

INOVAÇÕES EM BROCA: UTILIZAÇÃO DE JATO DE ÁGUA COM ALTO CONTEÚDO ENERGÉTICO E ALARGADORES MECÂNICOS COMO PRINCÍPIO DE ESCAVAÇÃO

Rafael Pacheco dos Santos (1); Lidiani Cristina Pierri (2); Jair José dos Passos Junior (3); Anderson Moacir Pains (4); Marcos Aurélio Marques Noronha (5)

- (1) Brabo Indústria e Comércio Ltda - rafael.santos@brabotech.com
- (2) Brabo Indústria e Comércio Ltda - lidiani.pierri@brabotech.com
- (3) Brabo Indústria e Comércio Ltda - jair.passos@brabotech.com
- (4) Brabo Indústria e Comércio Ltda - anderson.pains@brabotech.com
- (5) Universidade Federal de Santa Catarina - marcos.noronha@ufsc.br

Resumo: A indústria do petróleo envolve milhões de dólares na perfuração de um poço de petróleo e a busca por redução de custo é incessante. Uma das alternativas mais investigadas é a redução do tempo de perfuração através da melhora nos índices de taxa de perfuração. Nesse contexto inovações no setor de brocas de perfuração são muito bem vindas. Uma inovação radical, que já é analisada desde a década de 1970, é a utilização do jato d'água de alto conteúdo energético juntamente com partículas abrasivas no processo de escavação. Isso já é implementado atualmente na grande maioria das operações, mas sempre com o jato atuando como papel secundário. Utilizando a metodologia de desenvolvimento de projeto PRODIP, desenvolvida pela Universidade Federal de Santa Catarina, é proposto um conceito de broca que utiliza o jato como princípio fundamental e alargadores mecânicos para a definição final do diâmetro do poço. A ideia é fragilizar o terreno através da execução do pré-furo e permitir que os alargadores mecânicos escavem apenas as bordas, reduzindo significativamente o desgaste mecânico. Esse processo é então repetido mais uma vez e o diâmetro final é atingido. O desenvolvimento de maneira sistemática de um conceito baseado em inovações radiais, balizado por requisitos de projeto que valorizam maior eficiência e um ciclo operacional diferenciado que permite a redução do consumo de insumos e peças além da redução de tamanho e peso agrega à engenharia e indústria de petróleo. Apesar de não completamente dimensionado, esse conceito mostrou-se simples e factível de ser testado.

Palavras-chave: Broca, Corte por jato d'água, Alargadores

1. Introdução

A busca por melhores desempenhos e menores custos é incessante na indústria do petróleo. Quando o assunto é execução de poços, esse desejo transformasse em pressão por

perfurar cada vez mais rápido. Isso devesse ao fato de que parte significativa do tempo de uma sonda é gasto com operações de perfuração.

Um estudo realizado pelo renomado Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Massachusetts Institute Technology - MIT) em parceria com o Instituto de tecnologia de Gás (Gas Technology Institute – GTI) dos Estados Unidos mostrou que mais do que um terço do tempo gasto em campo é utilizado em atividades de perfuração. Isso se torna ainda mais significativo em poços ultra-profundos cujo tempo supera os 50% do total em campo (Andersen, 1990). Logo a redução do tempo de perfuração significa redução no tempo de sonda e por conseqüência redução nos custos totais. Essa lógica movimenta tanto indústria quanto academia na busca por melhores índices de taxa de penetração (Rate of Penetration – ROP), principal indicador da eficiência do processo de perfuração.

Segundo Cohen (2005), apesar das diversas abordagens consideradas para melhora do ROP, a grande maioria foi julgada inviável. Geralmente os modestos incrementos de desempenho são ofuscados por incrementos mais significativos no tempo de manutenção. Uma exceção foi a utilização de jatos d’água de alta pressão na interface de escavação. Atualmente essa prática é corriqueira e tem como objetivo reduzir a temperatura além de lubrificar e remover os detritos da frente de escavação.

Já a tecnologia de “Perfuração por Jato d’água” (em inglês *Jet Kerf Drilling – JKF*) tem uma abordagem diferente. Ela tem como objetivo a redução da resistência do material escavado pela transferência de energia através do jato, fragilizando, dessa forma, a frente de perfuração e permitindo que sistemas mecânicos (especialmente projetados) executem a função de escavação com maior velocidade e com menor desgaste.

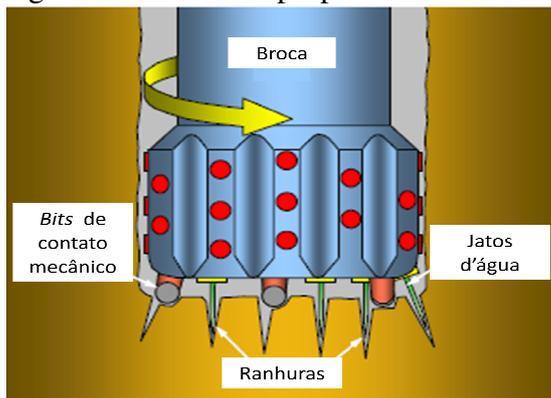
Segundo Cohen (2005) a Perfuração por jato d’água teve e continua tendo potencial para compor, juntamente com outras tecnologias de contato mecânico, uma broca cuja taxa de penetração apresente significativos incrementos. Esse fato estimula desde a década de 50 do século passado diversas investigações.

A primeira abordagem foi conduzida por engenheiros soviéticos que mostraram a eficiência do jato d’água em auxiliar o corte de rochas por *bits* mecânicos, culminando na comprovação da aplicabilidade da tecnologia no auxílio do processo de escavação em escarificadoras comerciais.

O uso do jato d’água na indústria do petróleo teve desenvolvimento paralelo. O trabalho de Maurer et al. (1973) foi um marco para esse desenvolvimento. Ele propôs um conceito de broca que faz uso de jatos d’água e *bits* mecânicos na região de contato entre

broca e rocha. A ideia é criar ranhuras no material escavado pela ação de diversos bicos de jato d'água. Essas ranhuras, por sua vez, são esmagadas e arrancadas pela ação dos bits posicionados na face inferior da broca. Como os bits mecânicos encontram o material previamente fragilizado pela ação do jato d'água, o desgaste mecânico é significativamente menor. Essa proposta é ilustrada na figura 01.

Figura 01 - Conceito proposto em Maurer



Fonte: Adaptado de Maurer et al. (1973)

Segundo Cohen (2005), nas décadas de 60 e 70 as empresas Exxon, Shell e Gulf realizaram um enorme levantamento experimental que mostrou que jatos d'água a pressão de 10.000 a 15.000 psi podem aumentar a taxa de penetração de duas ou quatro vezes. A Exxon, mais especificamente, conduziu testes em campo que comparou a taxa de penetração de brocas cônicas móveis, brocas fixas e uma broca que continha apenas bicos de jato d'água como tecnologia de perfuração. Os resultados mostraram que o desempenho do conceito com jato d'água foi superior. Em um dos testes realizado em um poço no leste do Texas, uma broca composta de apenas de bicos de jato d'água perfurou de 2.400 até 6.000 metros em apenas 24 horas enquanto a sua similar de contato mecânico precisou de 67 horas. Na década de 80 e 90 o destaque foi para a empresa FlowDrill que desenvolveu um sistema com *drill pipes* concêntricos para bombeamento de fluidos a ultra pressão (Maurer, 1986).

Extensivos vazamentos e o alto consumo energético registrado nos testes em campo impediram a continuidade no processo de desenvolvimento da tecnologia. Atualmente esses problemas são minimizados por uma nova geração de bombas (mais eficientes) e o desenvolvimento de tubos contínuos (*coiled tubing* - CT).

O presente trabalho visa propor um novo conceito de broca que utiliza jato d'água e abrasivo injetado que, com alta pressão e vazão, fragiliza a interface de perfuração que

posteriormente será escavada por dois estágios de alargadores mecânicos. Baseado no trabalho apresentado por Lu et al. (2013), o conceito encontra-se no processo de detalhamento e análise numérica.

2. Metodologia

Atualmente reconhece-se que as decisões tomadas no início do processo de desenvolvimento do produto têm papel fundamental na manufatura, qualidade e custos finais do produto. Segundo Back et al. (2008) as influências negativas da definição incorreta dos requisitos sobre o processo de decisão e a definição inadequada da função de projeto sobre a funcionalidade exemplificam a importância de um processo de desenvolvimento que minimize decisões empíricas ou por tentativa e erro.

Com esse objetivo vários métodos foram propostos para diversos setores industriais e tipos de desenvolvimento. Dentre eles destaca-se o modelo proposto por Romano (2003) e revisado por Leonel (2006) que sistematiza as pesquisas realizadas pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NEDIP) da UFSC denominado PRODIP (Processo de desenvolvimento integrado de produtos). Esse modelo, como mostra a figura 02, é dividido em oito etapas distribuídas em três macrofases: Planejamento, Projetação e Implementação

Enquanto a macrofase de Planejamento preocupa-se com os processos de planejamento do projeto, que considera as ações para a elaboração do plano de projeto, visando orientar o desenvolvimento do produto e suas demais fases. A macro-fase de Projetação envolve os processos para elaboração do projeto do produto, ou seja, a transformação das informações de necessidades em informações técnicas detalhadas da solução proposta. Esta macrofase é composta pelas etapas de projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. (Back et al., 2008)

Como ilustra a figura 01 o objetivo do desenvolvimento proposto é apenas definir novos conceitos, as etapas de projeto preliminar e detalhado da macrofase de Projetação e todas da macrofase de Implantação e Planejamento de projeto não fazem parte do escopo do trabalho. Os métodos e ferramentas utilizados para as etapas do projeto informacional e conceitual do desenvolvimento do projeto juntamente com seus respectivos propósitos são mostrados na tabela 01.

Figura 2 - Etapas do desenvolvimento adotadas

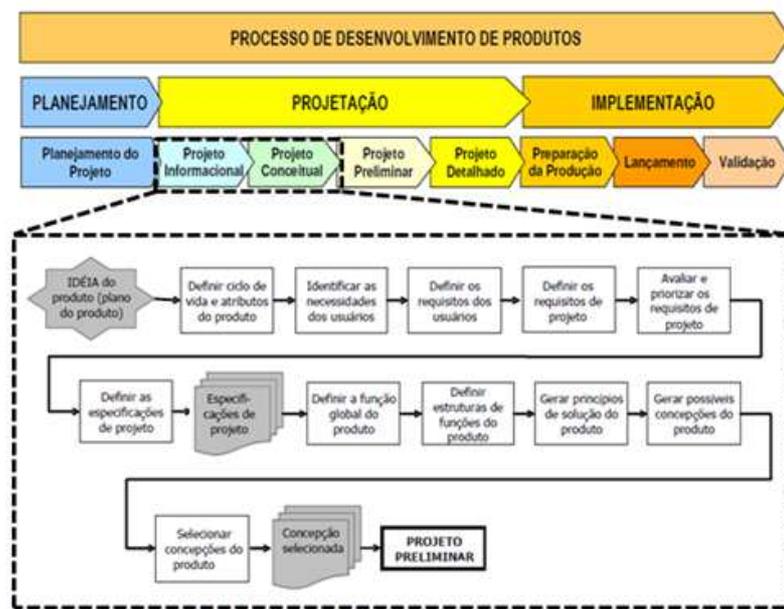


Tabela 1 - Métodos e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do projeto

Macrofase	Etapas	Métodos	Resultado da etapa
Projeto informacional	Ciclo de vida e atributos do produto	Reunião de projeto e brainstorming	Definição do ciclo de vida e principais atributos
	Identificar as necessidades dos usuários	Reuniões de projeto, brainstorming e revisão de material publicado	Identificação dos principais usuários e definição das suas necessidades
	Definir os requisitos dos usuários	Classificação apresentada em (Back, 2008)	Requisitos de usuário
	Definir os requisitos de projeto	Reunião de projeto e brainstorming	Requisitos de projeto e obrigatoriedade

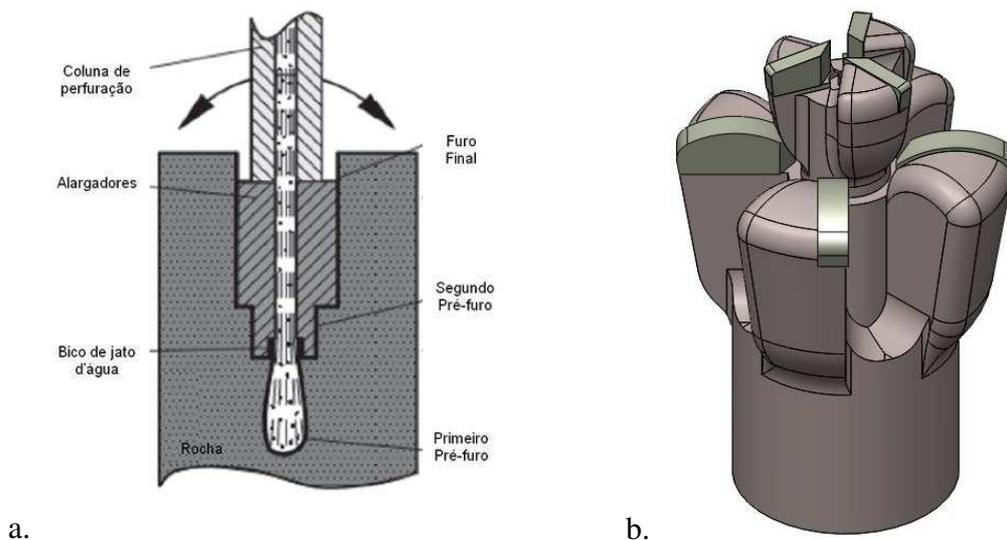
	Avaliar e priorizar os requisitos de projeto	Casa da qualidade do método QFD (<i>Quality Function Deployment</i>)	Ponderação dos requisitos de projeto
	Definir as especificações de projeto	Reunião de projeto	Especificações de projeto
Projeto conceitual	Definir a função global do produto	Síntese funcional	Estabelecer função global de projeto identificando entradas e saídas
	Definir a estrutura de subfunções de produto	Síntese funcional	Estabelecer estrutura de subfunções e suas relações com as grandezas de entrada
	Gerar princípios de solução do produto	Métodos gerais de criatividade (<i>brainstorming</i> , pesquisa de patentes, etc...)	Soluções para as diversas subfunções
	Gerar possíveis concepções do produto	Combinação das soluções através da Matriz morfológica	Definição das possíveis concepções
	Selecionar concepções do produto	Exame “Passa ou Não Passa” e função mérito	Classificação das concepções quanto a adequabilidade à função de projeto

3. Resultados e Discussões

As tecnologias atuais de brocas exigem que a tensão máxima de compressão ou a tensão máxima de cisalhamento sejam superadas para que a rocha seja desagregada. Tal fato produz um desgaste excessivo nos componentes em contato com a rocha além de exigir um alto torque na coluna de perfuração. Uma abordagem que permite a redução desses inconvenientes é a execução de um pré-furo seguido por um processo de alargamento mecânico, como mostra a figura 03.a.

A ideia é fragilizar o terreno através da execução do pré-furo e permitir que os alargadores mecânicos escavem apenas as bordas, reduzindo significativamente o desgaste mecânico. Esse processo é então repetido mais uma vez e o diâmetro final é atingido. O modelo tridimensional do conceito é mostrado na figura 03.b.

Figura 3 - Princípio de funcionamento do conceito



Ele é formado por dois estágios de alargadores, com três e quatro dentes respectivamente. Cada dente, por sua vez, possui uma pastilha de usinagem fabricada em carbeto de tungstênio com alto nível de resistência à abrasão. Enquanto os ângulos de ataque e saída são de 10 e 4 graus, os diâmetros do pré-furo e dos estágios são 1, 3 e 6 polegadas.

4. Conclusão

Apesar de não dimensionado, o conceito baseado em inovações radicais e elaborado

de uma maneira sistemática mostrou-se simples e factível de ser testado. Balizados por requisitos e especificações voltados para aprimoramento do desempenho da broca, o conceito renega algumas das principais características das brocas tradicionais e posiciona-se como conceito alternativo aos apresentados no âmbito da tecnologia de “perfuração por jato d’água.” O ciclo operacional adotado também é uma significativa contribuição do trabalho e pode ajudar em posteriores desenvolvimentos. Por fim, o conceito mostra-se racional e capaz de ser testado.

Agradecimentos

Os autores agradecem pelo suporte financeiro concedido pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) através do projeto N° 0112051100.

Referências

- ANDERSEN, E. Deep Drilling Basic Research – Final Report. Gas Research Institute Report GRI-90/02665.1, by Maurer Engineering Inc., 1990
- BACK, N. et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Malone, 2008.
- COHEN, John Hall et al. High-pressure jet kerf drilling shows significant potential to increase ROP. In: **SPE Annual Technical Conference and Exhibition**. Society of Petroleum Engineers, 2005.
- LEONEL, C. E. L. Sistematização do processo de planejamento da inovação de produtos com enfoque em empresas de pequeno e médio porte. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. (Dissertação de Mestrado)
- LU, Y. et al. Hard rock drilling technique with abrasive water jet assistance. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, n. 60, p. 47-56, 2013.
- MAURER, W.C. et al. High-pressure drilling. *Journal of Petroleum Technology*, v. 25, n. 07, p. 851-859, 1973.
- MAUER, W. C. et al. Laboratory Testing of High-Pressure, High-Speed PDC Bits. In: **SPE Annual Technical Conference and Exhibition**. Society of Petroleum Engineers, 1986.
- ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. (Dissertação de Mestrado)