

Supervisão e controle dos métodos e variações do gerenciamento da pressão na perfuração de poços (MPD) - estudo comparativo de aplicabilidade e implantação de software.

Luan Victor Feitosa Silva (1); Anderson do Nascimento Pereira (2)

(1) Universidade Federal de Alfenas, lvictorbr92@gmail.com;

(2) Centro Universitário Monte Serrat Inserir anderson.pereira@unimonte.edu.br.

Resumo: A necessidade de permitir o melhor uso dos poços em cenários cada vez mais desafiadores impulsiona as empresas na exploração e produção de petróleo e gás a desenvolver novas tecnologias para resolver as principais dificuldades operacionais encontradas durante a perfuração de um poço. O presente estudo compara a aplicabilidade dos principais métodos de gerenciamento de pressão durante a perfuração e explica as técnicas adotadas para controlar os *kicks*. O estudo também envolve o desenvolvimento de um software de controle para a simulação da variação de pressão no poço durante a perfuração não convencional. Isso permite melhores dados de monitoramento de desempenho, que são coletados em cada estágio do processo de perfuração. Com a ajuda desta informação, além das consultas a algumas empresas e pesquisadores, o objetivo é formar uma base robusta e gerar fidelidade, confiabilidade e aplicabilidade do software desenvolvido. O *AutoCAD*® versão 2013 foi o *software* usado para construir o diagrama do processo de controle e gerenciamento de pressão durante a perfuração, enquanto o *InduSoft* foi usado para simular a variação de pressão durante a perfuração. A partir do estudo de casos reais envolvendo o uso de diferentes métodos de pressão gerenciada (MPD), o trabalho realizou um levantamento dos principais cenários favoráveis para cada método, identificando as vantagens e limitações envolvidas em cada aplicação. No presente estudo foram realizadas comparações para permitir a apresentação de uma metodologia mais eficiente para a perfuração em cenários difíceis e complexos, como as camadas pré-sal e a reativação de áreas abandonadas devido a métodos convencionais ineficientes.

Palavras-chave: Controle, Perfuração, Petróleo.

Introdução

Este estudo tem por finalidade fazer uma comparação entre os métodos de perfurações de poços, levando em consideração os seus aspectos geológicos e operacionais, discutir os resultados encontrados para idealizar um diagrama de processo do método de gerenciamento de pressão durante a perfuração de um poço e por fim, simular e entender a técnica *Managed Pressure Drilling* (MPD).

As empresas do setor petrolífero, no que diz respeito à área tecnológica, sempre buscaram novos métodos para enfrentar as dificuldades encontradas a cada etapa da exploração. Para Teixeira, 2011, desde o início, a partir da perfuração utilizando-se o método percussivo, houve a necessidade em se avançar neste tipo de tecnologia – comum em todo poço então perfurado – para um método que pudesse ser mais produtivo com menor custo. A perfuração pelo método percussivo apresentava grandes limitações, entre elas estava a necessidade do aumento da

produtividade da exploração, que forçava a aplicação de novas tecnologias, gerando então, a perfuração rotativa, o que culminou com o desenvolvendo de brocas mais resistentes. Com o início da utilização dos aparatos rotativos, a estabilidade do poço passou a ser delineada com a implantação de fluidos de perfuração, ganhando assim grande notoriedade. Considerando que todos os poços até então em prospecção eram, intencionalmente, sobre-balanceados ou overbalanced, ou seja, possuíam a densidade equivalente de circulação do fluido (ECD – equivalent circulation density) sempre maior do que ao gradiente de poros da formação. Esse tipo de perfuração foi utilizado por décadas, sendo bem-sucedida em diversos poços (TEIXEIRA, 2011).

A necessidade constante de aprimorar e buscar a redução dos custos e um melhor aproveitamento dos poços em cenários cada vez mais desafiadores induz a indústria petrolífera a investir em novas tecnologias e, recentemente, têm desenvolvido novos métodos e equipamentos para suprir algumas dificuldades operacionais tais como: estabilidade de poço, controle e segurança de poço, redução do tempo não-produtivo (NPT - non production time), presença de barreiras geológicas e janela operacional estreita. Destacam-se entre as novas tecnologias: perfuração de alto alcance (ERD – *extended reach drilling*), perfuração com revestimento (DWC – *drilling with casing*), perfuração sub-balanceada, ou underbalanced (UBD – *underbalanced drilling*), *mud Cap Drilling* (MCD) e *managed pressure drilling* (MPD) (VEENINGEN D. et al, 2013).

Atualmente, uma das mais promissoras tecnologias, que podem minimizar esta demanda e a redução dos riscos operacionais e ambientais é o *Managed Pressure Drilling* – MPD. Segundo o Hannegan D. 2005, o MPD é uma técnica em que, por meio do poço, a pressão hidráulica do anular pode ser controlada de forma precisa, com o auxílio de ferramentas e técnicas de perfuração que limitem a pressão de fundo, permitindo a drástica redução dos problemas operacionais comumente encontrados, alcançando assim os objetivos que antes eram inviáveis, ou seja: uma produtividade crescente e constante, podendo ser uma das soluções tecnológicas para superar as dificuldades operacionais citadas no parágrafo anterior.

A partir desta pesquisa procurou-se esclarecer se o MPD realmente é uma técnica promissora e eficaz para o processo de perfuração. Para isso, serão apontados algumas das suas características comparando-as com outros métodos de perfuração conhecidas.

Metodologia

Com os dados teóricos retirados da literatura utilizada foram elaboradas duas tabelas, nas quais foram comparados os principais cenários favoráveis a cada técnica de perfuração e os desafios envolvidos em cada caso, com isso verificou-se individualmente de forma didática a aplicabilidade de cada método, assim garantindo uma fidelidade do *software* de supervisão e controle do processo de perfuração com a técnica MPD.

Para a construção do diagrama do processo de controle e gerenciamento da pressão durante a perfuração (MPD) foi utilizado o programa *AutoCAD*® versão 2013 (licença estudantil) para garantir a confiabilidade na hora da construção do *software*.

Com o diagrama pronto, a elaboração do supervisório de controle fica mais fácil, uma vez que já se tem o conhecimento de como o processo funciona. O passo seguinte foi a elaboração do supervisório de controle, utilizando o programa *InduSoft Web Studio*® v6.1, nele foi possível idealizar as telas de simulação e monitoramento possíveis para a observação e aprendizado.

Por último, utilizou-se a ferramenta *Simulink* do *MatLab* para gerar a perturbação de um *kick* e estabilizá-lo com uma configuração similar à da técnica MPD.

Resultados e Discussão

A técnica MPD e suas variações vêm sendo utilizadas de forma crescente mundialmente na perfuração de poços offshore. São tecnologias consideradas bastantes promissoras e muitas delas ainda estão em fase de aprimoramento. Por meio da Tabela 1 observam-se algumas características particulares de cenários baseados na preservação do reservatório.

Tabela 1 - Tabela comparativa das técnicas de perfuração a partir de aspectos de reservatório

Cenários	MPD	(MCD)	(UBD)
Diminuição de dano no Reservatório	Possui o objetivo evitar danos ao poço (HANNEGAN D., 2005).	Possui o objetivo evitar danos ao poço (GOODWIN B. et. Al. 2014)	Possui o objetivo evitar danos ao reservatório (VEENINGEN D., et. al., 2013)
Reservatórios com fraturas e cavernas	Evita o kick (GODHAVN J. et. al., 2009).	Essencial à utilização do fluido de sacrifício (GOODWIN B. et. Al. 2014)	Controla o kick (VEENINGEN D., et. al., 2013)
Reservatórios Depletivos	Mantém o controle preciso do poço (HANNEGAN D., 2005).	Muita eficiência mantendo a produção viável econômico e operacionalmente (GOODWIN B. et. Al. 2014)	Eficiente, mantendo a produção viável (VEENINGEN D., et. al., 2013)

Nos cenários apresentados na Tabela 1, a técnica *Mud Cap Drilling* se mostra economicamente viável a ser aplicada, uma vez que ela assume algumas propriedades do UBD e MPD. Goodwin (2014), descreve isso em sua pesquisa “*Mud Cap Drilling: New Variations, Drives, Limitations and Lessons Learned - Case Histories*”, relatando que em cenários onde o reservatório possui fraturas ou cavernas a técnica MCD injeta um fluido de sacrifício por meio da coluna de perfuração e a integridade do poço é garantida por uma capa de fluido que é mantida no anular. A técnica possibilita uma perfuração sem retorno de fluidos e cascalhos para a sonda de perfuração uma vez que ambos são bombeados para dentro de formações que apresentem altas permeabilidades como zonas com fraturas ou com cavernas.

Contudo, a questão não é apenas controlar influxos impulsivos de pressão é também evitar que eles aconteçam, com isso a preservação do poço e do reservatório pode ser mantida se as técnicas de MPD e UBD fossem aplicadas juntas. Hannegan (2005) descreve bem a vantagem em utilizar a técnica de MPD durante uma perfuração convencional, falando que essa técnica mantém a integridade do poço.

O MPD se destaca em relação às outras técnicas de perfuração não convencional, Hannegan (2005), em seu artigo “*Managed Pressure Drilling in Marine Environment – Case Studies*” fala que uma vez que incrementa a técnica desenvolvida no *underbalanced drilling*, ela viabiliza e reduz o tempo não produtivo (NPT) frente aos diversos problemas operacionais encontrados como perda severa de circulação. Desta forma, contribui significativamente para uma perfuração segura, econômica e eficiente.

A Tabela 2 compara as técnicas citadas na Tabela 1, porém comparando o MPD com outros dois métodos de perfuração baseado em seus aspectos operacionais.

Tabela 2 - Tabela comparativa das técnicas de perfuração a partir de aspectos operacionais

Cenários	MPD	MCD	UBD
Baixa taxa de penetração (RPO)	Melhora RPO (HANNEGAN D., 2005).	-	Aumenta o RPO (VEENINGEN D., et. al., 2013).
Estreitas janelas de operação	Mantém a estabilidade do poço (HANNEGAN D., 2005).	-	Mantém a estabilidade do poço (VEENINGEN D., et. al., 2013).
Deteção Antecipada de Influxo	Evita influxos (GODHAVN J. et. al., 2009).	-	Permite influxos controlados para evitar danos ao reservatório (VEENINGEN D., et. al., 2013).

Perda de Circulação	Evita perdas excessivas de lama de perfuração (HANNEGAN D., 2005).	Evitar tempo de inatividade causado pelas perdas (GOODWIN B. et. Al. 2014).	Mantem um controle das perdas de circulação (VEENINGEN D., et. al., 2013).
Prisão por Pressão Diferencial	Evita a prisão por pressão diferencial (HANNEGAN D., 2005).	-	Evita a prisão por pressão diferencial (VEENINGEN D., et. al., 2013).
Rig choke	Necessita de Rig choque (GOODWIN B. et. Al. 2014; HANNEGAN D., 2005 e VEENINGEN D., et. al., 2013).		
Choke de Perfuração	Necessita de uma válvula choque (GOODWIN B. et. Al. 2014; HANNEGAN D., 2005 e VEENINGEN D., et. al., 2013).		
RDC (Rotating Control Device)	Necessita de um RDC (GOODWIN B. et. Al. 2014; GODHAVN J. et. al., 2009 e VEENINGEN D., et. al., 2013).		
Flare	Devido a altas fraturas ou variação de pressão é necessária a utilização do flare para segurança operacional (GOODWIN B. et. Al. 2014; HANNEGAN D., 2005 e VEENINGEN D., et. al., 2013).		
Separador	Necessário em reservatórios com elevadas depleções (HANNEGAN D., 2005).	Necessário para que haja uma redução da quantidade de líquido em caso de influxo (GOODWIN B. et. Al. 2014 e VEENINGEN D., et. al., 2013).	

Nota-se, por meio da Tabela 2 que a técnica MPD se destaca, em comparação as outras, uma vez que incrementa a técnica desenvolvida no *Underbalanced Drilling*, viabilizando a redução do tempo não produtivo (NPT) frente aos diversos problemas operacionais encontrados como perda severa de circulação. De acordo com Godhavn (2009), em sua pesquisa “*Control Requirements for High-End Automatic MPD Operations*”, também explana a técnica MPD como um método que contribui significativamente para uma perfuração segura, econômica e eficiente, uma vez que ela evita descontrolados provenientes do reservatório, podendo assim impedir o risco de acidentes ou até mesmo a perda total de uma plataforma de petróleo.

Além dos aspectos operacionais de uma perfuração, os aspectos geológicos também precisam ser levados em consideração. Assim como a perfuração de poços na área do pré-sal brasileiro, este ambiente é o principal exemplo prático onde são encontrados cenários desafiadores. Pois além da alta profundidade dos objetivos as diferentes barreiras geológicas como domos salinos espessos, falhas e fraturas apresentam permeabilidade muito baixa (RICCOMIN C., 2012). Outra questão importante é a complexidade envolvida para perfurar reservatórios carbonáticos. Estes reservatórios são bem heterogêneos e apresentam regiões cavernosas e com fraturas que podem gerar perdas significativas de circulação durante a perfuração.

O layout de um diagrama de processo de perfuração depende de diversos fatores, tais como os próprios cenários de perfuração, podendo ser sistemas de perfuração mais simples ou

sistemas em um ambiente de perfuração mais árduo, benigno e indulgente em que possui a necessidade da implantação de um sistema mais robusto e mais complexo quando o poço apresenta maiores riscos ao meio ambiente e a segurança. A seguir uma planta de processo relacionando o MPD com o UBD foi desenvolvida, conforme Figura 1.

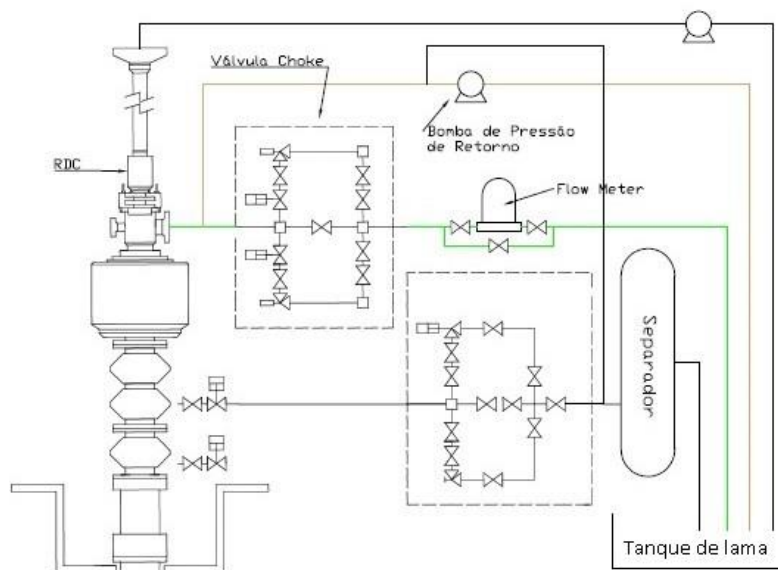


Figura 1 - Diagrama do processo de gerenciamento de pressão MPD

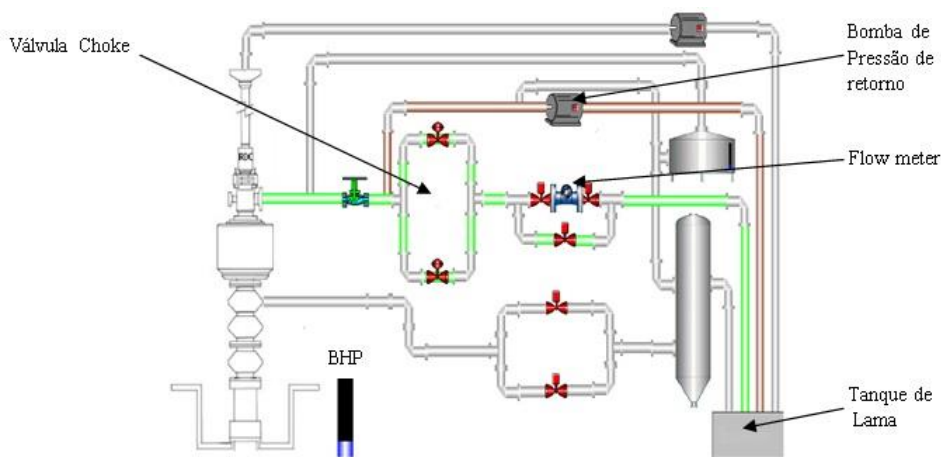


Figura 2 - Malha de controle de um processo de perfuração de petróleo envolvendo a técnica MPD, à esquerda, e a tela do supervisor de controle MPD à direita.

A Figura 2 demonstra um supervisor de controle básico do processo de perfuração utilizando a técnica MPD. Este *software* estabelece uma equivalência entre o valor à pressão de fundo de poço (BHP) e a pressão de formação (PDF) para que seja possível evitar um *kick*. Com esse supervisor pronto, o resultado obtido foi a percepção da importância da válvula *choke* no controle do sistema, podendo ela ser considerada como o coração do método do

gerenciamento de pressão durante a perfuração, pois é por meio dela que o controle de fluxo é feito.

Durante a perfuração simulação da perfuração a bomba leva o fluido do tanque de lama e enviado até a válvula *choke*. Tanto a bomba quanto o motor são controlados pelo sistema automatizado, que utiliza uma combinação de baixas taxas de desconto na válvula *choke* para criar a pressão de retorno adicional necessária para manter uma pressão constante do fundo do poço. Na Figura 3 esse distúrbio pode ser observado por meio de uma tela de tendência criado pelo simulador e registrado, com isso o controle pode ser feito a tempo para que o *kick* seja estabilizado.

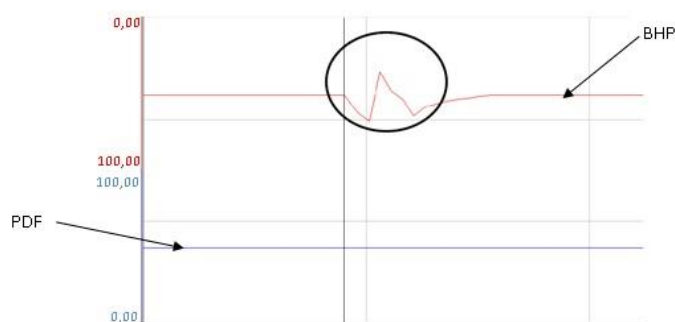


Figura 3 - Simulação da alteração do BHP com o tempo no processo MPD, mostrando que com o tempo as pressões entre o BHP e a pressão de formação se equalizam (PDF).

A partir do estudo das técnicas de gerenciamento da pressão durante a perfuração, pode-se perceber que o método de gerenciamento de pressão durante a perfuração de um poço de petróleo apresenta uma enorme centralidade na continuidade efetiva da exploração na área do pré-sal brasileiro, podendo assim garantir as grandes expectativas na produção de óleo e gás.

Conclusões

Este estudo teve a oportunidade de analisar e apontar as diferentes técnicas de perfuração, notadamente as variações e diferenças dos métodos de perfuração com a técnica de MPD. Em vista disso, constata-se que a tecnologia de perfuração por MPD possui uma margem de atuação mais abrangente no que diz respeito à perfuração de poços *onshore* e *ofshore*, sanando as questões críticas de operacionalidade. Assim, o MPD destaca-se como uma ferramenta uníssona e praticamente unânime no meio petrolífero, não com o intuito de substituir as tecnologias mais comumente usadas nas últimas décadas (como o UBD - que é uma técnica que agrega um custo menor no processo de perfuração) e sim em um modelo que agrega valor.

Conclui-se também que, apesar das inúmeras vantagens do MPD, este não deve ser aplicado em todo e qualquer poço, tampouco em toda e qualquer situação de risco na

perfuração. Ele é mais uma ferramenta, uma alternativa, em que os processos de perfuração com o UBD não são suficientemente hábeis em driblar nas seções críticas e de difícil acesso do poço. As diversas variações de MPD podem sim tornar rentáveis o processo de perfuração, em consequência do aumento da segurança e precisão deste processo, notadamente no controle de pressão do poço e das lacunas a serem preenchidas não só ante as prováveis dificuldades de se controlar o poço com fluídos multifásicos, mas também diante das grandes profundidades preexistentes para se alcançar novos poços, para que o retorno da lama possa ser manuseado com sucesso.

A técnica do MPD abre novos horizontes permitindo a reativação de áreas abandonadas pela ineficiência da perfuração por meio dos métodos convencionais. Com os novos aparatos tecnológicos, o desenvolvimento dos processos de perfuração tem se tornado cada vez mais rentáveis e forçosamente gera a necessidade de implantação de um supervisor de controle, devido ao aumento da amplitude do raio de visão do operador e auxílio no monitoramento do processo, atuando como uma ferramenta facilitadora na tomada de decisão.

Referências

GOODWIN B., NAUDURI S.; MEDLEY G. SIGNA ENGINEERING CORP. Mud Cap Drilling: New Variations, Drives, Limitations and Lessons Learned - Case Histories. Inc. SPE/IADC Managed Pressure Drilling and Underbalanced Operations Conference and Exhibition Held in Madrid, SPE 168956 – MS, 2014 1 – 7p.

GODHAVN J. M.; SPE, STATOILHYDRO ASA. Control Requirements for High-End Automatic MPD Operations. Inc. SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition held in Amsterdam, The Netherlands. SPE 119442, 2009. 1 – 15p.

HANNEGAN, D.: “Managed Pressure Drilling in Marine Environment - Case Studies” paper SPE 92600 presented at the 2005 SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, The Netherlands 23 – 25 February.

RICCOMIN, C., SANT’ANNA, L. G., & TASSINARI, G. (2012). Pré-sal: geologia e exploração. revistausp, 10.

TEIXEIRA, MARIO L. M. R., Estudo de caso sobre a escolha e utilização de variações e métodos de gerenciamento de pressão durante a perfuração (MPD) - Rio de Janeiro: UFRJ/Escola politécnica, 2011.

VEENINGEN D.; ADSIT R., NATIONAL OIL VARCO. Supplementing downhole information to Enhance MPD and UBD operations. Inc. IADC/SPE Managed Pressure Drilling and Underbalanced Operations Conference and Exhibition Held in San Antonio, Texas, USA. SPE 164575, 2013. 1 – 13p.