

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de **P&D** em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

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

AUTORES:

Anderson Pereira, Izabella Carneiro Bastos, Luan Victor Feitosa Silva

INSTITUIÇÃO:

Programa de pós-graduação, Universidade Federal de Alenas – UNIFAL.

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPEURO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPEURO.

Supervisão e controle dos métodos e variações do gerenciamento da pressão na perfuração de poços (MPD) - Estudo Comparativo de Aplicabilidade e Implantação de Software

Abstract

The need to enable the best use of wells in increasingly challenging scenarios propel companies in the exploration and production of oil and gas to develop new technologies to address major operational difficulties encountered during the drilling industry.

The present study compares the applicability of the main methods of pressure management during drilling and explains the techniques adopted to control kicks. The study also involves the development of a controlling software for the simulation the pressure variation in the well during unconventional drilling. This enables better performance monitoring data, which is collected at each stage of the drilling process. With the help of this information, plus the queries to some companies and researchers, the aim is to form a sturdy base and generate loyalty, reliability and applicability of the developed software. AutoCAD (version 2013) was the software used to build the diagram of the controlled process and management of pressure during the drilling while InduSoft was used to simulate the variation of pressure during drilling. From the study of real cases involving the use of different methods of managed pressure (MPD), the work conducted a survey of the main favorable scenarios for each method, identifying the advantages and limitations involved in each application.

The technique of Managed Pressure Drilling (MPD) allows the reduction of non-productive time (NPT) in relation to various operational problems encountered, such as the severe loss of circulation. Another technique has been promising, the Mud Cap Drilling (MCD). It is used in carbonate reserves with cavern and fracture which otherwise could generate significant loss of circulation during drilling. In the present study comparisons were made to enable presenting a more efficient methodology for drilling in difficult, complex scenarios such as pre-salt layers and reactivation of abandoned areas due to inefficient conventional methods.

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, discuti 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. 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 menos 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.

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) [5].

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 IADC (International Association of Drilling Contractor) 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.

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 apontadas 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) 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 ultimo, utilizou-se a ferramenta *Simulink* do *MatLab* para gerar a perturbação de um *kick* e estabilizá-lo com uma configuração similar a 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 do MPD comparando-a com outros dois métodos de perfuração.

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

Cenários	MPD	MCD	UBD
Baixa taxa de penetração (RPO)	Melhora RPO.	-	Aumenta o RPO.
Estreitas janelas de operação	Mantém a estabilidade do poço.	-	Mantém a estabilidade do poço.
Detecção Antecipada de Influxo	Evita influxos.	-	Permite influxos controlados para evitar danos ao reservatório.
Perda de Circulação	Evita perdas excessivas de lama de perfuração.	Evitar tempo de inatividade causado pelas perdas.	Mantem um controle das perdas de circulação.
Prisão por Pressão Diferencial	Evita a prisão por pressão diferencial.	-	Evita a prisão por pressão diferencial.
Rig choke	Necessita de Rig choque		
Choke de Perfuração	Necessita de uma válvula choke.		
RDC (Rotating Control Device)	Necessita de um RDC.		
Flare	Devido a altas fraturas ou variação de pressão é necessária a utilização do flare para segurança operacional.		
Separador	Necessário em reservatórios com elevadas depleção.	Necessário para que haja uma redução da quantidade de liquido em caso de influxo.	
Tanques de estoque	Opcional.		

Nota-se, por meio da tabela 1 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 [4]. 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.

A tabela 2 compara as técnicas citadas na tabela 1, porém com cenários baseados na preservação do reservatório.

Tabela 2 - 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	Possui o objetivo evitar danos ao poço	Possui o objetivo evitar danos ao reservatório
Reservatórios com fraturas e cavernas	Evita o kick	Essencial à utilização do fluido de sacrifício	Controla o kick
Reservatórios Depletivos	Mantém o controle preciso do poço	Muita eficiência mantendo a produção viável econômico e operacionalmente	Eficiente, mantendo a produção viável.

Nos cenários apresentados na tabela 2, 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.

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.

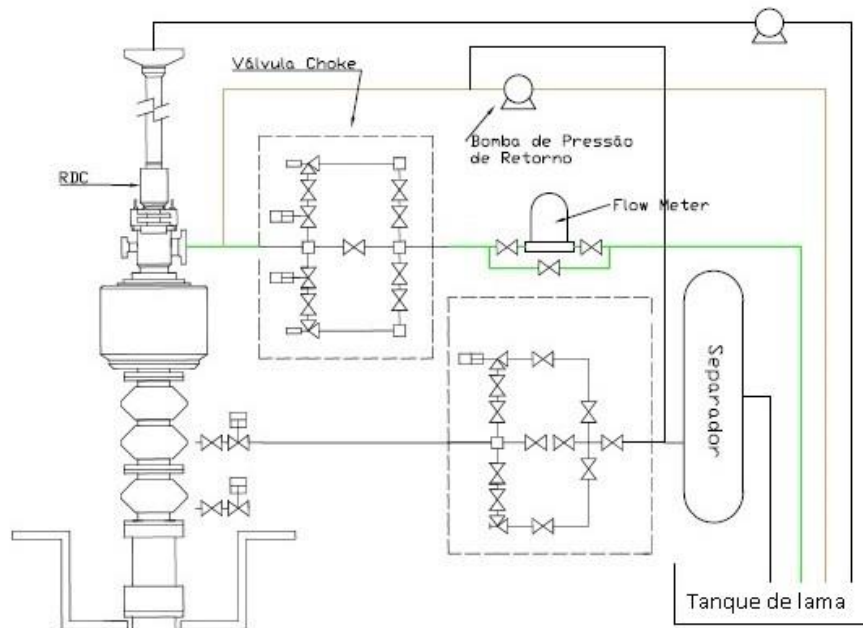


Figura 1 - Diagrama do processo de gerenciamento de pressão MPD

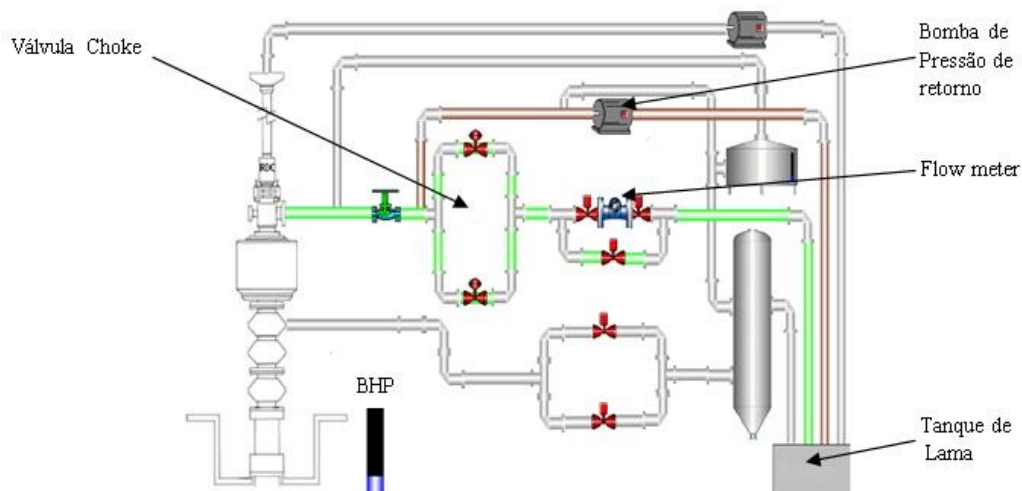


Figura 2 - Malha de controle de um processo de perfuração de petróleo envolvendo a técnica MPD, à esquerda, e a tela do supervisor de controle MPD à direita.

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 2 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.

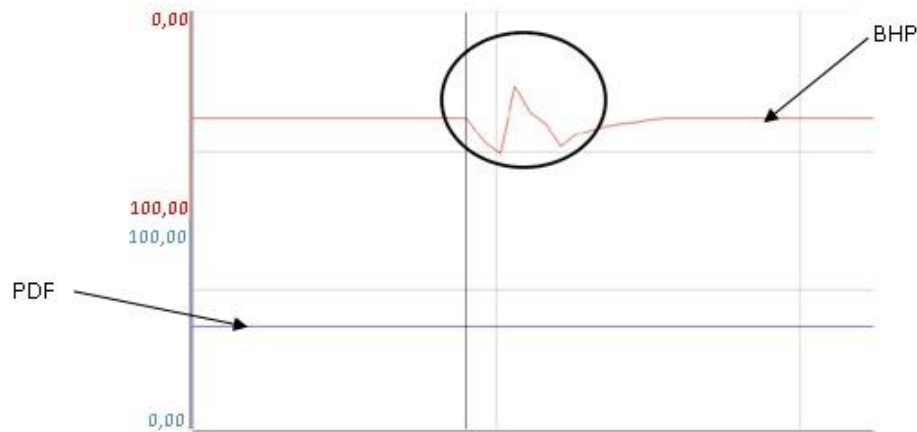


Figura 2 - Simulação da alteração do BHP com o tempo no processo MPD, mostrando que com o tempo as pressões entre o BHP e a pressão de formação se equalizam (PDF).

Para que este processo de controle possa ser entendido de uma forma melhor foi elaborada uma simulação representando o distúrbio da pressão no fundo do poço, com o auxílio da ferramenta *Simulink* do *MatLAB*, sendo linearizado utilizando as configurações mostradas na figura 4, que representa o controle feito pela técnica MPD.

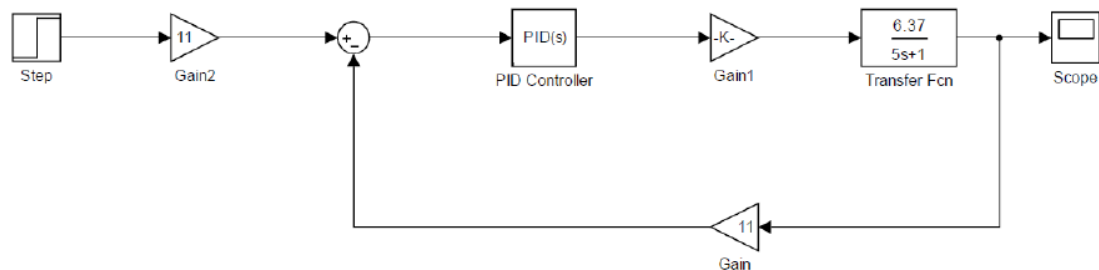


Figura 3 - Ilustração da programação feita para simular o controle feito do processo MPD.

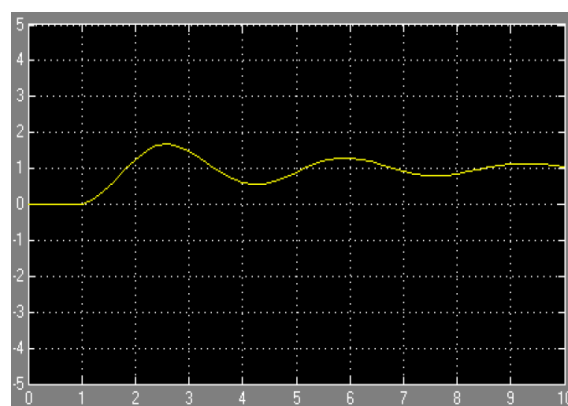


Figura 4 - - Ilustração da perturbação gerada sendo estabilizada.

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. As técnicas com a aplicação do MPD demonstram a eficácia necessária para serem utilizadas tanto nos poços atuais, como naqueles a serem perfurados e ainda, geram grande expectativa em viabilizar a reativação de áreas abandonadas pela ineficiência da perfuração via métodos convencionais de perfuração.

Conclusões

No desenvolvimento deste estudo teve-se a oportunidade de promover análises e apontar as diferentes técnicas de perfuração. Notadamente as variações e diferenças dos métodos de perfuração com a técnica de MPD, além de se considerar e pesar em como foram os seus resultados em campo. 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 *offshore*, com um grande potencial para sanar 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. Portanto, o MPD é uma tecnologia mais qualificada e eficiente em promover a produtividade de um poço, bem como solve problemas no lugar em que aquelas técnicas não foram viáveis economicamente.

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 é suficientemente hábil 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.

Como foi possível constatar nesta pesquisa, as técnicas de perfuração envolvendo o MPD se mostraram mais eficazes tanto no emprego dos poços em andamento, como também naqueles com perspectivas para serem explorados. Mesmo que seu custo de operação seja mais elevado do que outros métodos até então praticados, é visível retorno esperado - tanto em produtividade quanto em solução de problemas - justificando o emprego desta técnica e viabilizando a sua utilização. A técnica do MPD também abriu 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 obriga, ou melhor, 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.

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Federal de Alfenas.

Referências Bibliográficas

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] RICCOMIN, C., SANT’ANNA, L. G., & TASSINARI, G. (2012). Pré-sal: geologia e exploração. revistausp, 10.
- [5] 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.