



# Análise da Automação no Processo Produtivo do Petróleo: um Estudo de Caso em um Poço com Bsc

**Gilberto Horácio de França**  
oracio@r7.com  
UFERSA

**André Pedro Fernandes Neto**  
andrepedro@ufersa.edu.br  
UFERSA

**Resumo:**ESTE TRABALHO MOSTRA IMPLANTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO EM UM POÇO DE PETRÓLEO QUE UTILIZA O BOMBEIO CENTRÍFUGO SUBMERSO (BCS), COMO MÉTODO DE ELEVAÇÃO, EM UMA ÁREA DE UMA GRANDE EMPRESA DE PETRÓLEO DO PAÍS. O TRABALHO FOI DESENVOLVIDO COMPARANDO-SE O PROCESSO ANTES E DEPOIS DA AUTOMAÇÃO. A IMPLANTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO LEVOU A EMPRESA A DIMINUIR CUSTOS COM MÃO-DE-OBRA, GARANTIU UM AUMENTO DE RECEITA, ALÉM DE AUMENTAR A QUANTIDADE DE VARIÁVEIS MONITORADAS DO PROCESSO. UM SISTEMA SUPERVISÓRIO FOI FEITO UTILIZANDO TODA ESTRUTURA EXISTENTE PARA CONTROLE DE OUTROS PROCESSOS.

**Palavras Chave:** Petróleo - Automação Industrial - SCADA - -

## **1. INTRODUÇÃO**

A crescente utilização do petróleo como fonte de energia é um dos fatores que tem contribuído para a evolução tecnológica industrial. Atualmente, com o advento da petroquímica, a utilização dos derivados do petróleo tornaram-se cada vez mais comum. Além disso, centenas de novos compostos utilizados diariamente passaram a ser produzidos, como plásticos, tintas, corantes, adesivos, solventes, detergentes, etc... Assim, o petróleo passou a ser indispensável às comodidades da vida moderna, além de ser utilizado como combustível (SOUZA, 2009).

O petróleo é extraído por equipamentos instalados nos poços em terra (onshore) ou no mar (offshore). O fato dos poços serem distribuídos geograficamente em grandes extensões e da sua produção exigir uma máxima continuidade operacional torna a automação uma ferramenta fundamental importância, pois as empresas modernas têm na automação o suporte necessário para melhorar a utilização da matéria-prima, reduzindo os custos de produção, melhorando a qualidade dos produtos e desenvolvendo planos de manutenção que minimizem o número de paralizações do processo produtivo.

Segundo Assmann (2008), é de grande valor um sistema local de controle do processo de elevação do petróleo capaz de mantê-lo no ponto ideal de operação, identificando as descontinuidade operacionais e retornando rapidamente ao ponto de operação após uma perturbação de forma a recuperar a produção da forma mais rápida possível, bem como diagnosticar a causa de algum problema, transmitindo ao sistema de supervisão sinais de alerta a serem tomadas, tais como intervenção de limpeza, manutenção em equipamentos e outros.

Os sistemas supervisórios suprem esta necessidade, pois permitem coletar dados do processo, além de monitorá-lo e atuar sobre ele com algum controle em nível de supervisão. Segundo Alvez (2005), os sistemas supervisórios tipo SCADA são destinados ao controle de processos onde predominam grupos de poucas variáveis contínuas e discretas, dispersos em uma grande área geográfica. Para executar essas tarefas o sistema supervisório deve utilizar algum sistema computacional, ou software de supervisão, que seja capaz de se comunicar com o processo indiretamente através do hardware de controle.

Este trabalho descreve como foi implementada a automação do processo de extração do petróleo em poços, onshore, que utilizam o método do bombeio centrífugo submerso (BCS), de uma grande empresa de petróleo do país, a partir do sistema supervisório (SCADA) que empresa já possui, para permitir o monitoramento remoto destes poços.

## **2. OBJETIVO**

Este artigo tem como objetivo geral descrever a implantação da automação no controle do processo de extração de petróleo dos poços que utilizam o bombeio centrífugo submerso (BCS) remotamente. Para isto, pretende-se delimitar quais as variáveis pertinentes ao processo que precisam ser monitoradas, bem como verificar os instrumentos necessários para coleta e transmissão dos dados das variáveis e por fim desenvolver uma interface na sala de controle da produção para o monitoramento dos poços à distância.

## **3. METODOLOGIA**

A questão da pesquisa converge os esforços do trabalho no sentido de descrever o processo de automação para em seguida expor os benefícios oriundos de um processo com BCS automatizado.

O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa

praticamente impossível mediante os outros delineamentos considerados. Miguel (2010), fala que o estudo de caso é um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio da análise aprofundada de um ou mais objetos de análise.

A maior utilidade do estudo de caso é verificada nas pesquisas exploratórias. Por sua flexibilidade, é recomendável nas fases iniciais de uma investigação sobre temas complexos, para a construção de hipóteses ou reformulação do problema. Também se aplica com pertinência nas situações em que o objeto de estudo já é suficientemente conhecido a ponto de ser enquadrado em determinado tipo ideal. Por exemplo, se as informações disponíveis fossem suficientes para afirmar que existem três tipos diferentes de comunidades de base e houvesse interesse em classificar uma comunidade específica em algum desses tipos, então o estudo de caso seria o delineamento mais adequado.

Conforme exposto, o estudo de caso caracteriza-se por grande flexibilidade. Isto significa que é impossível estabelecer um roteiro rígido que determine com precisão como deverá ser desenvolvida a pesquisa. Todavia, na maioria dos estudos de casos é possível distinguir quatro fases: delimitação da unidade-caso, coleta de dados, análise e interpretação dos dados e conclusão do relatório conforme figura 1 a seguir:

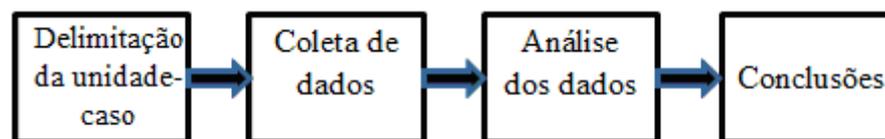


Figura 1: Estudo de caso no poço BCS

#### **4. EXTRAÇÃO DO PETRÓLEO**

Até que seja possível extrair o petróleo do subsolo é preciso seguir várias etapas que garantem a existência de petróleo numa determinada região e viabilizam física e economicamente a extração do fluido. Alguns passos devem ser seguidos para extração, essas etapas consistem na prospecção do petróleo, perfuração dos poços, completação dos poços e aplicação dos métodos de elevação (THOMAS, 2004).

Segundo Thomas (2004), o poço de petróleo é uma amostra pontual das características da subsuperfície na área da pesquisa por petróleo. Para extrair o petróleo do subsolo é necessário seguir várias etapas que garantem a existência de petróleo numa determinada região e viabilizam física e economicamente a extração do fluido. Alguns passos devem ser seguidos para extração, essas etapas consistem na prospecção do petróleo, perfuração dos poços, completação dos poços e aplicação dos métodos de elevação. A seguir a figura 2 identifica as etapas da construção de um poço.

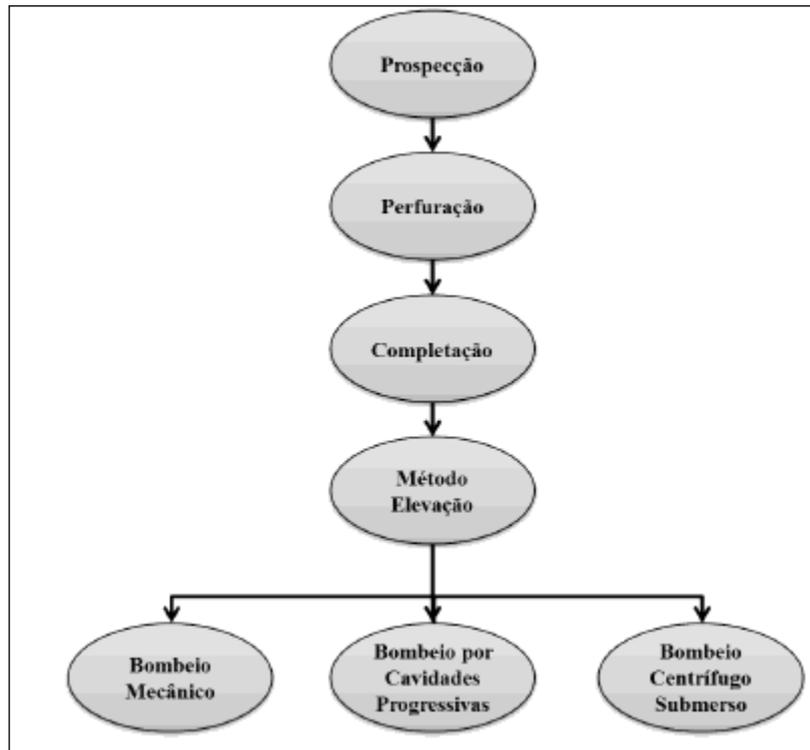


Figura 2 - Etapas da construção de um poço

#### 4.1. PROSPECÇÃO DO PETRÓLEO

A busca de novas jazidas de petróleo, chamada de programa de prospecção de petróleo, tem como objetivos fundamentais localizar dentro de uma bacia sedimentar as situações geológicas que tenham condições para a acumulação de petróleo e verificar qual, dentre essas situações, apresenta maior possibilidade de conter petróleo. A existência ou não de petróleo não pode ser prevista, porém é possível determinar regiões onde a probabilidade de existir seja maior. As regiões de provável acúmulo de petróleo são identificadas através de métodos geológicos e geofísicos. Assim, o programa de prospecção disponibiliza uma série de informações técnicas que indicam a localização mais propícia para a perfuração dos poços. É importante ressaltar que os custos com a prospecção são relativamente pequenos se comparados com os custos de perfuração, o que torna o programa de prospecção indispensável.

#### 4.2. PERFURAÇÃO DE POÇOS

Com o auxílio das informações obtidas na fase de prospecção, são escolhidas as localizações dos poços que são perfurados utilizando-se um equipamento denominado sonda. No método de perfuração atualmente utilizado na indústria, chamado de perfuração rotativa, as rochas são perfuradas pela ação da rotação e peso aplicados a uma broca posicionada na extremidade inferior de uma coluna de perfuração.

Os fragmentos da rocha são removidos continuamente através de um fluido de perfuração ou lama. Ao atingir determinada profundidade, a coluna de perfuração é retirada do poço e uma coluna de revestimento de aço é descida no poço com objetivo inicial de evitar o desmoronamento das paredes do poço.

O espaço entre os tubos de revestimento e as paredes do poço são cimentados a fim de isolar as rochas atravessadas e garantir maior segurança na perfuração. Após a cimentação, a coluna de perfuração é descida novamente, agora com uma broca de diâmetro menor que a largura da coluna de revestimento, até determinada profundidade para a inserção de uma nova

coluna de revestimento, de diâmetro menor que a anterior, procedendo-se a uma nova cimentação. Esse processo se repete até que seja alcançada a profundidade desejada para o poço. Assim, é possível perceber que o processo de perfuração se dá em diversas fases, caracterizadas pelo diâmetro das brocas de perfuração, que é reduzido em cada uma delas.

#### 4.3. COMPLETAÇÃO

O conceito de completação relaciona-se com o conjunto de operações destinadas a equipar o poço para produzir óleo ou gás de forma segura e econômica durante toda sua vida produtiva. A otimização da vazão da produção representa um dos aspectos técnicos mais relevantes a ser planejado na fase de completação. Afim de minimizar a necessidade de intervenções futuras na manutenção do poço, é preciso fazer com que a completação seja feita da forma mais permanente possível. Tendo em vista os altos custos envolvidos na etapa de completação, deve-se planejar cuidadosamente a execução desta etapa e fazer uma análise minuciosa da viabilidade econômica.

#### 4.4. MÉTODOS DE ELEVAÇÃO

Atualmente as empresas de petróleo usam três tipos de métodos de elevação por bombeio:

- Bombeio Mecânico (BM);
- Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP);
- Bombeio Centrífugo Submerso (BCS).

A escolha do tipo de bombeio fica por conta da característica do poço após a completação, pois os dados como vazão, pressão, o tipo do petróleo encontrado e a profundidade do poço. O BM é o mais utilizado por se enquadrar em quase todas as situações encontradas. A limitação do uso é em poços com profundidades maiores que 1 quilômetro, que apresentem muita areia no fluido extraído e presença de gás. O BCP é o segundo método mais utilizado, por não ter problemas com a presença de areia nem com fluidos viscosos mas não podem ser utilizados em poços muito profundos e com altas vazões (THOMAS, 2004).

O Bombeio Centrífugo Submerso (BCS) é um método de elevação cuja aplicação teve início em 1928 e mostra-se desde então uma tecnologia viável e amplamente aplicada na produção de petróleo. A aplicação típica consiste de um motor elétrico de fundo, seção de selagem, seção de admissão da bomba, bomba centrífuga de fundo de múltiplos estágios, coluna de produção, cabo elétrico de subsuperfície e equipamentos de superfície, tais como caixa de junção, painel elétrico e transformador, ver figura 3.

O equipamento de fundo é instalado na extremidade da coluna de produção com o motor abaixo da sucção da bomba para que o fluido admitido sirva de fluido de refrigeração do motor. Por esta necessidade, este método de elevação não concorre, em condições normais, com o bombeio mecânico e o bombeio por cavidades progressivas quando se trata de poços com baixa vazão, pois estes podem não fornecer convecção forçada suficiente para refrigerar o motor de fundo.

O método, da mesma maneira que os sistemas de elevação por ação de bombeio, têm limitações quando se trata de poços com quantidade significativa de gás ou de sólidos. Relativamente ao BCP, não consegue concorrer em eficácia quando se trata de poços com fluido de alta viscosidade ou de alto teor de areia. Sua aplicação é particularmente eficaz em poços desviados por independer de coluna de hastes, trabalhando com elevada durabilidade em poços com alto *dog-leg* (cuvas ou juntas na coluna de produção dos poços).

O aspecto mais importante a se considerar no projeto, instalação e operação do sistema é

relativo aos equipamentos elétricos e à sua temperatura de operação. A figura 3, mostra uma instalação típica, identificando o motor de subsuperfície, o protetor ou selo do motor, a admissão ou sucção da bomba, a bomba centrífuga composta de diversos estágios, o cabo elétrico chato, a árvore de natal ou cabeça do poço, linha de produção, caixa de ventilação, quadro de comando e transformador (ASSMANN, 2008).

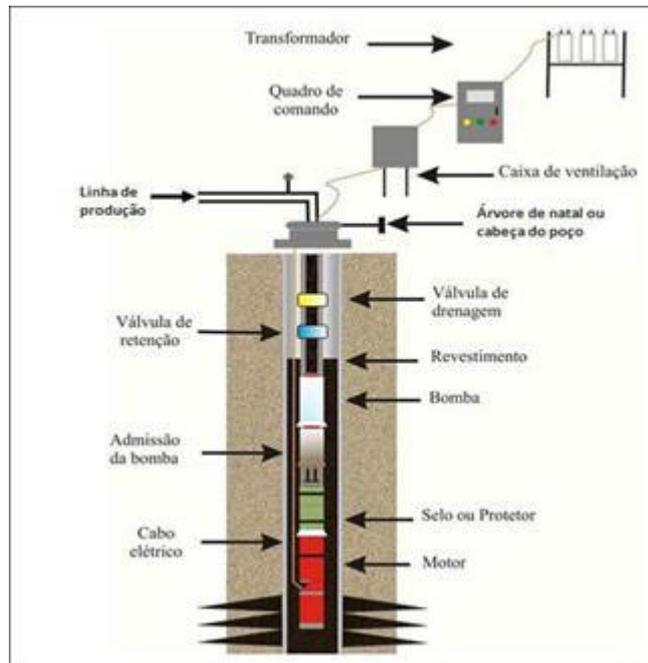


Figura 3 – Esquema típico de instalação de um BCS.

#### 4.4. EXTRAÇÃO DO PETRÓLEO POR BCS

Na completação do poço é definido qual tipo de método de elevação vai ser utilizado em função da profundidade do poço, vazão e o viscosidade do fluido, presença de areia e presença de gás. De acordo com Thomas (2004), a utilização do BCS está se expandindo na elevação artificial pela crescente flexibilidade e evolução dos equipamentos disponíveis para este método. Tanto em aplicações *onshore* como *offshore*, em condições adversas de temperatura, fluidos viscosos e ambientes gaseificados. Conforme outros métodos de elevação, o BCS também possui algumas limitações, por exemplo: poços com grande presença de areia não são indicados para o uso deste método e sim mais aplicado ao BCP. Quando o quadro de comando ou painel elétrico é acionado, um motor elétrico de subsuperfície transforma energia elétrica em mecânica e uma bomba centrífuga converte a energia mecânica do motor em energia cinética, elevando o fluido à superfície. Na superfície o fluido é transportado pela linha de produção até uma estação coletora de óleo para armazenamento e depois será transportado para o refino.

#### 5. AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

Ocorreu uma verdadeira revolução tecnológica baseada na introdução em larga escala dos microcomputadores nos diversos processos produtivos. Os processos industriais, que eram acompanhados pelos operadores em grandes painéis contendo gráficos, instrumentos, botões acionadores e lâmpadas, passaram a ser monitorados através de telas de microcomputadores. Num segundo momento, os operadores passaram a operar as plantas através do teclado dos microcomputadores. Também os antigos instrumentos começaram a ser substituídos por outros contendo microprocessadores, que têm a mesma base dos

microcomputadores, capazes de realizar tarefas e tomar decisões de forma automática, nascendo assim o conceito de automação industrial (ALVES, 2005). Para Lugli e Santos (2010), a utilização de todas estas ferramentas e métodos torna possível desenvolver sistemas de automação compostos por uma série de sensores, atuadores, controladores e outros dispositivos conectados entre si por uma rede, os quais cooperam para realização de tarefas. Isso traz uma série de vantagens quanto à confiabilidade, modularidade, facilidade de compreensão e custo em comparação com sistemas centralizados anteriormente utilizados.

Entende-se por automação qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução dos custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias (MORAES e CASTRUCCI, 2007).

Para Yamaguchi (2006), os sistemas automatizados de monitoração e controle modernos são constituídos por redes de comunicação, dispositivos de campo, diversos tipos de equipamentos e computadores.

Os processos automatizados utilizam técnicas que permitem, através do uso de controladores e algoritmos de controle, armazenar suas informações, calcular o valor desejado para as informações armazenadas e, se necessário, tomar alguma ação corretiva (SOUZA, 2005). Este artigo baseia-se na pirâmide da automação para explicar como foi implantada a automação dos poços que utilizam BCS. Com isto foi possível integrar os dados gerados nos poços, com o sistema supervísório existente. A figura 4 mostra a estrutura da pirâmide da automação implantada no BCS deste estudo.

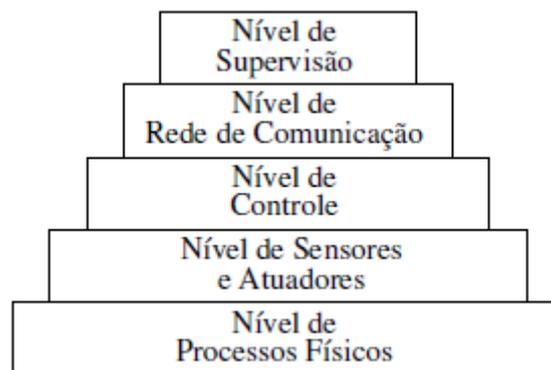


Figura 4: Níveis da Automação Implantada no BCS

Os níveis apresentados na figura 4 mostram os seguintes elementos do poço: o processo físico é o próprio poço do estudo, nele será possível acompanhar os dados de funcionamento e de produção que são os dados fundamentais para a empresa. No nível de sensores e atuadores estão os instrumentos ligados ao motor do BCS, a linha de produção e ao painel elétrico, tais como sensor pressão e relé para acompanhamento das variáveis elétricas (tensão e corrente). Controle refere-se a retroalimentação do processo quando há alguma variação no processo que seja necessário ajuste, por exemplo quando houver uma sobre carga no motor da bomba o CLP local vai contar um tempo e manda desligá-lo para evitar desgaste acima do normal. A rede de comunicação é responsável garantir a comunicação entre os poços de petróleo e a sala de controle da produção. A supervisão é o nível que agrega todos os outros níveis, nela é possível acompanhar o funcionamento do poço. Neste nível o operador da sala dele ver quando é realmente necessário visitar o poço e consultar históricos de funcionamento para otimizar o processo. A supervisão do processo é feita através de telas animadas que mudam de cor dos valores mostrados conforme a variação do processo.

## 6. COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi feita por meio de entrevistas com o supervisor da produção e tem o objetivo de avaliar as vantagens obtidas pelo poço com a instalação da automação, e confrontá-los com os resultados obtidos com o mesmo poço de forma manual, durante seu processo de produção de petróleo, a pesquisa teve como base os dados referentes ao segundo semestre de 2011, mais especificamente o mês de Agosto. Como propósito de calcular as receitas, mostrar como a produção foi aumentada e identificar quais os fatores que afetaram a disponibilidade do poço.

Disponibilidade: capacidade de um equipamento, mediante manutenção apropriada, de desempenhar sua função requerida em um determinado instante de tempo ou em um período de tempo predeterminado (FOGLIATTO & RIBEIRO 2009). Refere-se ao percentual de tempo em que a o poço esteve disponível para operar à plena capacidade.

Sendo obtido por meio da formula a seguir:

$$Disponibilidade = \left(1 - \frac{\sum Indisponibilidades}{TempoTotalDeOperação}\right) * 100$$

### 6.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A pesquisa foi realizada em uma das unidades operacionais de extração de petróleo da PETROBRAS no estado do Rio Grande do Norte, na cidade de Mossoró. Esta cidade tem dois principais campos de produção de petróleo em terra: Canto do Amaro e Riacho da Forquilha. Estes campos são chamados de campos maduros, que são caracterizados pela redução do petróleo disponível, exigindo-se técnicas mais eficazes e poços cada vez mais profundos. O poço estudado fica no campo de produção de Riacho da Forquilha, onde a automação foi feita pela primeira vez. O poço disponibilizado para o estudo foi o RFQ-41 e trabalha com o BCS para extração do petróleo. O BCS é método mais adequado para poços com altas profundidades. Toda produção de petróleo destes campos são transportados via oleodutos para uma refinaria para receberem o tratamento necessário para se tornarem produtos acabados. Os poços com BM e BCP já apresentam uma automação definida e implantada de forma bem intensa. Mas os poços com BCS o processo iniciou este ano. Por isso uma análise prévia em relação a esta implantação é importante, pois permitirá analisar os ganhos e melhorias que devem ser feitas para tornar o processo eficaz.

## 7. ANÁLISE DO PROCESSO

O funcionamento do poço é por meio de acionamento do painel elétrico deve ser acionado para que a energia elétrica possa acionar o motor no interior do poço. O motor faz com que a bomba mande petróleo para a superfície. O inversor de frequência (VSD) é responsável pelo controle da velocidade do motor e da bomba e tem uma pequena interação homem máquina para parametrização, o modelo do inversor utilizado nos painéis é o CFW-09 da WEG. A ligação do painel ao motor é feita através do cabo elétrico, que também liga os sensores de temperatura e pressão de fundo; estes sensores formam uma única peça acoplada conforme demonstrada na figura 6 para o processo de extração de petróleo por BCS do RFQ-41.

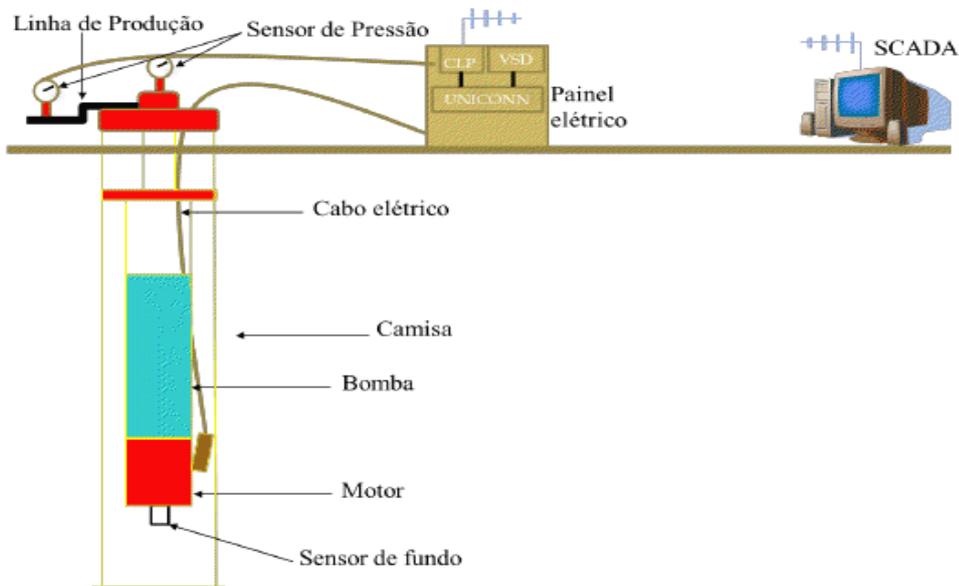


Figura 6 - Mapa do processo do poço RFQ-41 com automação.

O funcionamento automático do poço permitiu o monitoramento remoto de cinco variáveis a mais que da forma manual. O monitoramento do poço é feito por polling, que é a rotina de monitoramento que o servidor, através do mestre, faz para coleta de dados de todos os poços durante todo período de operação. Esta rotina só é quebrada quando um usuário do sistema supervisorio solicita alguma informação de um determinado poço. Usa-se uma topologia tipo mestre escravo com tecnologia de comunicação com rádios analógicos do fabricante MDS, modelo 4710C, com velocidade de 9600bps e frequência de 450Hz. As taxas de transmissão variam em torno de 2 a 5kbs em intervalos de 8 a 12min, que é o tempo do polling.

O sensor de fundo de poço, os indicadores e transmissores de pressão da cabeça de poço e linha de produção são os sensores do sistema. Já o inversor de frequência e o relé UNICONN (relé que permite interface com o CLP) são os atuadores, pois com eles pode-se parar ou alterar dados do processo. O CLP é responsável pela integração dos sensores e atuadores compilação dos dados a serem enviados quando o mestre solicitar; e recebeu uma programação com uma rotina conforme mostrado na figura 6. Na sala de controle uma interface gráfica permite ao operador visualizar os dados online de corrente, tensão, frequência, pressões, temperatura e se o poço estar ligado ou desligado. Como o polling é feito continuamente, a quantidade de dados coletados é muito grande e permite ao operador avaliar e criar um perfil de funcionamento do poço. O SCADA permitiu que dados de datas anteriores fossem consultados a qualquer momento sem dificuldades por causa do banco de dados criado para cada poço.

Inicialmente o processo de coleta de dados do poço era feita de forma manual, contando com 1 pessoa para acompanhar 11 poços distribuídos em uma área dispersa geograficamente, que variam de 1km a 20km de distância entre a sala de controle, onde fica o operador de produção e o poço.

Foi criada uma tela no supervisorio para permitir ao operador visualizar os principais dados do processo. A tela principal, figura 7, mostra uma relação de todos os poços da área geográfica onde foi implantada, com os seguintes dados:

- Identificação de cada poço, pois cada poço recebe um nome que é um link para ver maiores detalhes de cada poço individualmente;
- O relógio do CLP do painel elétrico do poço para facilitar o registro do momento da ocorrência de um evento;
- Status da bomba, se ligada ou desligada;
- Corrente média do motor;
- Pressão da cabeça do poço;
- Pressão da linha de produção;
- Status da comunicação entre o CLP do supervisor (UTC) e o CLP do poço (Rede Modbus);
- Matriz de causa e efeito que é um link para uma tela que mostra uma tabela com a explicação de cada conjunto de ações e suas consequências; e
- Histórico dos eventos ocorridos nos poços que é um link para visualizar os todos os eventos ocorridos no poço.

RELAÇÃO DE POÇOS										
NOME	RELÓGIO DA UTR	STATUS DA BOMBA	CORRENTE MÉDIA	PRESSÃO DE CABEÇA	PRESSÃO DE LINHA	STATUS DE COMUNICAÇÃO		MATRIZ C X E	HISTÓRICO	
						UTC	REDE MODBUS			
RFO-012	10:58:58	LIGADA	58 A	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	COMM OK		
RFO-14	10:59:30	LIGADA	29 A	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	COMM OK		
RFO-016	10:59:12	LIGADA	74 A	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	COMM OK		
RFO-032	10:58:48	LIGADA	54 A	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	COMM OK		
RFO-34	10:59:12	LIGADA	54 A	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	COMM OK		
RFO-037	10:59:02	LIGADA	25 A	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	COMM OK		
RFO-038	10:59:24	LIGADA	31 A	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	COMM OK		
RFO-039	10:59:14	LIGADA	66 A	11.60 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	COMM OK		
RFO-040	10:58:48	LIGADA	47 A	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	COMM OK		
RFO-041	10:59:32	DES-LIGADA	0 A	17.40 Kg/cm <sup>2</sup>	16.30 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	COMM OK		
JAN-005	10:58:50	LIGADA	37 A	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMM OK	FALHA RW		
POÇO-12										

Figura 7 – Tela do supervisor mostrando todos os poços de BCS automatizados.

A coleta dos dados dos poços e a visualização na estação de operação só foi possível após a interligação dos sensores de fundo do poço, transmissores de pressão e o relé *UNICONN* montarem uma rede de campo interligados via cabos ao CLP. Este solicita e registra os dados destes elementos para quando um cliente solicitar uma informação ao CLP mestre, ele repasse este pedido para o CLP escravo do poço e retorne a informação ao cliente.

## 9. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Na tabela 1 apresenta-se os dados coletados na empresa, objetivando a geração de gráficos para análises. A seguir foi resumido os dados mais significativos para avaliar o processo.

Tabela 1 – Comparação de dados no poço manual (AA) versus poço automatizado (DA)

Itens Analisados	Poço AA	Poço DA
Quantidade de variáveis monitoradas	1	6
Custos com a mão-de-obra do operador por mês (R\$)	4.000,00	0
Produção m <sup>3</sup> /mês	2400,00	3375,00
Disponibilidade do poço (%)	66,67	93,75
Receita (US\$/d)	8.800,00	12.375,00

A automação do poço tornou possível monitorar remotamente um número maior de variáveis que são fundamentais para o processo de poços com BCS. Antes da automação apenas a pressão era a variável monitorada pelo operador do poço, que tinha que passar duas vezes por dia para anotar em uma planilha. Após a automação o operador não precisa sair da sala de controle da produção para ir ao poço verificar variáveis, pois agora é possível observar as variações de pressão na tela do supervisor. Além disso, outras variáveis como tensão e corrente do inversor do painel elétrico que alimenta o motor, pressão e temperatura do fundo do poço e por fim pressão da linha de produção e da cabeça do poço. Com o monitoramento remoto todos os dados gerados pelas variáveis puderam se transformar em informações para o setor de produção da empresa, pois agora eles tinham dados suficientes para analisar e planejar metas de produção e de atendimento as demandas. Se o poço apresentasse algum problema que não fosse possível resolver na sala de operação, o operador aciona a manutenção para verificar o problema.

Observa-se no gráfico 1 que os custos com o a mão-de-obra do operador foi eliminada, pois os dados que ele coletava estavam à disposição remotamente. Além disso, outras variáveis como tensão e corrente não tinha como ele conseguir manualmente porque não sabia operar o painel elétrico agora era possível de acompanhar. Bem como no gráfico 2 que, a relação entre a produção ideal e a produção efetuada de forma manual e produção ideal e a produção efetuada de forma automatizada do poço RFQ-41. Observa-se que sem automação o poço produz apenas 66,67% da sua capacidade ideal. Isto ocasiona uma perda de produção pelo tempo em que o poço durante a noite, de acordo com o supervisor da produção fica 8 horas parado, pois neste período o poço não é visitado. Já com a automação a produção passa para 93,75% da capacidade ideal, pois na sala de controle da produção fica um operador de plantão, que monitora todo o sistema da área coberta pelo sistema supervisor. Não tem como a produção ficar igual a ideal por perturbações e perdas inerentes ao processo.

Gráfico 1: Custos com o a mão-de-obra

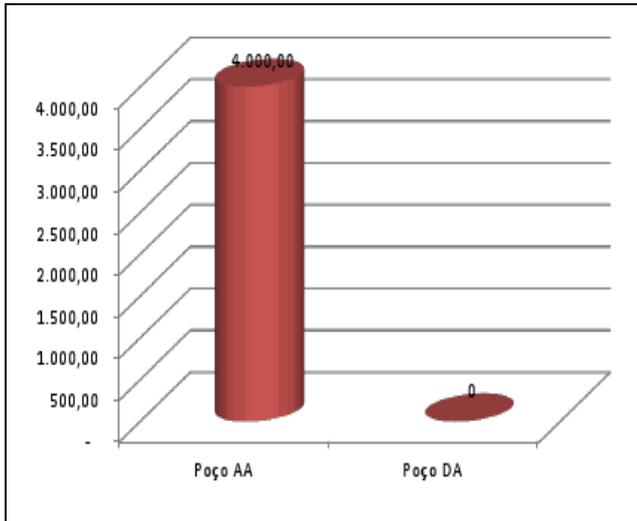
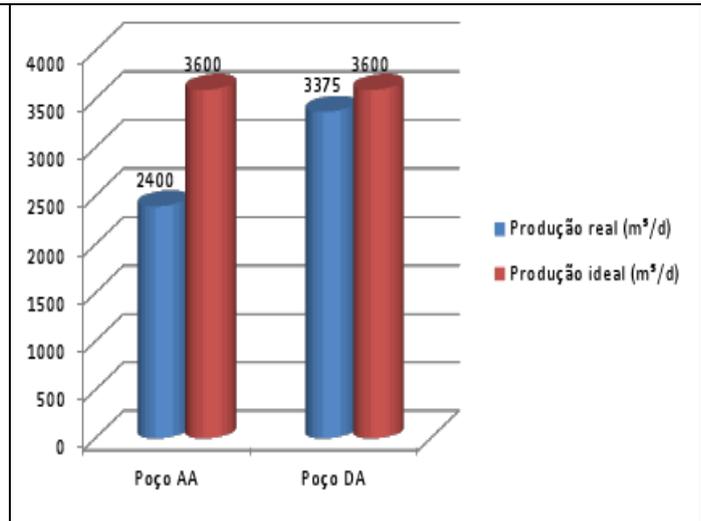


Gráfico 2: Comparativo da produção



Além disso, a receita no poço automatizado aumentou em torno de US\$ 107.250,00 em relação ao processo manual. Essa diferença faz a empresa ter ganhos substanciais a longo prazo e é resultado do aumento da produção.

## 10. CONCLUSÃO

A análise dos sistemas supervisórios efetuados por meio de gráficos e indicadores de qualidade garantiu ao processo estabilidade, mais confiabilidade e redução dos custos com pessoal. A monitoração dos poços de petróleo que utilizam o BCS como método de elevação permitiu a empresa aumento da produção devido a o aumento considerável da disponibilidade do poço. Em relação à varável disponibilidade, verificou-se que o controle automático efetua ganhos em torno de 27% em relação ao controle manual.

Um segundo benefício a ser considerado, após a integração do poço com a sala de controle, foi uma identificação mais rápida dos vazamentos, o que garante uma melhor solução para um dos maiores problemas no setor petrolífero, o desgaste ambiental, ocasionado quando acontece um derramamento de óleo nas áreas por onde passam os dutos ou linha de produção para escoamento do petróleo que ligam o poço a estação coletora de óleo. Se com a automação consegue identificar o vazamento de forma rápida e precisa, conseqüentemente soluciona-se o problema rapidamente, diminuindo assim o impacto ambiental.

Por fim, obteve-se um ganho na manutenção, pois com a automação foi possível desenvolver um planejamento para manutenções preventivas, o que não era possível antes da automação, pois só eram feitas manutenções corretivas após a visita do operador.



## REFERÊNCIAS

- ALVES, J. L. L.** Instrumentação, Controle e Automação de Processos. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos (LTC), 2005.
- ASSMANN, B. W.** Estudo de Estratégias de Otimização para Poços de Petróleo com Elevação por Bombeio de Cavidades Progressivas. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.
- BASTISTA, E. S.** Desenvolvimento de uma Ferramenta Computacional para Aplicação no Método de Elevação por Bombeio Centrífugo Submerso. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.
- BECKER, L. B.; JÚNIOR, W. P.; PEREIRA, C. E.** Proposal of an Integrated Object-Oriented Environment for Design of Supervisory for Real-Time Industrial Automation Systems. In Fourth International Workshop on Object-Oriented Real-Time Dependable Systems, 1999.
- BEGA, E. A.** Instrumentação Industrial. Interciência. Rio de Janeiro, 2003.
- FRANÇA, G. H.** A Utilização da Automação no Processo Produtivo de um Poço de Petróleo com BCS Utilizando o Sistema Supervisório SCADA: Um Estudo de Caso com um Poço com Controle Manual Versus Controle Automático, Monografia de Graduação. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2011.
- FRANÇA, G. H.** Automação de poços de petróleo que utilizam o Bombeio Centrífugo Submerso (BCS) como Método de Elevação. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2011.
- LUGLI, A. B.; SANTOS, M. M. D.** Redes Industriais para Automação Industrial: AS-I, PROFIBUS E PROFINET. 1ed. São Paulo, 2010.
- MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L.** Engenharia de Automação Industrial. 2 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos (LTC), 2007.
- OLIVEIRA, L. A. H. G.** Curso de Redes para Automação industrial. <http://www.dca.ufrn.br/~affonso>, Abril de 2011.
- RIBEIRO, M. A.** Automação. 6 ed. Salvador, 2010.
- RIBEIRO, M. A.** Controle de Processo: fundamentos e aplicações. 9 ed. Salvador, 2010.
- SOUZA, R. B.** Uma Arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.
- THOMAS, J. E.** Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Interciência, 2004.
- YAMAGUCHI, M. Y.** Sincronização das Bases de Tempode CLPs Distribuídos numa Rede de Automação de Processo Industrial. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.