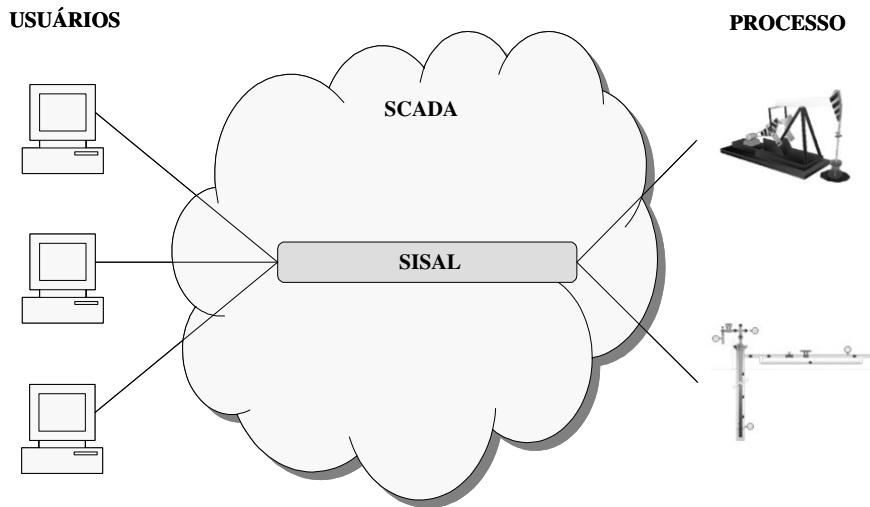


Figura 4. Ambiente de automação com o SISAL

## 2.1. Software de Supervisão

Executando as atividades de integração entre os clientes e os poços, conforme observado na descrição da arquitetura do SISAL, o servidor e os mestres são aplicativos com funcionamento transparente para os usuários do sistema. O aplicativo cliente é responsável pela interação dos usuários com o SISAL. O cliente SISAL apresenta as seguintes características:

- Autenticação de usuários: somente usuários autorizados podem entrar no SISAL e acessar informações dos poços supervisionados mediante senha criptografada.
- Controle de permissões: mesmo tendo acesso ao SISAL, um usuário só pode executar as atividades cujas permissões foram concedidas por um administrador.
- Resumo de informações dos poços: listagem com todos os poços do sistema com as informações mais recentes obtidas sobre seu funcionamento.
- Seleção de poços: a partir de uma combinação de filtros é possível selecionar uma lista de poços com as características especificadas.

- Análise individual de um poço: a partir da lista de poços é possível analisar um poço isoladamente, obtendo maiores informações sobre sua operação.
- Histórico de variáveis: armazenamento automático de informações dos poços para avaliar o comportamento histórico do seu funcionamento.
- Gráficos de tendência: avaliação gráfica *online* de dados dos poços.
- Verificação de parâmetros de controle: armazenamento em banco de dados dos parâmetros de controle a comparação com os valores utilizados pelo controlador do poço.
- Atuação nos poços: intervenção remota no poço, permitindo ações de inicialização e parada do seu funcionamento.
- Verificação de alarmes: acompanhamento de ocorrências anormais no funcionamento dos poços e ativação de alarmes visuais.

A Figura 5 ilustra uma tela de funcionamento do cliente SISAL com uma seleção de poços com dados simulados. As cores diferentes de verde indicam a ocorrência de um alarme. Essa ilustração mostra ainda como a lista de poços pode ser filtrada pelo tipo de alarme ocorrendo no poço, por exemplo.

Mel	Po	Estat	Control	Status	Modo de Cont	Comunica	Último Scan		Óleo (m)	Observação
UPN1	UPN-A	RPC-2000	Produzindo	VSD	81,0%	25/11/2005 15:07:50	Todos	44,0	problema com o rádio	
ARG2	ARG-A	ZAP-500	Produzindo	VSD	78,0%	25/11/2005 15:07:51	Sem Alarme	71,0	problema com o rádio	
ARG3	ARG-C	RPC-2000	Pump-off	VSD	76,0%	25/11/2005 15:07:52	Gauge Off	60,0		
ARG4	ARG-B	RPC-2000	Pump-off	VSD	82,0%	25/11/2005 15:07:53	Falha de Comunicação	22,0		
ARG5	ARG-A	RPC-2000	Produzindo	VSD	89,0%	25/11/2005 15:07:54	Alto Torque na Manivela	46,0		
VRG6	VRG-B	ZAP-500	Produzindo	VSD	87,0%	25/11/2005 15:07:42	Baixa Efic. de Bombeio	31,0	roubaram o controlador	
UPN7	UPN-C	ZAP-500	Produzindo	VSD	96,0%	25/11/2005 15:07:43	Sem Alarme	27,0	problema com o rádio	
RFQ8	RFQ-B	ZAP-500	Produzindo	VSD	72,0%	25/11/2005 15:07:44	Sem Alarme	67,0		
RFQ9	RFQ-A	ZAP-500	Produzindo	VSD	82,0%	25/11/2005 15:07:45	Sem Alarme	56,0		
ARG10	ARG-B	RPC-2000	Produzindo	VSD	71,0%	25/11/2005 15:07:45	Sem Alarme	89,0	roubaram o controlador	
ARG11	ARG-B	ZAP-500	Produzindo	VSD	71,0%	25/11/2005 15:07:46	Sem Alarme	97,0	roubaram o controlador	
VRG12	VRG-A	ZAP-500	Produzindo	VSD	85,0%	25/11/2005 15:07:47	Poço em Shutdown	63,0	problema com o rádio	
UPN13	UPN-C	RPC-2000	Produzindo	VSD	89,0%	25/11/2005 15:07:48	Sem Alarme	36,0		
RFQ14	RFQ-C	RPC-2000	Produzindo	VSD	89,0%	25/11/2005 15:07:49	Sem Alarme	50,0		
UPN15	UPN-C	RPC-2000	Produzindo	VSD	89,0%	25/11/2005 15:07:50	Sem Alarme	86,0		

Figura 5. Janela de supervisão de poços

A Figura 6 representa uma tela de supervisão específica de um poço simulado automatizado com bombeio mecânico. Nesta janela é possível obter informações mais específicas do poço. Neste exemplo, informações dinâmicas tais como: número de ciclos por minuto, informações de produção, cartas dinamométricas e curvas de torque podem ser observadas. Além disso, informações de projeto como, por exemplo, o modelo da unidade de bombeio, a composição da coluna de hastas, o tipo de bomba, a coluna de produção, a coluna de revestimento e a profundidade dos canhoneados, também podem ser obtidas.

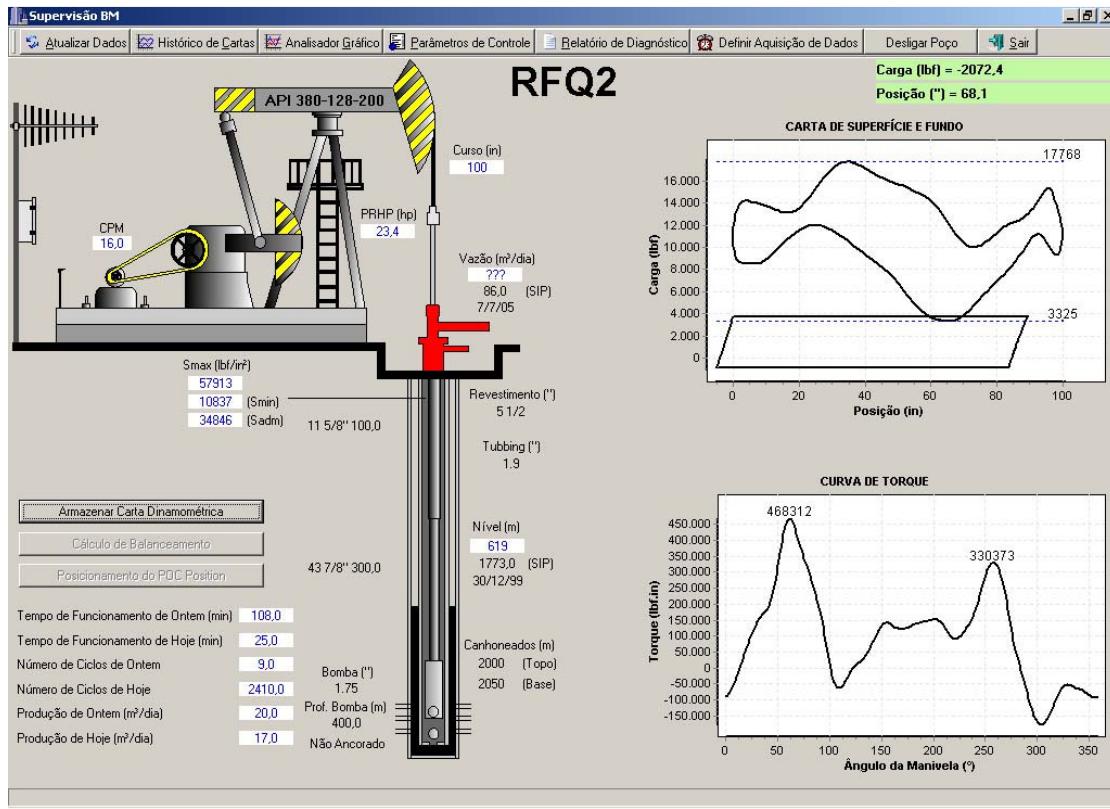


Figura 6. Análise de um poço automatizado com bombeio mecânico

### 3. Conclusão

Um fator importante a ser considerado na utilização do SISAL é que somente um elemento do sistema, o mestre, precisa conhecer os detalhes da comunicação com as estações escravas. Conseqüentemente, o acesso aos dados do processo pelo cliente será realizado de forma transparente e independente do *hardware* utilizado na rede de campo. Isto significa, por exemplo, que uma mudança no controlador do poço acarretará somente uma substituição ou adaptação do mestre de campo. Todo o restante do sistema permanecerá inalterado. O modelo conceitual do SISAL implica uma conversão de arquitetura mestre/escravo em cliente/servidor, apresentando como vantagens as seguintes características:

- Multi-Usuários: vários usuários do sistema poderão acessar simultaneamente um mesmo processo.
- Acesso Remoto: o acesso às informações do processo poderá ser feito remotamente por qualquer usuário com acesso à rede de supervisão.
- Multi-Clientes: as aplicações clientes poderão funcionar em diversas interfaces distintas, como aplicações dedicadas ou *Web Browsers*.
- Multi-Mestres: um único servidor é capaz de interconectar a rede de supervisão a várias redes de campo ao mesmo tempo através de seus mestres.

### 4. Agradecimentos

O desenvolvimento do trabalho descrito neste artigo se deu através do projeto de automação de poços de petróleo financiado pelo CENPES – Petrobras.

Agradecemos o auxílio inestimável, sem o qual não seria possível a realização do projeto, dado pelos Engenheiros da Petrobras, em especial os Engenheiros Benno Waldemar Assmann, Edson Henrique Bolonhini, Luiz Sergio Sabóia Moura e Rutácio de Oliveira Costa.

## 5. Referências

- MELENDEZ, J., COLOMER, J., ROSA, J. L. Expert supervision based on cases. In: *8<sup>th</sup> IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, 2001.
- PEREIRA, C. E., PARDI JUNIOR, W. A supervisory tool for real-time industrial automation systems. In: *Sixth IEEE International Symposium on Object-Oriented Real-Time Distributed Computing*, 2003.
- OZDEMIR, E., KARACOR, M. Run time position estimation with basic sensors in real-time SCADA applications. In: *7<sup>th</sup> International Workshop on Advanced Motion Control*, 2002.
- DANEELS, A., SALTER, W. What is SCADA? In: *International Conference on Accelerator on Large Experimental Physics Control Systems*, Trieste, Italy, 1999.
- THOMAS, J. E. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Editora Interciência, 2001.
- BUCCI, G., LANDI, C. A distributed measurement architecture for industrial applications. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, fev, 2003.
- ZHI, L., QIN, J. S., YU, T. B., HU, Z. J., HAO, Z. The study an realization of SCADA system in manufacturing enterprises. In: *IEEE World Congress on Intelligent Control and Automation*, Hefei, China, jun-jul, 2000.
- MODBUS, Modbus Protocol Reference. <http://www.eecs.umich.edu/~modbus>, 2003.
- PROFIBUS, Descrição técnica profibus 2002. <http://www.profibus.org.br>, 2002.
- TANENBAUM, A. S. Redes de Computadores. Editora Campus, 1997.