

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:

Aplicação de materiais alternativos no controle de filtração dos fluidos de perfuração em poços de petróleo

AUTORES:

Amanda Evangelista de Araújo Santos¹, Fabio Pereira Fagundes², Keila Regina Santana Fagundes¹

INSTITUIÇÃO:

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido, ²Universidade Potiguar

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, 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 PDPETRO.

APLICAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NO CONTROLE DE FILTRAÇÃO DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO EM POÇOS DE PETRÓLEO

Abstract

Drilling fluids represent fundamental importance during the oil wells drilling operations, because are mainly responsible for the cooling of bit, elevation of cuttings to the surface, lubrication and control of hydrostatic pressures, among others. The polymers used in drilling fluids act as viscosifiers and have a strong effect on the suspended solids, filtercake and formation pores in order to seal the well walls more efficiently. During drilling an oil well under conditions where the hydrostatic pressure formed by the drilling fluid column is greater than the formation pore pressure, the contact of the fluid with the well walls promotes a deposition of solid particles in order to seal the permeable formations exposed by bit. Filtercake must have low thickness and permeability, to ensure the success and safety of drilling and completion operations. The need to reduce the drilling fluid filtrate volume can be reached by adding polymers with high molecular weight. Therefore, it is essential find out new renewable materials capable to replace the bridge agents used. The objective of this study was to evaluate the effect of type and concentration of alternative bridge agents from alternative materials (wheat, corn, rice bagasse) as well as the polymer used to control the filtrate volume (CMC, PAC, HPA). In parallel, it will be investigated the effects of these parameters on rheological properties of based-water drilling fluids. The results showed that the interaction between the bridge agent concentration and the polymer type showed that the higher apparent viscosities were obtained for the PAC in the highest concentrations of bridge agents used, besides the association of PAC/wheat bagasse resulted in a greater dependence with concentration of this bridge agent, due to the presence of ions Mg^{2+} onto polymer. The establishment of intermolecular interactions and the reduction of repulsions between the polymeric chains contribute to produce a more stable polymer network and thus, to better control the filtrate volume with the increase of its concentration.

Keywords: Rheological and filtration Properties. Polyssacharides. Corn bagasse. Wheat bagasse. Rice bagasse.

Introdução

O entendimento das propriedades de filtração é de grande importância na formulação de fluidos de perfuração. Durante a perfuração de um poço de petróleo em condições onde a pressão hidrostática formada pela coluna de fluido de perfuração é superior à pressão de poros da formação, o contato do fluido com as paredes do poço promove uma deposição de partículas sólidas, a fim de selar as formações permeáveis expostas pela broca denominada reboco, este deve apresentar baixa espessura e permeabilidade, para garantir o sucesso e a segurança das operações de perfuração e completação. A quantidade de fase líquida que invade a formação é chamada filtrado. A necessidade de reduzir essa perda de filtrado do fluido de perfuração pode ser solucionada através da adição de polímeros com alta massa molar.

Alguns trabalhos (Loeber *et al*, 1992; Li *et al*, 1996; Argillier *et al.*, 1997; Benna *et al.*, 1999 and Benna *et al.*, 2001) mostraram que o mecanismo de filtração depende de diversos parâmetros, tais como: a concentração inicial de sólidos no fluido, associação ou agregação de partículas, permeabilidade e poder de retenção do reboco, condições experimentais, etc.

A formação de um reboco interno devido à invasão da formação pelo fluido de perfuração é uma das principais causas da redução da produtividade, por isso se faz necessário um rigoroso controle nas propriedades de filtração dos fluidos utilizados a fim de minimizar problemas tais como:

instabilidade do poço, torque e drag excessivos e danos à formação (Khan, 2004). A redução de filtrado e da espessura do reboco pode ser solucionada através do aumento da viscosidade do fluido, com a utilização de polímeros, que formam uma película ao redor das partículas sólidas, estabilizando-as e mantendo-as dispersas no meio líquido. É comumente explicada através dos mecanismos de estabilização eletrostática e de estabilização eletroestérica.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do tipo e da concentração de agentes obturantes alternativos oriundos de materiais alternativos (bagaço de trigo, bagaço de milho, casca do arroz), bem como o tipo de polímero controlador de filtrado (CMC, PAC, HPA) que irá adsorver na superfície desses a fim de reduzir permeabilidade do reboco e consequentemente, o volume de filtrado. Além de observar os efeitos de tais parâmetros nas propriedades reológicas de fluidos de perfuração aquosos.

Metodologia

Materiais

Os materiais utilizados na preparação dos fluidos de perfuração foram: goma xantana (GX), carboximetilcelulose (CMC), poliácido acrílico (PAC), hidroxipropilamido (HPA), Cloreto de Sódio (NaCl) Carbonato de Cálcio (CaCO_3) doados pela PETROBRAS e os obturantes (casca de arroz, bagaço de trigo e bagaço de milho).

Purificação dos agentes obturantes

A purificação dos obturantes (casca de arroz, bagaço de milho e bagaço de trigo) foi realizada com hidróxido de sódio (NaOH) por 24 horas. Sequencialmente, foi realizado uma lavagem com água destilada para retirada do hidróxido de sódio e das impurezas presentes, e por fim levados à estufa para secar num período de 24 horas. Após a purificação, as amostras dos obturantes foram submetidas ao processo de separação de grãos em peneiras de 50 mesh.

Composição química dos agentes obturantes

A composição química dos obturantes foi obtida através de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDX) em um equipamento Shimadzu modelo EDX-820, que tem como finalidade identificar os elementos presentes em uma amostra (análise qualitativa) assim como estabelecer a proporção (concentração) em que cada elemento se encontra na amostra.

Preparação dos fluidos

Os fluidos de perfuração aquosos (Tabela 2) foram preparados em um agitador Hamilton Beach (1 bbl equivalente – 350,5 mL), adicionando sequencialmente todos os aditivos. Os aditivos foram incorporados ao fluido em intervalos de 10 minutos e, posteriormente submetidos à análise de suas propriedades reológicas e de filtração, onde serão avaliados os efeitos do tipo e concentração de obturante, além do polímero controlador de filtrado.

Tabela 1-Formulação dos Fluidos Aquosos

Aditivo	Concentração
Goma Xantana	1,5 lb/bbl
CMC/PAC/HPA	3 lb/bbl
NaCl	20 lb/bbl
CaCO ₃	10 lb/bbl
Bagaço de trigo, bagaço e milho e casca do arroz	2/4/6 lb/bbl

Parâmetros analisados

Foi utilizado um planejamento fatorial 3³, totalizando 27 fluidos produzidos com três níveis e três variáveis (mínimos (-1), intermediários (0) e máximos (+1)), como mostra a Tabela 3, para avaliar a interação dos parâmetros utilizados (tipo de obturante, concentração de obturante e tipo de polímero controlador de filtrado), tendo como variáveis de resposta: Parâmetros reológicos e de filtração.

Tabela 2-Intervalo de Análise dos Parâmetros Avaliados

Parâmetro	Valor Mínimo (-1)	Valor Intermediário (0)	Valor Máximo (+1)
Tipo de obturante	Bagaço de trigo	Bagaço do milho	Casca do arroz
Concentração de Obturante	2 lb/bbl	4 lb/bbl	6 lb/bbl
Polímero	CMC	PAC	HPA

Para tratamento dos dados, o programa estatístico *Statistica Software versão 7.0* foi empregado para obtenção dos efeitos, Diagrama de Pareto e as superfícies de respostas.

Determinação dos parâmetros reológicos

As propriedades reológicas foram determinadas em um viscosímetro rotativo da FANN, modelo 35 A, combinação de R1-B1 e mola de torção F1. A análise reológica de cada fluido foi realizada em diferentes rotações (600, 300, 200, 100, 6 e 3 rpm) e, posteriormente, a viscosidade plástica (VP), viscosidade aparente (VA), limite de escoamento (LE) e a força gel (Gel inicial e final) foram determinadas, conforme a norma API.

Determinação dos parâmetros de filtração

O fluido foi filtrado através de um filtro de papel Whatman N° 50, sob pressão de 100 PSI exercida com nitrogênio gasoso, por 30 minutos, em filtro prensa API Baixa Pressão, Baixa Temperatura (BPBT) da Fann. Este teste foi realizado de acordo com a norma API 13B-1 2003.

Resultados e Discussão

Composição Química dos materiais alternativos utilizados

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos da análise por Fluorescência de raios X da casca do arroz, do bagaço do trigo e do bagaço do milho, respectivamente. Neste método, a presença dos elementos se manifestam em um espectro através de suas radiações características, esta foi realizada pelo método semi-quantitativo.

Tabela 4-Análise Química da Casca do arroz, Bagaço de trigo e Bagaço de milho

Componente	Concentração (%)		
	Casca do arroz	Bagaço do Trigo	Bagaço do Milho
SiO ₂	44,147	5,517	3,177
SnO ₂	21,676	--	--
CaO	11,093	16,630	4,410
Fe ₂ O ₃	7,427	10,386	7,930
MnO	6,934	6,857	--
K ₂ O	4,262	18,857	21,502
CuO	3,577	1,857	1,093
ZnO	0,875	9,696	34,489
SO ₃	--	10,051	8,903
P ₂ O ₅	--	9,351	10,919
Na ₂ O	--	8,567	7,578
MgO	--	2,231	--
Σ (Somatório)	100,00	100,00	100,00

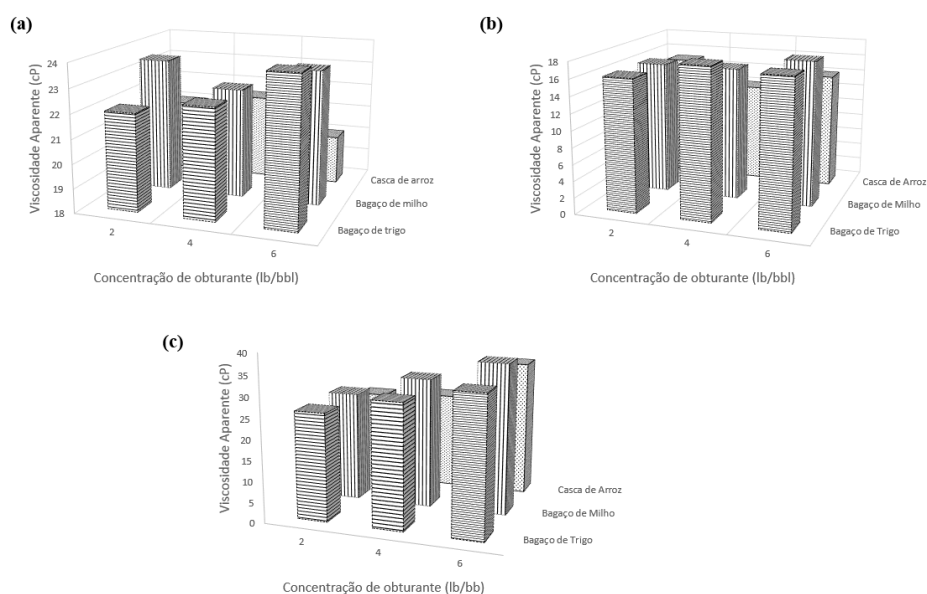
De acordo com a Tabela 4, fica constatado que a sílica representa o maior percentual dos elementos presentes na casca do arroz. A presença dos grupamentos silanóis é responsável por conferir uma maior interação com os grupos funcionais dos polímeros.

Os bagaços de milho e trigo apresentaram diferenças na composição química devido as suas respectivas origens e diferentes formas de processamento. O bagaço do milho apresentou maior teor de óxido de zinco (34,19%) e o bagaço de trigo apresentou uma distribuição mais uniforme dos seus componentes, sendo o K₂O e o CaO em maior percentual.

Parâmetros Reológicos

A Figura 6 apresenta a viscosidade aparente em função da concentração de obturante para cada polímero utilizado.

Figura 1-Viscosidade Aparente em função da concentração de obturante para cada polímero utilizado (a) CMC, (b) HPA e (c) PAC

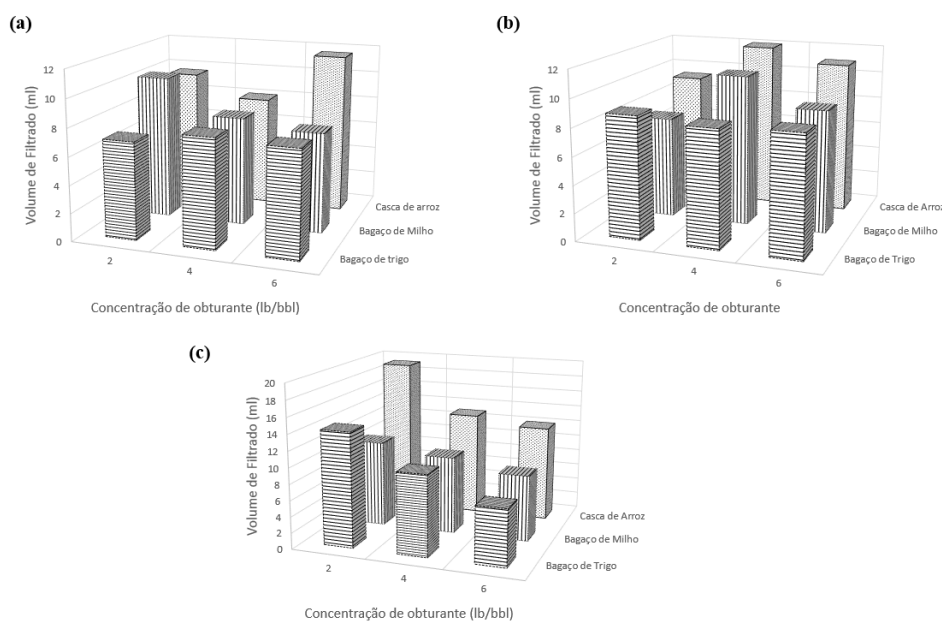


De acordo com os resultados apresentados na Figura 6, o bagaço de milho apresentou um ligeiro incremento de viscosidade aparente em sistemas contendo CMC e HPA. A composição química do bagaço de milho é representada aproximadamente por 35% de ZnO (principal constituinte). Conforme mostra a literatura, o íon Zn^{++} estabelece interações fracas com as carboxilas presentes nos polissacarídeos. Comparando os dados obtidos de viscosidade aparente em função dos sistemas contendo bagaço de milho, foi verificado que a presença desses íons não promoveu um expressivo aumento da viscosidade, exceto no sistema contendo PAC. Nesse sistema (PAC/bagaço do milho) apresentou um maior incremento de viscosidade comparado aos demais. A mudança de reologia do sistema pode ser dita pela adsorção do polieletrólito na superfície do obturante, promovendo, portanto, um aumento do volume hidrodinâmico da molécula. Obviamente que a adsorção desse polímero irá depender de uma série de parâmetros: massa molar média do polímero, comprimento médio da cadeia e as conformações assumidas após mudanças de pH do sistema e principalmente, a quantidade de grupos aniônicos e catiônicos presentes (Polieletrólitos). O polieletrólito é caracterizado por apresentar grupos carregados ao longo da cadeia polimérica, sendo então governada pelos processos de ionização, os quais são fortemente dependentes do pH e consequentemente, dependente dos constituintes presentes. Esses parâmetros mencionados são extremamente importantes, pois se a partícula de obturante não estiver totalmente recoberta pelo polímero, poderão ocorrer interações com outros constituintes, o que poderá possivelmente, resultar em uma floculação. Por essa razão, em virtude dessa complexidade de fatores, os mecanismos inerentes ao processo de adsorção desses polieletrólitos na casca de arroz, no bagaço de milho e trigo ainda não foram totalmente elucidados.

Parâmetros de Filtração

A Figura 9 apresenta o volume de filtrado em função da concentração de obturante para cada polímero utilizado.

Figura 2-Volume de Filtrado em função da concentração de obturante para cada polímero utilizado (a) CMC, (b) HPA e (c) PAC



De acordo com a Figura 9, fica evidenciado que existe uma concentração ótima de obturante para cada sistema contendo CMC, HPA e PAC. A interação da CMC-HPA-PAC/obturante evidenciou uma concentração ótima em torno de 4lb/bbl. Em contrapartida, fica claramente evidenciado a forte

dependência da casca do arroz com sistema contendo o polieletrólito CMC, tendo em vista a variação nos valores de volume de filtrado. Esse comportamento pode ser explicado devido ao fato de que concentrações de obturante acima desse patamar passa a ser favorecido com a interação interpartículas do obturante ao invés da interação CMC-casca de arroz, ocasionado à formação de um reboco espesso e de alta permeabilidade. Possivelmente, em virtude da alta concentração de sílica no meio, as interações por ligações de hidrogênio entre as partículas sejam favorecidas ao invés das interações polímero/obturante, justificando, portanto, um aumento no volume de filtrado em concentrações maiores desse obturante (Casca de arroz). Comportamento similar é observado em outros sistemas (HPA e PAC), onde fatores como tamanho de cadeia, volume hidrodinâmico, força iônica e caráter hidrofílico/hidrofóbico precisam ser avaliados de forma a elucidar os mecanismos inerentes a cada sistema. Nesse contexto, apenas o polímero de carboximetilcelulose apresentou um maior sinergismo com a casca do arroz frente ao controle das propriedades de filtração do fluido. Em relação ao sistema contendo bagaço de milho, fica evidenciado a forte dependência com cada um dos polímeros. Nos sistemas contendo CMC e PAC é observado uma redução do volume de filtrado com o aumento da concentração do obturante no meio (bagaço de milho), ao passo que no sistema contendo HPA, ocorre um ponto de inflexão na curva, a qual dita um ponto ótimo para a concentração de obturante no meio. Conforme mencionado anteriormente a presença de íons Zn^{++} são responsáveis por promover interações com o polímero de CMC e assim favorecer o “recobrimento da cadeia polimérica na superfície do suporte”, o qual favorecerá a redução do volume de filtrado com o aumento de sua concentração. Em contrapartida, a associação desse obturante com o HPA (polímero neutro), na presença de íons Zn^{++} , as cadeias poliméricas sofrem uma intensa repulsão intermolecular, formando estruturas menos rígidas e mais flexíveis e conseqüentemente, dificultando sua interação com os constituintes do obturante. Em paralelo, o aumento de sua concentração no meio favoreceu a redução do volume de filtrado, onde interações entre as partículas do obturante foram favorecidas e por consequência a formação de um reboco menos permeável, mesmo com uma maior quantidade de sólidos e menor plasticidade. Por sua vez, a utilização do bagaço de trigo como obturante comprovou que concentrações acima de 2 lb/bbl e em associação com CMC ou HPA não foi responsável por favorecer mudanças significativas quanto ao controle do volume de filtrado dos fluidos. Ao passo que, em associação com o PAC foi observada uma maior dependência com a concentração desse obturante no meio. Um fator importante nesse material é o íon Mg^{2+} (MgO), o qual é um íon bivalente que apresenta baixa energia de dissociação quando comparado ao íon Zn^{++} , e assim sendo, esse cátion reage rapidamente com o CMC. A presença do íon Mg^{++} estabelece pontes iônicas intermoleculares entre os grupos ou zonas que apresentam carga negativa. Este tipo de interação contribui também para redução das repulsões entre as cadeias. Esses dois fatores: o estabelecimento de interações intermoleculares e a redução das repulsões entre as cadeias contribuem para produzir uma rede polimérica mais estável e assim, controlar melhor o filtrado com o aumento de sua concentração.

Conclusões

- A sílica representou o maior percentual dos elementos presentes na casca do arroz, esta é responsável por conferir uma maior interação com os grupos funcionais dos polímeros.
- Os bagaços de milho e trigo apresentaram diferenças na composição química devido as suas respectivas origens e diferentes formas de processamento.
- A interação concentração de obturante e tipo de polímero, mostraram que as maiores viscosidades aparente foram obtidas para o PAC nas maiores concentrações de obturantes utilizadas.
- O polímero de carboximetilcelulose apresentou um maior sinergismo com a casca do arroz frente ao controle das propriedades de filtração do fluido.
- A utilização do bagaço de trigo como obturante comprovou que concentrações acima de 2 lb/bbl e em associação com CMC ou HPA não foi suficiente por favorecer mudanças significativas quanto ao controle do volume de filtrado dos fluidos.

- A associação PAC/bagaço de trigo resultou numa maior dependência com a concentração desse obturante no meio, devido à presença do íon Mg^{2+} no polímero. O estabelecimento de interações intermoleculares e a redução das repulsões entre as cadeias contribuem para produzir uma rede polimérica mais estável e assim, controlar melhor o filtrado com o aumento de sua concentração.
- Os maiores volumes de filtrado foram obtidos para o PAC com a menor concentração de obturante utilizada.

Agradecimentos

Os autores agradecem a PETROBRÁS pela doação dos produtos e a UFRSA pelo suporte durante realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

ALSABAGH, A.M; ABDU, A.I.; KHALIL, A.A.; AHMED, H.E.; ABOULROUS, A.A.; **Investigation of some locally water-soluble natural polymers as circulation loss control agents during oil fields drilling**, Egyptian Journal of Petroleum, DOI, 2014.

ARGELLIER, J.F.; AUDIBERT, A.; LONGERON, D.; **Performance Evaluation and Formation Damage Potential of New Water-Based Drilling Formulas**, SPE Drill. & Completion, v.14, No. 4, SPE 59484, 1999.

ARGILLIER, J.F.; AUDIBERT, A.; BAILE, L; REID, P.I; Process and water-base fluid utilizing hydrophobically modified cellulose derivatives as filtrate reducers, **Patente**, US5669456A, 1997.

BACHMANN, R.T.; JOHNSON, A.C.; EDYVEAN, R.G.J.; Biotechnology in the petroleum industry: An overview, International Biodeterioration & Biodegradation, v. 86, p. 225-237, 2014.

BENNA, M.; ARIGUIB, N.K.; MAGNIN, A.; BERGAVA, F.; Effect of pH on Rheological Properties of Purified Sodium Bentonite Suspensions, Journal of Colloid and Interface Science, v.218, p. 442-455, 1999.

BENNA, M.; KBIR-ARIGUIB, N.; CLINARD, C.; BERGAYA, F.; Static filtration of purified sodium bentonite clay suspensions. Effect of clay content, Applied Clay Science, v.19, p.103-120, 2001.

CAENN, RYEN; CHILLINGAR, GEORGE V. **Drilling Fluids : State of the Art.. Journal of Petroleum Science and Engineering**. USA: a Westport technology Center; Civil engineering department, University of Southern California. June 1995.

LOMBA, R.F.T.; MARTINS, A.L.; SOARES, C.M.; BRANDAO, E.M. MAGALHAES. J.V.M.; FERREIRA, M.V.D.; **Drill-In Fluids: Identifying Invasion Mechanisms**, SPE 73714, International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana, 2002.

PRADO, H.J.; MATULEWICZ, M.C.; Cationization of polysaccharides: A path to greener derivatives with many industrial applications, **European Polymer Journal**, v. 52, p. 53-75, 2014.

RICHARDSON, S. ; GORTON, L. **Characterization of the substituent distribution in starch and cellulose derivatives**. Analytica Chemical Acta 497 (2003) 27-65