



CASOS HISTÓRICOS DE HIDROJATEADORES PULSANTES COM TUBOS FLEXÍVEIS NO NORDESTE DO BRASIL

João Batista Vale de Almeida¹ - Ricardo César Bezerra de Melo²

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

Um dos problemas de produção existentes nos campos marítimos do nordeste brasileiro é a presença de incrustações, o que resulta na redução do diâmetro das colunas de produção e obstrução do conjunto de gravel, impactando na produção de óleo e gás. Portanto, a busca por novas tecnologias, economicamente viáveis, que removam estas incrustações e restabeleçam a produção é uma das realidades que hoje movem a indústria petrolífera.

Neste trabalho abordaremos diversos casos históricos de variadas aplicações de hidrojateadores pulsantes, que além dos mecanismos de remoção: erosão, abrasão e cavitação dos hidrojateadores tradicionais, agrega a reciclagem de pressão, além da possibilidade da ferramenta poder ser ajustada aos parâmetros de cada poço sem perder eficiência, pois dispõe de um “software” específico, que simula e configura a ferramenta para cada situação.

A aplicação para limpeza do conjunto de gravel se dá através do sistema pulsativo, que com a reciclagem de pressão, causa a quebra e remoção das incrustações, sem danificar as telas, esta reciclagem de pressão produz uma micro-vibração no propano do gravel, quebrando e desagregando as incrustações e finos que são carregadas e dissolvidas pelo fluido jateado.

Em poços com baixa pressão de reservatório, a remoção de incrustações em colunas de produção e seus diversos componentes através da utilização deste hidrojateador pulsante, tem um aliado forte que é o separador de fases, pois viabiliza a utilização de fluidos nitrificados, sem perder eficiência hidráulica de impacto, pois separa a fase líquida da gasosa, onde a líquida é direcionada ao hidrojateador pulsante e a fase gasosa nitrifica o fluido retornado do hidrojateador pulsante, evitando assim o amortecimento do poço pelo fluido trabalhado.

Abstract

Scales are one of the biggest issues in the off-shore fields, northeast of Brazil, this results in tubing or gravel obstruction causing lack of oil and gas productivity. Therefore, the search for new economically technology that can remove these scales is completely real and is moving the industry today.

On this paper we describe some case histories on various application of pulsative jetting tool, that besides of removal mechanisms: Erosion, abrasion and cavitations observed on conventional jetting tools, it is able to generate a stress cycling mechanism. This tool gives us the possibility to make adjustments for each particular case observing their own parameters and keeping the same efficiency, because of there is a specific software, that simulates and gives the best set up the tool for each case.

The application for gravel clean up happens due to the pulsative system in addition with the stress cycling mechanism, it breaks and removes scales, without any damage on the gravel screens. These stress cycling generates a vibration on the proppant pack, breaking and disaggregating the scale or fines, and also it can be dissolved by the fluid jetted.

In low reservoir pressure well, the scale removal in production tubing and other components with the pulsative jetting tool, has a strong partner, that is a fluid phase separator, because of it provides the possibility of pumping nitrified fluids, keeping the same impact pressure efficiency, this tool separates the gas from the liquid, allowing only liquid to be jetted, while this the gas again nitrifies the returned fluid keeping the well alive with low hydrostatic pressure.

¹ Engenheiro Mecânico – BJ Services do Brasil Ltda. – Engenheiro de Campo II

² Engenheiro Eletricista – BJ Services do Brasil Ltda. – Coordenador de Engenharia NO/NE

1. Introdução

O hidrojateador pulsante é uma ferramenta desenhada originalmente para trabalhos de remoção de incrustação, como explicado por Campbell (2000), porém, devido à alta eficiência de jateamento da ferramenta, figura 1, novas aplicações aos campos maduros do nordeste brasileiro foram encontradas e a cada nova utilização um sucesso operacional. Assim para descrever algumas das utilizações, este trabalho será composto de três casos históricos, retratando cada tipo de aplicação do hidrojateador pulsante, sendo uma limpeza de gravel pack realizada no poço "A" off-shore do nordeste brasileiro, na bacia cearense; uma desincrustação de coluna obstruída com carbonato de cálcio, no poço "B" no campo de off-shore, na bacia Potiguar; e uma desagregação de bauxita após "embuchamento" do fraturamento hidráulico no poço "C", também na bacia cearense. Trabalhos estes escolhidos entre os vários já realizados nos campos maduros do nordeste brasileiro.

A figura-01 mostra as opções de jatos 45° ou 90° para a configuração do hidrojateador pulsante.

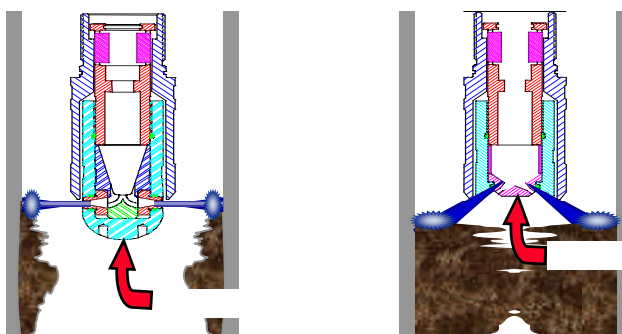


Figura-01: Remoção de incrustação com jatos a 90° ou 45°

2. Limpeza de Gravel Pack

Este trabalho foi realizado em março/06, com a finalidade de restabelecer a produção do poço que produz por BCS (bomba centrífuga submersa) com produção histórica de $40 \text{ m}^3/\text{dia}$, sendo que no último teste no início de janeiro/06 apresentou apenas $22 \text{ m}^3/\text{dia}$, deixando de produzir até esta intervenção. Em dezembro/05 foi bombeado querosene de aviação com butilglicol, sem resultado no aumento da produção; os dados do reservatório indicavam uma pressão estática de $90 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ e temperatura de 60°C .

Para este trabalho foi especificado o hidrojateador pulsante de $1 \frac{3}{4}$ " configurado com ogiva S90C, utilizando 08 turbinas, 06 magnetos e "by pass" de 0,125" sendo empregado os seguintes fluidos para o jateamento: 25 barris de óleo Diesel com 10% de butilglicol, seguido de 5 barris de solução ácida em estágio único a base de HV/HF, explicado por Di Lullo (1998), sem pré-colchão ácido. O óleo Diesel + butilglicol além do jateamento, teve o objetivo de evitar o contato do ácido com o óleo da formação, bastante viscoso e forte probabilidade de emulsão, tendo a solução ácida agregado ao jateamento o efeito químico para dissolução dos finos desagregado pela ferramenta, figura 2.

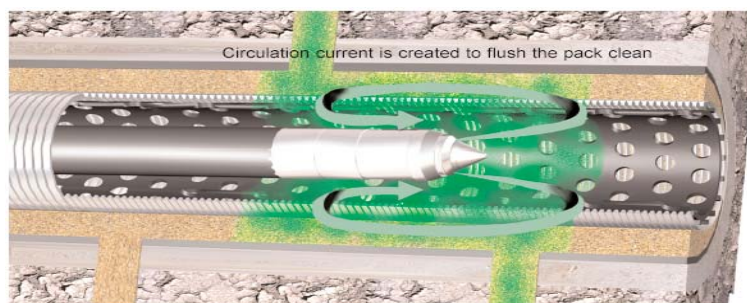


Figura-02: Ação do hidrojateador pulsante em limpeza de gravel pack.

Após a realização do trabalho o poço foi limpo através da injeção de nitrogênio pelo flexitubo, ficando surgente, porém não tinha pressão suficiente para vencer o separador da planta de processamento, sendo reequipado para produzir por

BCS e ficou com uma produção em torno de 50 m³/dia; isto é, além de restabelecer a produção histórica (40 m³/dia) teve um ganho de 10 m³/dia. Seguem a Figura-03 e a Figura-04, que mostra o gráfico das pressões durante a operação.

A figura-03 mostra o gráfico da pressão de cabeça, pressão de circulação (Injeção) para a vazão entre 0,6 a 0,8 bpm de líquido e a vazão de nitrogênio.

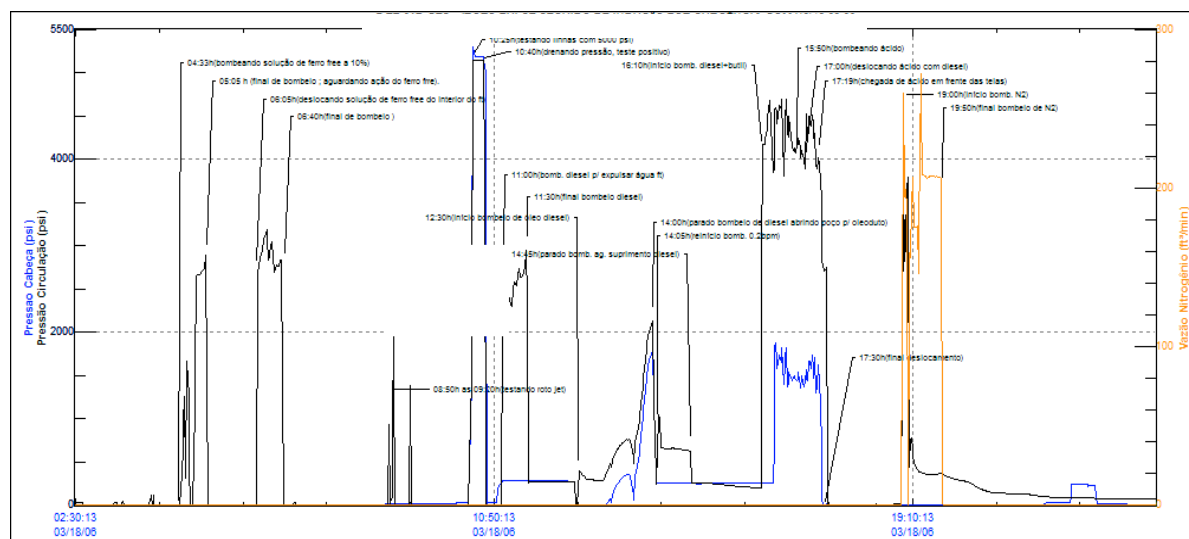


Figura-03: Pressão de cabeça, pressão de circulação e vazão de nitrogênio.

A figura-04 mostra o gráfico da pressão e vazão de bombeio das fases líquidas (óleo Diesel com butilglicol e fase ácida).

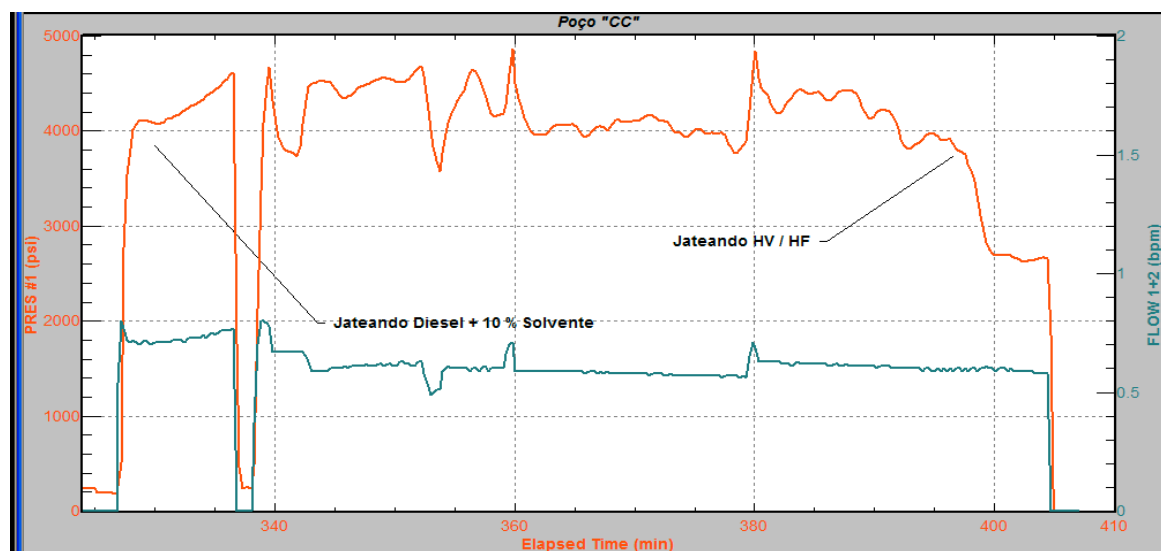


Figura-04: Pressão e vazão de bombeio

3. Desincrustação de coluna obstruída por deposição carbonato de cálcio

Este trabalho foi realizado em maio/05, com a finalidade de remover e desobstruir a coluna de produção do poço "B" desde 40 metros a 2988 metros na coluna, com o objetivo de possibilitar a descida de registradores para obtenção da pressão estática de cada zona produtora e realizar a perfilagem de produção, identificando vazões e tipo de fluidos produzidos em cada intervalo. Na tentativa inicial de descida por arame a ferramenta topou a aproximadamente 20 metros da superfície, sendo descido uma faca com OD=1.11/16" que só conseguiu avançar até aproximadamente 40 metros; os dados do reservatório indicam uma pressão estática de 298 kgf/cm² e temperatura de 277 °F.

Para este trabalho foi especificado o hidrojateador pulsante de 2.1/8" configurado com ogiva R90D, utilizando 08 turbinas, 04 magnetos e by pass de 0,187" em conjunto com o separador de fases de 2.1/8" para manter a hidrostática baixa suficiente para que em momento algum a formação absorvesse fluido, sendo utilizado água industrial com uma vazão de 0.9 bpm, como fluido de trabalho, associado à injeção de nitrogênio à vazão de 250 scfm, para provê a recuperação da água e não amortecer o poço.

Por causa da necessidade de bombeio de fluido nitrificado foi agregado o separador de fases acima do hidrojateador, como o próprio nome já explica, esta ferramenta separa no fundo do poço as fases líquida da gasosa, permitindo que apenas o líquido siga para jateamento, enquanto que o gás é passado para o anular tornando a nitrificar o fluido retornado, figura 5.

A figura-05 mostra esquematicamente a composição do hidrojateador pulsante associado ao separador de fases.

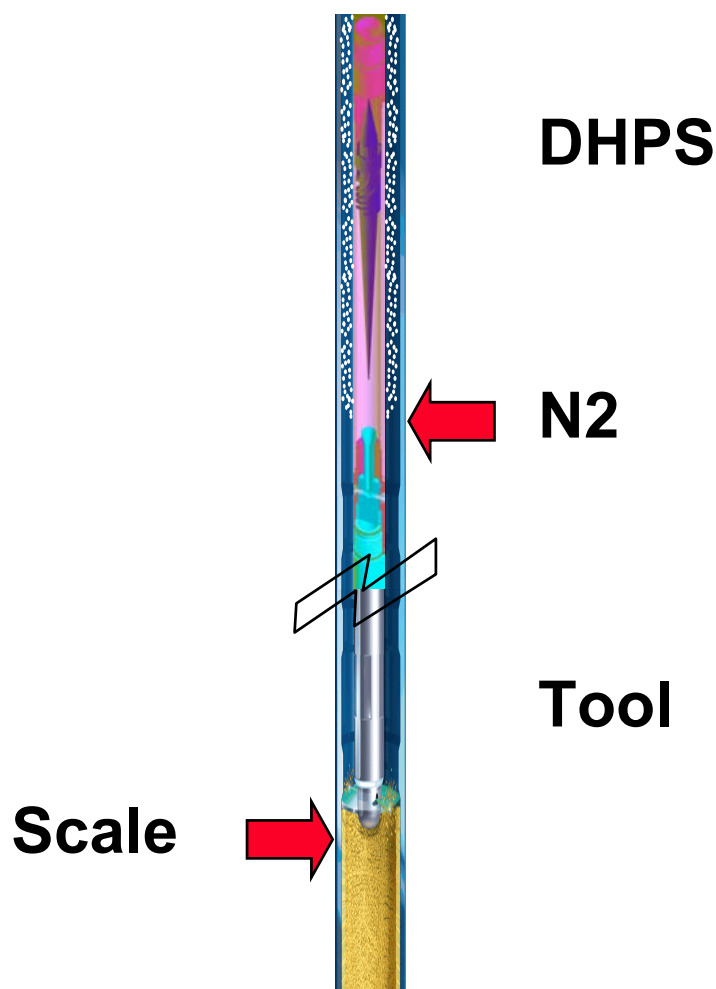


Figura-05: Separador de fases com o hidrojateador pulsante

Na descida foi encontrado resistência a partir de 42 metros sendo iniciado o jateamento a partir de então tendo-se avançado até o "niple no-go" localizado a 2988 metros, durante a descida foi realizado o repasse com solução ácida (ácido acético 5% + ácido fórmico 7%) na altura das camisas deslizantes, tendo assim também a ação química para proporcionar seu posterior acionamento com arame, sem problemas.

Após a desincrustação com o hidrojateador pulsante, foi realizado a gabaritação da coluna com uma descida de ogiva com OD=2.1/4" não sendo registrado resistência à sua descida, confirmando assim a desobstrução da coluna de produção. Seguem a Figura-06 e a Figura-07, que mostra o gráfico do peso e profundidade do flexitubo com o tempo e o gráfico das pressões e vazão de nitrogênio com o tempo, respectivamente.

A figura-06 mostra o gráfico do peso e profundidade do tubo flexível em função do tempo, durante a desincrustação da coluna do poço "B".

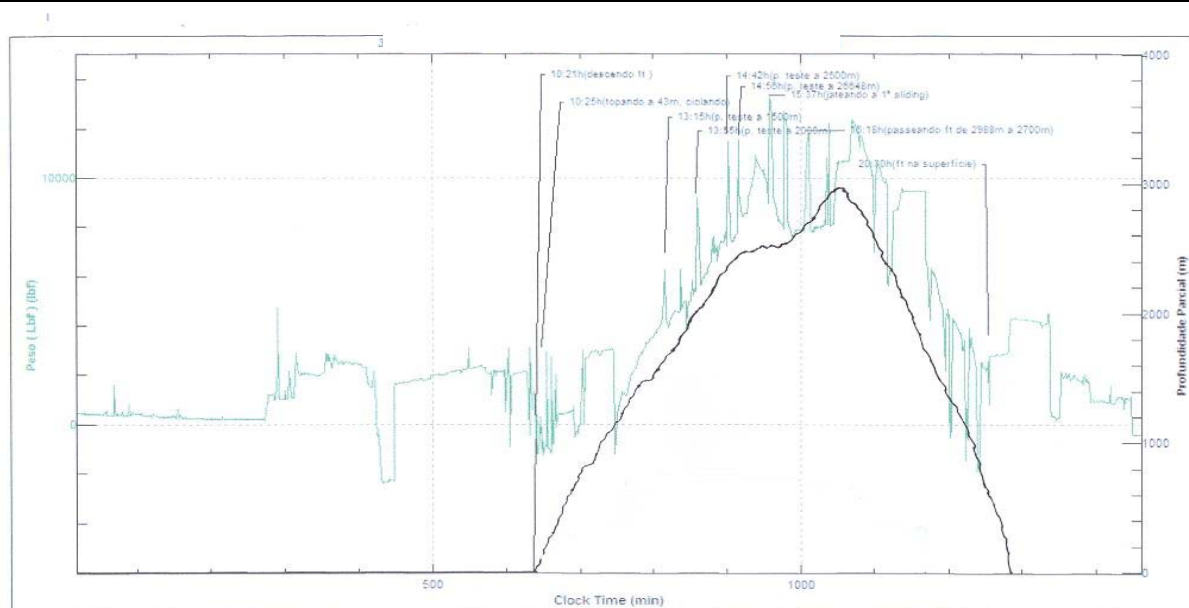


Figura-06: Peso e profundidade do flexitubo

A figura-07 mostra o gráfico da pressão de cabeça, pressão de circulação (Injeção) e a vazão de nitrogênio durante a desincrustação da coluna.

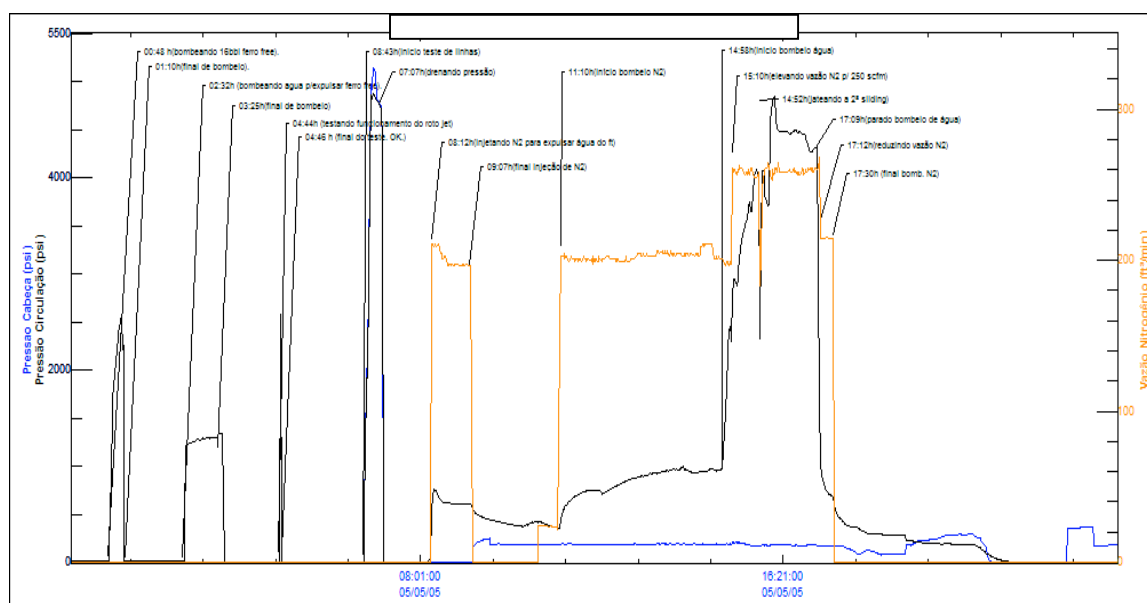


Figura-07: Pressões e vazão de nitrogênio

4. Desagregação de bauxita após “embuchamento” de fraturamento hidráulico

Este trabalho foi realizado em fevereiro/05, com a finalidade de desagregar a bauxita compactada, devido ao fraturamento hidráulico realizado no poço “C” onde foram utilizadas partículas deformáveis aditivada ao propante para evitar qualquer produção de propante, explicado por Rickards et al (1998), devido à compactação, várias tentativas de desagregar e remover a bauxita com emprego de métodos tradicionais foram realizadas: jateamento através de ogiva com retro-jatos e circulação de fluido de completação e/ou fluido viscoso, não se conseguindo avançar além de 1369 metros, tendo sido encontrado o topo da bauxita a 698 metros; Os dados do reservatório indicam uma pressão estática de 65 Kgf/Cm² e temperatura de 155 °F.

Para este trabalho foi especifica o hidrojeteador pulsante de 2.1/8” configurado com ogiva R45C, utilizando 08 turbinas, 06 magnetos e by pass de 0,175” em conjunto com o separador de fases de 2.1/8”, sendo utilizado fluido de

completação 8.9 lb/gal a uma vazão de 0.7 bpm, como fluido de trabalho, associado à injeção de nitrogênio à vazão de 200 scfm, para provê a recuperação do fluido e não amortecer o poço.

Na descida foi encontrado o topo da bauxita compactada a 1369 metros, a partir de onde foi iniciado o jateamento por ciclo de tensão e aprofundado até 1444 metros sem ser encontrada resistência à progressão, ao contrário da descida com ogiva que não conseguiu passar desta profundidade.

Após a desagregamento da bauxita com o hidrojeteador pulsante, foi recolhido o flexitubo à superfície e substituído o mesmo pela ogiva com retro-jatos para a conclusão da remoção da bauxita, ora já desagregada, não encontrando mais dificuldade de avanço até o fundo do poço. Seguem a Figura-08 e a Figura-09, que mostra o gráfico do peso e profundidade do flexitubo com o tempo e o gráfico das pressões e vazão de nitrogênio com o tempo, respectivamente.

A figura-08 mostra o gráfico do peso e da profundidade do flexitubo com o tempo, durante o desagregação de bauxita compactada no embuchamento após o fraturamento hidráulico

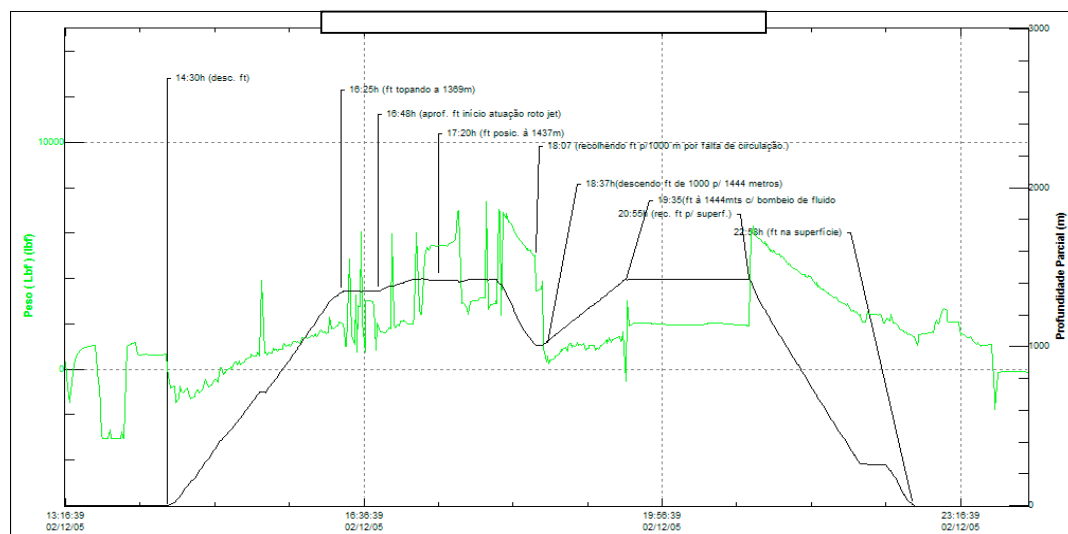


Figura-08: Peso e profundidade do flexitubo

A figura-09 mostra o gráfico da pressão de cabeça, pressão de circulação (Injeção) e a vazão de nitrogênio durante o desagregação da bauxita compactada no embuchamento durante o fraturamento hidráulico do poço

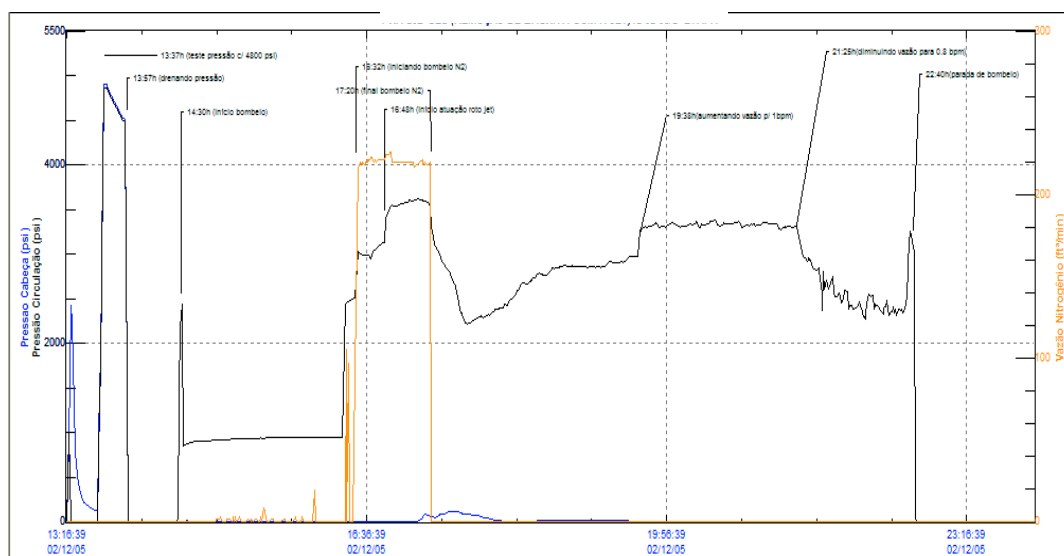


Figura-09: Pressão de cabeça, pressão de circulação e vazão de nitrogênio

5. Conclusão

- O hidrojateador pulsante é uma ferramenta de uso diversificado devido sua alta eficiência e versatilidade.
- O separador de fases permite o trabalho em poços com baixa pressão de reservatório sem causar o amortecimento do mesmo, devido ao fluido de trabalho.
- A sinergia entre o sistema ácido de único com a ferramenta de divergência de jato rotativo e pulsante resulta num tratamento mais eficiente e econômico até os que se praticavam.
- O ciclo de pressão gerado pelo hidrojateador é o ponto forte da ferramenta, capaz de desagregar incrustações sem a necessidade de ação química.
- A utilização do hidrojateador pulsante vem a cada dia sendo mais intensificada e transformando numa unanimidade para estes tipos de serviços.
- Devido ao jateamento localizado, esta ferramenta também pode ser usada para divergência em tratamentos químicos.
- A utilização do hidrajateador pulsante na remoção de incrustação ou limpeza de gravel pack representa uma importante economia na vida dos poços, pois ele permite a limpeza da coluna ou gravel pack sem que seja necessário retirar ou trocar a coluna, e ainda evitar custos extras com armazenagem destas colunas antigas, que podem ser consideradas materiais radioativos, caso a incrustação seja por sulfato de bário e/ou sulfato de estrôncio.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à BJ Services pela permissão para publicar este paper.

7. Referências

- CAMPBELL, A., BRUNSKILL, D., “Advances in coiled tubing jetting technology”, SPE paper 60821, apresentado no SPE Coiled Tubing Roundtable em Houston, EUA, 5 a 6 Abril de 2000
- DI LULLO, G., RAE, P.: “A New Acid System for True Stimulation of Sandstone Reservoirs” SPE paper 37015 apresentado no SPE International 6th Asia Pacific Oil and Gas Conference apresentado em Adelaide, Australia. 28 a 31 de outubro de 1996.
- MELO, A. B., MELO, R. C. B. E FERREIRA, A. S.: “Deformable Particle used on fracturing applications, northeast Brazil”, apresentado no V Ingepet 2005, em Lima – Peru, Nov. 2005.
- RICKARDS, A., LACY, L., BRANNON, H., STEPHENSON, C. AND BILDEN, D.: “Needs stress relief? A new approach to reducing stress cycling induced proppant pack failure”, SPE paper 49247 prepared for the SPE ATCE in New Orleans, LA, Oct 1998.