



## POÇO EXPERIMENTAL E DE TREINAMENTO 9-PE-2-TQ-BA - CETRE/TAQUIPE – NOVA CONFIGURAÇÃO

**Paulo Hora de Andrade Júnior**

**Edson Yoshihito Nakagawa**

**Valter Silva Júnior**

**José Luiz Árias Vidal**

**Paulo Roberto Corrêa da Silva**

PETROBRAS - CENPES

DIPLLOT / SETEP – Ilha do Fundão Qd. 7, Rio de Janeiro – RJ, 21949-900

**Resumo.** *É mostrada a configuração atual do poço 9-PE-2-TQ-BA, toda sua instrumentação de fundo e de superfície, seus principais equipamentos e acessórios necessários aos experimentos que lá já ocorreram ou que estão por ser realizados. É também descrito o sistema de aquisição de dados, hardware e software, fundamental para o monitoramento em tempo real de todas as variáveis e também para atuação dos sistemas automáticos.*

*O histórico da utilização do poço para experimentos de pesquisas está também descrito, junto com um breve resumo das características de cada trabalho realizado. Também são comentados os próximos testes a serem desenvolvidos. Deduz-se a partir deste trabalho, as principais vantagens decorrentes para a empresa.*

**Palavras-chave:** *Perfuração, poço, controle de poço, poço experimental, perfuração sub-balanceada*

### 1. INTRODUÇÃO

Os altos custos envolvidos, o dinamismo no desenvolvimento de novas técnicas e as peculiaridades de cada projeto de poço tem estimulado investimentos em simuladores computacionais para operações de controle de poço e de novas técnicas de perfuração. No entanto, as dificuldades naturais da coleta de dados durante as operações de perfuração tem provocado a demanda por experimentos em escala real como os realizados no poço-escola do centro de treinamento da PETROBRAS, na Bahia, aqui mencionados. Tal demanda deve prosseguir, vislumbrando novas técnicas.

## 2. CONFIGURAÇÃO DO POÇO

Na figura 1 é mostrado um esquema do poço, com sua instrumentação. Trata-se de um poço externo de 13.3/8" com 1300 m de profundidade, cimentado até a superfície. Interno a este foi descido um revestimento de 7", ancorado na superfície, que é o poço experimental propriamente dito. Pelo anular externo ao revestimento de 7" foram passados os cabos de instrumentação, a linha de injeção de gás (até o fundo) e linhas de simulação de operações marítimas a 740m (simula BOP molhado em lâmina d'água equivalente a esta profundidade).

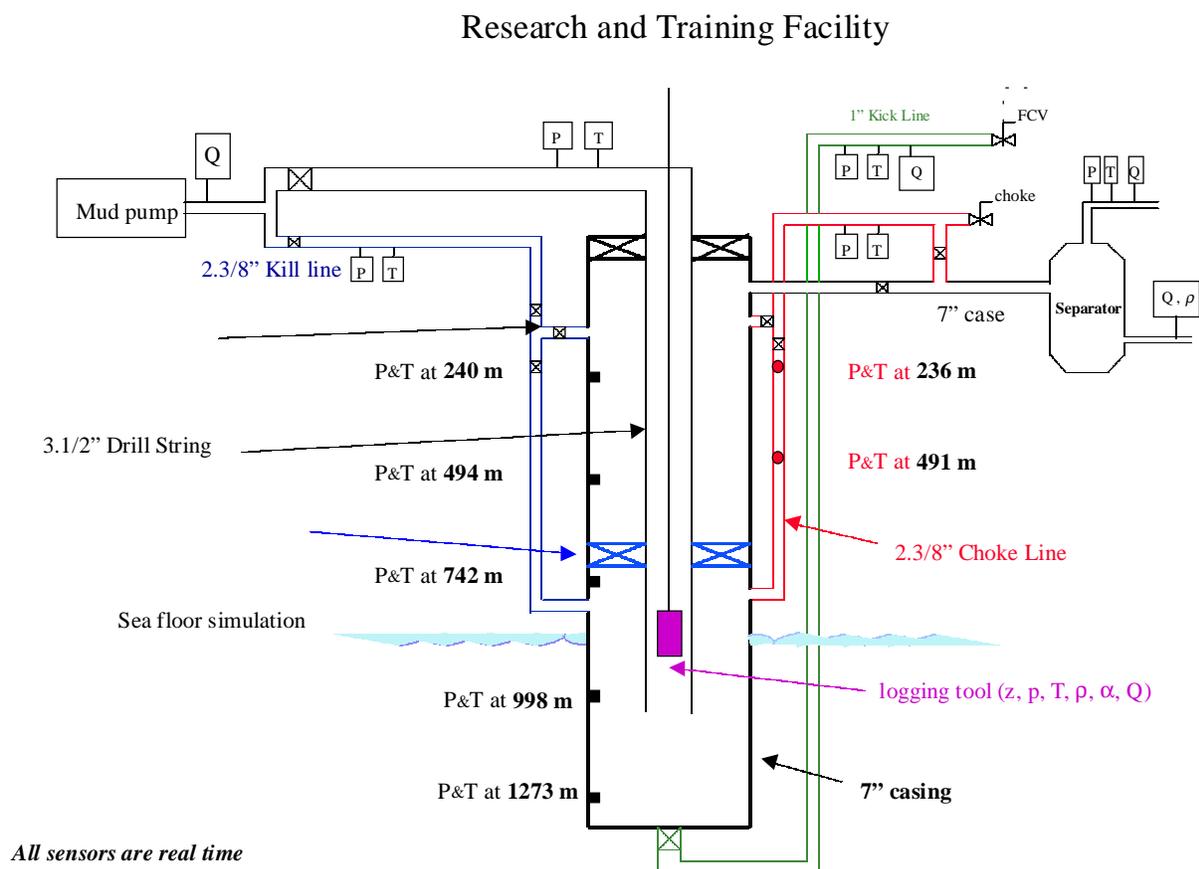


Figura 1 – Esquema do Poço 9-PE-2-TQ-BA

## 2.1 Sistema Convencional de Superfície

A frequência de pistoneio da bomba de lama é lida por um sensor de proximidade e transmitida para o sistema de aquisição de dados, em tempo real, assim como as leituras de todos os outros instrumentos. Tal medida fornece a vazão de injeção de líquido. Há sensores de pressão e temperatura a montante do tubo bengala, na linha de matar (*kill line*) e na linha de *choke*. Os tanques de lama (quatro tanques de 70 bbl, cada) são equipados com sensores de nível, os quais fornecem os volumes instantâneos de cada tanque.

## 2.2 Sistema de Injeção de Ar no Fundo do Poço

Sete garrafas de 754 litros cada, estocam ar com pressão de até 5000 psi para injeção no fundo do poço. Este sistema é utilizado para simulação de influxos (*kicks*) tanto em experimentos como em treinamento de pessoal. O ar passa por uma válvula controladora de vazão acionada pelo microcomputador da sala de controle (o mesmo PC é utilizado para aquisição de dados e para acionamento de válvulas). Há também uma turbina para medição da vazão do ar e sensores de pressão e temperatura. O ar é então injetado no fundo do poço através de um tubo *macaroni* de 1". Para evitar o fluxo reverso nesta linha, há uma válvula de retenção no final dela (interna ao revestimento de 7", próxima ao fundo do poço) tipo *gas lift*.

## 2.3 Separador Bifásico

Quando em operações com retorno de fluxo bifásico (líquido-ar), como ocorre na grande maioria dos experimentos lá executados, fecha-se o BOP, desviando o fluxo para o separador, figura 2. Neste a pressão, a temperatura e o nível de líquido são transmitidos para o sistema de aquisição. Após a separação, na linha de saída do gás, há um medidor de vazão tipo vórtice e uma válvula controladora. Na linha de saída de líquido foi instalado um medidor de vazão tipo coriollis e uma válvula controladora. O acionamento das duas válvulas controladoras (do gás e do líquido) é feito por um sistema automático a partir das leituras da pressão do separador e do nível de líquido, mantendo este dentro de uma faixa pré-escolhida (e modificável). Esta é a condição para uma separação eficiente, evitando-se a inundação do separador (transbordo de líquido pela linha de gás) e a pulsação de gás na peneira de lama.

## 2.4 Sensores de fundo

Em março/abril de 1998 o revestimento de 7" foi retirado, sendo posteriormente reinstalado com cinco sensores de pressão e temperatura posicionados na parede externa, espaçados a cerca de 250 m (vide figura 1). Os sensores medem a pressão interna ao revestimento de 7" através de pequenos orifícios perfurados na parede do revestimento. De forma semelhante, outros dois sensores de pressão e temperatura idênticos aos outros cinco foram instalados na linha de *choke*, em profundidades próximas aos dois mais rasos do revestimento (figura 1).

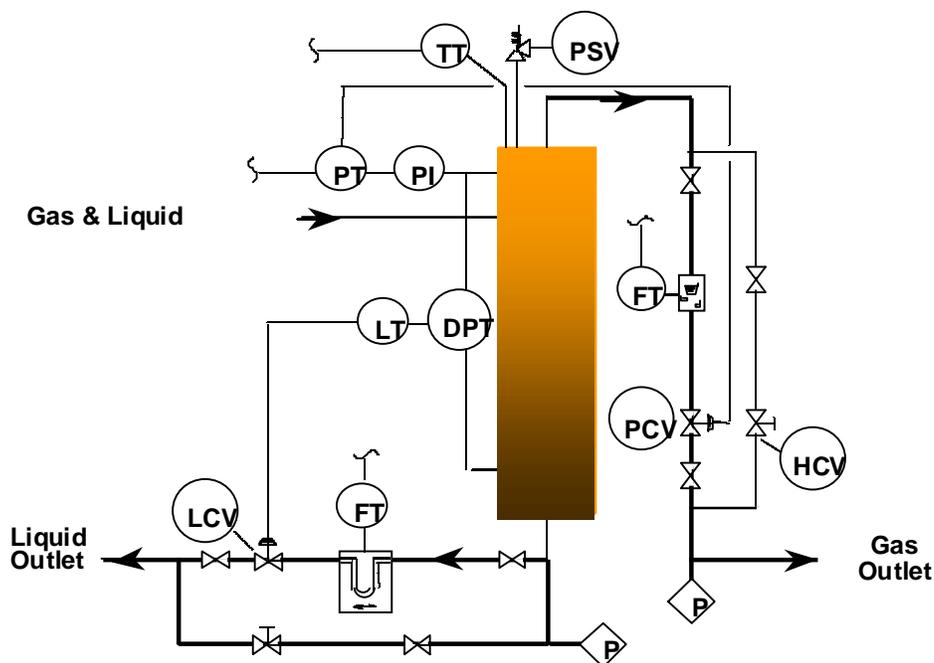


Figura 2 – Separador bifásico

### 3. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Um microcomputador pentium equipado com placas de aquisição da *National Instruments* é utilizado para monitoramento de toda a instrumentação e acionamento das válvulas de controle. Para tanto foi desenvolvido pelo CENPES um programa utilizando o *software Labview 5.0* em ambiente Windows 95, como descrito por Vidal & Nakagawa (1), figura 3. Além dos sistemas descritos no capítulo anterior, também são interligados ao sistema de aquisição de dados as instrumentações dos serviços contratados: unidade de perfilagem e unidade de injeção de nitrogênio. Estas interligações em tempo real evitam um grande trabalho de acoplamento dos dados (sincronização das medições) antes da análise dos experimentos.

#### 3.1 Unidade de Perfilagem

Têm sido utilizados os serviços da Equipe de Perfilagem da PETROBRAS (EPP-1) para leituras em tempo real de medições dentro da coluna de perfuração (3.1/2”). As medições são expostas diretamente na tela do micro: profundidade, pressão, temperatura, densidade e fração de vazio.

#### 3.2 Injeção de Nitrogênio

Têm sido utilizado os serviços da *Halliburton*. As leituras de vazão normalizada de nitrogênio, vazão de líquido injetado, pressão de injeção, temperatura e fração volumétrica são transmitidas, também em tempo real, para o sistema de controle.

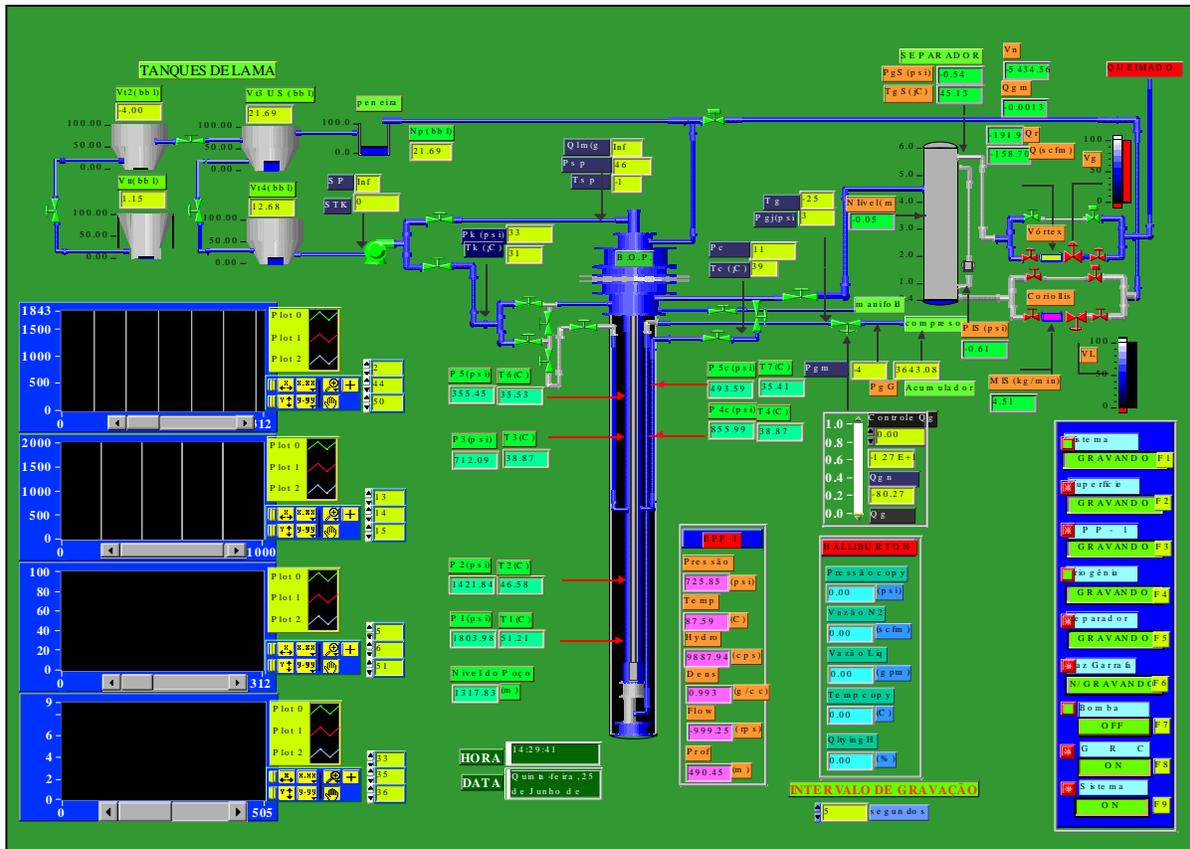


Figura 3 - Tela do sistema de aquisição de dados

## 4. EXPERIMENTOS REALIZADOS

### 4.1 Controle de Poços

O poço 9-PE-2-TQ-BA, há muito utilizado para treinamentos de técnicos da PETROBRAS nos métodos convencionais de controle de poço, foi instrumentado e adaptado em 1996 para uso como laboratório de campo. Esta melhoria visou a realização de testes em escala real, atendendo ao projeto Controle de *Kicks* e *Blowouts* em Águas Profundas, no âmbito do PROCAP 2000. O relatório final desse projeto (2) mostra o grande proveito dos testes realizados e conclui:

- A – O método do sondador é mais apropriado que o método do engenheiro;
- B – O *flow-check* não deve ser realizado após a detecção de ganho de volume nos tanques;
- C – O *hard shut-in* é preferível em relação ao *soft shut-in*.

Estas conclusões foram passadas ao E&P para inclusão nos procedimentos operacionais.

## 4.2 Testes de Transmissão de Pressão

Em abril de 1997 foram realizados experimentos no âmbito do projeto *Procedimentos para Análise de Testes de Absorção*. O principal objetivo foi medir a transmissão de pulsos de pressão através de diferentes fluidos de perfuração. Observou-se a não transmissão de pressões através de fluido de alta viscosidade, quando em anulares de pequena folga (3).

## 4.3 Perfuração Sub-Balanceada (PROCAP 2000)

A partir de Maio de 1997 vários testes foram realizados com injeção simultânea de água e nitrogênio através da superfície, dentro do projeto *Perfuração com Fluidos Leves e/ou na Condição Sub-Balanceada*. Vários testes foram desenvolvidos em parceria com a RF - *Rogaland Research* (Noruega). Em Outubro de 1997 foram desenvolvidos testes de carreamento de cascalho com fluido aerado (5).

## 4.4 Teste do Separador Bifásico

Em Junho de 1998 (já com os sete sensores tempo real de fundo instalados) foi testado o protótipo do separador bifásico pressurizado (6). Este separador automatizado (descrito no capítulo anterior) é uma ferramenta fundamental para utilização da tecnologia de fluido aerado. As altas vazões de gás (neste caso até 1600 scfm) e de líquido não permitem separação eficiente nos separadores até então utilizados na perfuração. Por outro lado os grandes separadores utilizados em produção e em perfuração sub-balanceada *onshore* em alguns países são por demais pesados o que impossibilita sua utilização em plataformas flutuantes.

Os últimos testes para a *Rogaland*, Julho de 1998, já foram realizados com a utilização do novo separador.

## 4.5 Testes com Espuma

Também em Julho de 1998 foram realizados testes com espuma (7) em circuito fechado (quebra da espuma e posterior reinjeção, formando nova espuma). A grande vantagem do circuito fechado é evitar o descarte total, contínuo, da espuma quebrada o que dificulta operações terrestres e inviabiliza o emprego de tal técnica em futuras operações *offshore*.

O projeto de pesquisa *Perfuração com fluidos leves e/ou na condição sub-balanceada* ganhou recursos e rapidez com a formação de um projeto multicliente liderado pela PETROBRAS: *OFFSHORE DRILLING WITH LIGHT WEIGHT FLUIDS* (1º JIP coordenado pela PETROBRAS). Este multicliente conta com a participação das operadoras *AMERADA HESS*, *MOBIL* e *BRITISH PETROLEUM*; das prestadoras de serviço *AIR DRILLING* e *WELL MASTERS* e do fabricante de equipamentos *WILLIAMS*. Todos os testes do projeto de pesquisa realizados em 1998 foram compartilhados com esse JIP.

Já como benefício deste projeto de pesquisa destacam-se recomendações operacionais e utilização do separador bifásico na bacia do Paraná.

#### **4.6 Testes de Fluidos Drill-In**

Em Agosto de 1998 foram efetuados testes em fluidos Drill-in com carbonato de cálcio (calcita), pelo projeto *Controle de Areia em Poços Extended Reach e Multilaterais*. O objetivo foi medir a estabilidade do carbonato de cálcio após submetê-lo a diferentes vazões (8). O benefício é no projeto da perfuração através das zonas produtoras.

#### **4.7 Testes com Fluido Aerado**

Em outubro de 1998 foram efetuados novos testes com o separador bifásico (determinação dos limites de sua eficiência) e novos testes de carreamento de cascalho com fluido aerado. Desta vez foi utilizado ar (compressores e *boosters* da ADS – altas vazões) em substituição ao nitrogênio. Foi também usada a goma xantana como fase líquida. Para tal experimento foram instalados dois outros medidores de vazão de gás (para as altas vazões deste teste) e *upgrade* do medidor de vazão de líquido (coriolis) que passou a transmitir também temperatura e densidade. Esta última leitura permite a detecção de passagem de gás (ou sólido, quando for o caso) junto com o líquido o que favorece o balanço de massa e cálculo das vazões de retorno (analisado em conjunto com a vazão da saída de gás).

#### **4.8 Testes com Fluido n-Parafina**

Foram realizados em março de 1999 ensaios com um fluido n-parafina, base óleo, utilizando toda a profundidade do poço, em duas diferentes configurações de coluna (variação das perdas de carga), visando levantamento da curva reológica e estabilidade do fluido em condições reais. Concluiu-se que o fluido é estável e mediu-se o efeito das reduções das conexões dos tubos de perfuração nas perdas de carga.

#### **4.9 Testes com Fluido Látex**

Trata-se de um fluido de perfuração em caráter de desenvolvimento. Os testes mostraram que o produto ainda não satisfaz as condições operacionais.

### **5. FUTUROS TRABALHOS**

Além dos experimentos abaixo citados, vale a pena salientar que o centro de treinamento do E&P-BA continuará com a sua programação didática utilizando este mesmo poço para treinamentos.

**1. Separador Quadrifásico.** Ainda pelo projeto *Perfuração com fluidos leves e/ou na condição sub-balanceada* (e JIP) será testado em Julho de 1999 o protótipo do separador quadrifásico ora em desenvolvimento pelo CENPES (DILOT e DIPREX) em conjunto com a UNICAMP, para separação de gás, líquido (separação posterior em óleo e água) e sólidos (cascalhos).

**2. Controle de Poços.** Há um novo projeto de pesquisa, para realização de experimentos de controle de poços por métodos não convencionais (métodos volumétricos estático e dinâmico e situações especiais como *kick* com perda de circulação, etc.) com início em março de 1999. Serão realizados vários testes de campo simulando situações marítimas, no poço de pesquisa de Taquipe.

**3. Completação Inteligente.** Está sendo estudada a viabilidade de testes de equipamentos utilizados em completação, recém desenvolvidos e/ou em desenvolvimento por empresas de equipamentos. É de interesse da PETROBRAS testes que melhor comprovem as vantagens e evidenciem as limitações antes da implantação de novas tecnologias e equipamentos.

## **6. CONCLUSÕES**

O poço 9-PE-2-TQ-BA equipado com a sonda SC-72, figura 4, tem sido de altíssima utilidade para a empresa. Há a atividade de treinamento (atividade original e ainda planejada pelo órgão operacional. Os experimentos lá realizados têm sido de enorme relevância para validação de procedimentos operacionais e para testes e seleção de simuladores computacionais, principalmente em controle de poços (área de segurança cujos benefícios são óbvios) e em perfuração com fluidos leves (futuro da perfuração em zona de baixas pressões). São ambas áreas vitais para a empresa. Os lucros da PETROBRAS são as aplicações dos resultados: adaptação de procedimentos operacionais e aplicação de novas tecnologias.

Por propiciar toda esta utilidade para a empresa (único poço em escala real equipado com sonda disponível para pesquisas, no mundo), recomenda-se a continuidade dos investimentos em instrumentação e equipamentos (PROCAP 2000 / CENPES) e em manutenção (E&P-BA). Assegura-se assim a continuidade dos benefícios das pesquisas (ao CENPES com aplicação para o E&P) e do treinamento (também a todo o E&P).

## **AGRADECIMENTO**

Os autores agradecem à PETROBRAS por autorizar a publicação deste artigo e, particularmente, ao Centro de Treinamento do E&P-BA por toda a colaboração nos trabalhos acima mencionados.

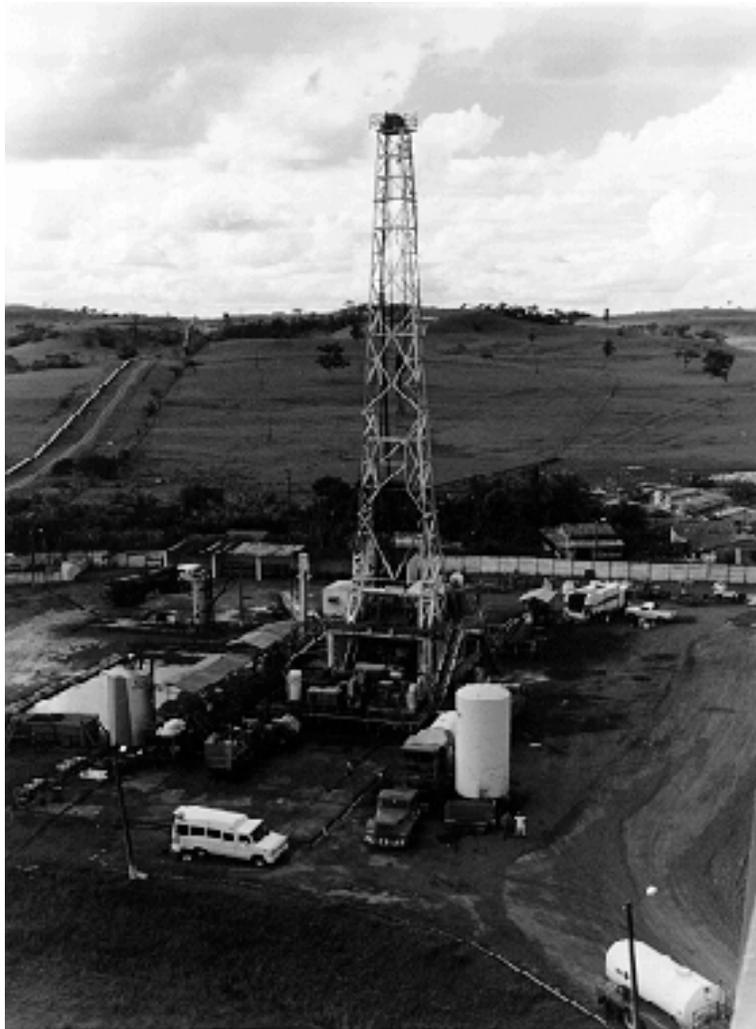


Figura 4 - Vista aérea da sonda SC-72

## REFERÊNCIAS

- Vidal, J. L. A.; Nakagawa, E. Y.; : Sistema Supervisório de Automação e Controle Aplicado a uma Sonda de Perfuração de Petróleo. Seminário de Instrumentação e Automação - IBP, outubro de 1998.
- Nakagawa, E. Y.; Andrade Jr., P. H.; Lage, A. C. V. M.; : Controle de Kicks e Blowouts em águas profundas. Relatório final, dezembro de 1996.
- Clemente, J. C. G.; : Procedimentos para Análise de testes de Absorção. Relatório Técnico Parcial, abril de 1997.
- Lage, A. C. V. M.; Nakagawa, E. Y.; Andrade Jr., P. H.; Silva, P. R. C.; Silva Jr., V. : Verificação do Simulador *DynaFloDrill* – Projeto Multicliente Petrobras – Rogaland Forskning, julho de 1998.
- Lourenço, A. M. F.; Martins A. L.; Andrade Jr., P. H.; Vidal, J. L. A. : Cuttings Transport Real Scale Tests, Fevereiro de 1998.

- Ribeiro, G. A. S. M.; Lage, A. C. V. M.; Vale, O. R. : Dimensionamento de Separador Helicoidal Gás-Óleo para Operações de Perfuração com Fluidos Leves nas Instalações da Sonda 109, Novembro de 1997.
- Lage, A C. V. M.; Nakagawa, E. Y.; Andrade Jr., P. H.; Silva, P. R. C.; Silva Jr., V. : Full Scale Aerated Fluids Experiments in Taquipe-Ba – Phase II, setembro de 1998.
- Queiroz N., J. C.; Brandão, M. E.; Souza, L. R.; Leite, J. C.; : Estudos Relacionados aos Fluidos *Drill-in*, agosto de 1998.