

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:

Uso do bagaço da cana de açúcar calcinado e *in natura* no controle dos parâmetros de filtração de fluidos de perfuração em poços de petróleo

AUTORES:

Ulisses Roque de Albuquerque¹, 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.

USO DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR CALCINADO E *IN NATURA* NO CONTROLE DOS PARÂMETROS DE FILTRAÇÃO DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO EM POÇOS DE PETRÓLEO

Abstract

The sugarcane bagasse is an agroindustrial residue obtained in greater quantity in Brazil. It is estimated that each year about 5 to 12 million tons of this material are produced, corresponding to about 30% of this residue. During an oil well drilling under conditions where the hydrostatic pressure formed by the drilling fluid column is greater than the formation pore pressure, the fluid contact with the well walls promotes a deposition of solid particles, in order to seal the permeable formations exposed by bit, known as filtercake. It must present low thickness and permeability to ensure the success and safety of drilling and completion operations. The formation of an internal filter cake due to the invasion of the formation by the drilling fluid is one of the main causes of productivity reduction, therefore a strict control is necessary in the fluids filtration properties used in order to minimize problems such as: Oil well instability, excessive torque and drag, and formation damage. Reduction of filtrate and filter cake thickness can be overcome by increasing the viscosity of fluid by using polymers which form a film around the solid particles, stabilizing them and keeping them dispersed in the liquid medium. Therefore, this work has as main objective to present as alternative the use of sugarcane bagasse *in nature* and calcined in drilling fluids in order to optimize the rheological and filtration properties of fluids during the drilling of oil wells. According to the results obtained, it was observed that the concentration of sugarcane bagasse did not present a statistically significant effect on the plastic viscosity and the filtration parameters of fluids, on the other hand, the increase of the bagasse granulometry was responsible for a higher response to the filtrate volume. Therefore, the use of cane bagasse (*in nature* and calcined) represents a promising potential in relation to the new bridge agents, due to its low cost and to promote satisfactory rheological properties to the fluids.

Keywords: Sugarcane bagasse, calcium carbonate, filtration properties, rheological properties.

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.

Santos e colaboradores [2009] descrevem os principais subprodutos da indústria sucroalcooleira são: levedura, melaço, bagaço ou bagacilho, a torta de filtro e a vinhaça. CORDEIRO [2009] descreve que o bagaço gerado durante a moagem da cana-de-açúcar para extração do caldo, normalmente é queimado como combustível em caldeiras na própria usina e convertido em vapor d'água utilizado na produção de açúcar e álcool em processo denominado co-geração de energia. Durante a queima do bagaço da cana-de-açúcar são geradas as cinzas residuais e depositadas no solo.

Os problemas decorrentes da grande quantidade de rejeitos produzidos a partir dos processos industriais e a disposição inadequada destes são, atualmente, algumas das mais sérias questões a serem discutidas em âmbito tanto social quanto ambiental.

Diante disto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da substituição parcial do carbonato de cálcio (CaCO_3), comumente utilizado em fluidos de perfuração como agente de ponte, pelo bagaço da cana-de-açúcar *in-natura* e calcinado, a fim de melhorar a qualidade do reboco formado e a redução do volume de filtrado durante a operação de perfuração de poços.

Metodologia

Materiais

Os materiais utilizados na preparação dos fluidos de perfuração foram: goma xantana (GX), carboximetilcelulose (CMC), Cloreto de Sódio (NaCl) e Carbonato de Cálcio (CaCO_3) todos doados pela PETROBRAS.

Purificação da cana-de-açúcar

A purificação da cana de açúcar foi realizada com hidróxido de sódio (NaOH) por 24 horas. Sequencialmente, foi realizada uma lavagem com água destilada para retirada do hidróxido de sódio e das impurezas presentes, e por fim levada à estufa para secar num período de 24 horas.

Calcinação do bagaço de cana-de-açúcar

Depois do processo de purificação o bagaço foi preparado para ser calcinado sendo colocados em cadinho para que este fosse submetido à mufla com uma temperatura de 500 °C por 3 horas.

Composição química do bagaço de cana-de-açúcar

Como objetivo de avaliar a composição dos elementos presentes no bagaço da cana de açúcar, foi realizada uma caracterização química da matéria-prima através do método semiquantitativo de fluorescência de raios X, utilizando-se, um espectrômetro da marca SHIMADZU EDX 820, de energia dispersiva de fluorescência de raios X.

Preparação dos Fluidos com bagaço de cana-de-açúcar

Os fluidos de perfuração (Tabela 1) foram preparados em um agitador Hamilton Beach, 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 a fim de avaliar o efeito da concentração e da granulometria do bagaço da cana-de-açúcar *in natura* (Tabela 2) e calcinado (Tabela 3) nas propriedades reológicas e de filtração de fluidos aquosos, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 1: Formulação dos fluidos aquosos

Aditivo	Concentração
Água (bbl-eq)	1
GX (lb/bbl)	1,5
CMC (lb/bbl)	3
NaCl (lb/bbl)	20
CaCO_3 (lb/bbl)	10
Bagaço de cana de açúcar (lb/bbl)	Tabela 2/
<i>In natura</i> / calcinado	Tabela 3

Tabela 2 – Variação da concentração e granulometria do bagaço de cana de açúcar *in natura*

Fluido	Bagaço 50 mesh (lb/bbl)	Bagaço 100 mesh (lb/bbl)	Bagaço 200 mesh (lb/bbl)
F _{Padrão}	--	--	--
F1	2	--	--
F2	--	2	--
F3	--	--	2
F4	4	--	--
F5	--	4	--
F6	--	--	4
F7	6	--	--
F8	--	6	--
F9	--	--	6

Tabela 3 – Variação da concentração do bagaço de cana de açúcar calcinado

Fluido	Bagaço 50 mesh (lb/bbl)
F _{Padrão}	--
F1	2
F2	4
F3	6

Propriedades de filtração

Os parâmetros de filtração foram determinados em papel de filtro Whatman (Número 50) em uma célula de filtração submetido à pressão constante de 100psi à temperatura ambiente durante 30 minutos, como descrito em API RP 13B.

Propriedades reológicas

Para a medida dos parâmetros reológicos dos fluidos foi utilizado o viscosímetro FANN modelo 35 A. Onde é possível analisar os fluidos submetidos a diferentes rotações: 600, 300, 200, 100, 6 e 3 rpm, a 25 °C, como descrito em API RP 13B.

Resultados e Discussão

Composição Química do bagaço da cana-de-açúcar *in natura* e calcinado

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos da análise por Fluorescência de raios X. 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 do bagaço da cana de açúcar.

Componente	<i>In natura</i>	<i>Calcinado</i>
SiO ₂	48,892	52,301
CaO	16,554	34,943
P ₂ O ₅	8,944	0,242
K ₂ O		3,238
Fe ₂ O ₃	8,855	3,089
Na ₂ O	7,976	---
CuO	3,4	0,996
MnO	2,893	0,319
ZnO	2,485	---
SrO	---	1,143
BaO	---	1,742
MgO	---	1,987
Σ (Somatório)	99,99	98,00

De acordo com a Tabela 4, fica constatado que a sílica representa o maior percentual dos elementos presentes no bagaço da cana de cana de açúcar tanto *in natura*, quanto calcinado. A presença dos grupamentos silanóis é responsável por conferir uma maior interação com os grupos funcionais dos polímeros, tendo em vista, a presença dos íons carboxilato (Goma xantana) e hidroxilas (Carboximetilcelulose). Esse resultado de composição corrobora com os resultados obtidos por Paula (2006).

Influência do bagaço de cana-de-açúcar *in natura* nas propriedades reológicas dos fluidos aquosos

A Tabela 5 apresenta a influência da concentração e da granulometria do bagaço de cana de açúcar nas propriedades reológicas dos fluidos aquosos.

Tabela 5: Efeito da concentração e da granulometria do bagaço da cana de açúcar nos parâmetros reológicos dos fluidos aquosos

Fluido	n	K (mPas ⁿ)	R ²	μ _a (cP)	μ _p (cP)
F_{Padrão}	0,30	4,7534	0,993	9	18
F1	0,33	5,4705	0,9932	25	16
F2	0,31	5,9647	0,9865	22,5	12
F3	0,31	5,3099	0,9881	21,5	12
F4	0,31	6,2607	0,9841	26	19
F5	0,33	5,7583	0,9819	27	17
F6	0,30	5,6778	0,9936	21	10
F7	0,31	5,997	0,9944	23,5	12
F8	0,31	6,879	0,9859	27,5	14
F9	0,30	6,0507	0,9944	23	12

Observando-se o coeficiente de regressão (R²), percebe-se que houve um bom ajuste do modelo de potência aos dados reológicos de todos os fluidos. Além disso, o índice de comportamento (n) apresentou valores típicos de fluidos pseudoplásticos, variando de 0,30 a 0,32.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 5, fica evidenciada a influência da granulometria e da concentração do bagaço da cana nas propriedades reológicas dos fluidos de perfuração. É observado que em concentrações mais altas (Ver tabela 2), especificamente, 6 lb/bbl, são

observados os menores valores de viscosidade (cP). Esse comportamento pode ser explicado, possivelmente, em virtude que nessa concentração ocorre uma maior interação entre as partículas do bagaço de cana, ocorrendo assim, uma menor dispersão no meio e, conseqüentemente, uma menor viscosidade aparente e plástica. Em sistemas contendo uma variação do tamanho de partícula (50, 100 e 200 mesh) foi observado um comportamento similar ao efeito da concentração, onde menores diâmetros de partícula são observados menores valores de viscosidade aparente e plástica. O efeito da viscosidade exerce um papel fundamental nas propriedades reológicas dos fluidos. A literatura relata que com o aumento da viscosidade do fluido, a permeabilidade do reboco diminui, reduzindo, portanto, o volume de filtrado. No entanto, é extremamente importante avaliar o possível sinergismo entre a concentração do bagaço com a sua granulometria, tendo em vista a interação entre essas duas variáveis.

Influência do bagaço de cana de açúcar *in natura* nos parâmetros de filtração dos fluidos aquosos

A Tabela 6 apresenta a influência da concentração e da granulometria do bagaço da cana de açúcar no volume de filtrado dos fluidos aquosos.

Tabela 6: Efeito da concentração e da granulometria do bagaço da cana de açúcar no volume de filtrado dos fluidos aquosos

Fluido	Volume de Filtrado (ml)
F_{Padrão}	17
F1	17
F2	17
F3	9
F4	17
F5	10
F6	18,5
F7	16
F8	11
F9	12

De acordo com a Tabela 6 percebe-se que o sistema F3 (Menor tamanho de partícula e menor concentração) apresentou o menor volume de filtrado. Conforme mencionado anteriormente, o menor tamanho de partícula é responsável por uma maior interação com a cadeia do polímero e conseqüentemente, menor permeabilidade do reboco e redução do volume de filtrado. Além disso, de acordo com os sistemas utilizados, a granulometria de partícula inerente a 50 mesh apresentou a menor performance comparada aos demais sistemas, resultado esse, justificado pelo menor tamanho de partícula e conseqüentemente, formação de caminhos preferenciais na formação da estrutura do reboco.

Influência do bagaço de cana-de-açúcar calcinado nas propriedades reológicas dos fluidos aquosos

A Tabela 7 apresenta a influência da concentração do bagaço de cana-de-açúcar calcinado nas propriedades reológicas dos fluidos aquosos.

Tabela 7: Efeito da concentração e da granulometria do bagaço da cana de açúcar nos parâmetros reológicos dos fluidos aquosos

Fluido	n	K(mPas ⁿ)	R ²	μ _a (cP)	μ _p (cP)
F_{Padrão}	0,30	4,7534	0,993	9	18
F1	0,34	4,7455	0,9949	23,5	14
F2	0,36	4,6404	0,9971	25	14
F3	0,35	5,0337	0,9938	26	14

De acordo com a Tabela 7, percebe-se que houve um bom ajuste do modelo de potência de acordo com o coeficiente de regressão (R²), onde apresentou valores próximos a 1. O fluido apresentou resultados típicos de fluidos pseudoplásticos, variando os valores do índice de comportamento (n) entre 0,30 a 0,36. Ainda de acordo com a Tabela 7, fica evidenciado que a utilização do bagaço de cana de açúcar calcinado provocou um aumento da viscosidade aparente dos fluidos, esse efeito pode ser justificado em virtude de uma maior interação físico-química dos grupos funcionais presentes na superfície do agente obturante com os polissacarídeos (Goma xantana e CMC) presentes no fluido de perfuração. Porém, a concentração de bagaço de cana de açúcar calcinado na faixa estudada não apresentou um forte incremento nos parâmetros reológicos em termos de viscosidade plástica e aparente para o obturante estudado. Portanto, fica claro que o aumento da concentração do bagaço da cana de açúcar calcinado no meio não será responsável por governar a reologia do fluido de perfuração no poço, no entanto, é indispensável que seu uso promova uma menor perda de carga no sistema e um menor torque na coluna e para isso, menores concentrações precisam ser utilizadas, sendo indispensável, portanto, associar o sinergismo das propriedades reológicas com as de filtração dos fluidos.

Influência do bagaço de cana de açúcar calcinado nas propriedades de filtrado dos fluidos aquosos

A Tabela 8 apresenta a influência da concentração e da granulometria do bagaço da cana de açúcar no volume de filtrado dos fluidos aquosos.

Tabela 8: Efeito da concentração bagaço da cana de açúcar calcinado nos parâmetros de filtrado dos fluidos aquosos

Fluido	Volume de Filtrado (ml)
F_{Padrão}	17
F1	14
F2	9,7
F3	13

De acordo com a Tabela 8, o fluido F2 apresentou o melhor resultado quanto ao volume de filtrado, implicando que o aumento de bagaço calcinado não necessariamente favorecerá a diminuição da permeabilidade do reboco, diferentemente da sua contribuição na viscosidade do fluido. Esse comportamento quanto à filtração pode ser explicado em virtude da interação dos grupos hidroxila de cada polímero (goma xantana e CMC) com os grupamentos presentes na sílica (aproximadamente 50% da constituição do material), de forma a inferir que existe uma proporção ótima GX:CMC:BCC, o que corrobora com o fluido F3 o qual apresentou uma maior quantidade de bagaço calcinado (6 lb/bbl).

Conclusões

- Os maiores valores de viscosidade plástica são obtidos quando a menor granulometria do bagaço da cana de açúcar é utilizado (50 mesh) para qualquer das concentrações analisadas.
- De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a concentração do bagaço de cana de açúcar não apresentou um efeito estatisticamente significativo sobre a viscosidade plástica e os parâmetros de filtração dos fluidos, por outro lado, o aumento da granulometria do bagaço foi responsável por uma maior resposta ao volume de filtrado.
- A utilização do bagaço representa um potencial promissor frente aos novos redutores de filtrado, tendo em vista seu baixo custo e conferir excelentes propriedades reológicas aos fluidos de perfuração.
- Portanto, conclui-se que utilização do bagaço de cana (*in natura* e calcinado) representa um potencial promissor frente aos novos redutores de filtrado, tendo em vista seu baixo custo e conferir excelentes propriedades reológicas aos fluidos.

Agradecimentos

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

Referências Bibliográficas

ARGELLIER, J.F.; AUDIBERT, A.; BAILEY, L.; REID, P.I.; **Process and water-base fluid utilizing hydrophobically modified cellulose derivatives as filtrate reducers**, Patent US5669456 A, 1997.

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.

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.

LI, Y.D.; ROSENBERG E.; ARGELLIER J.F.; **Static and dynamic filtration properties of aqueous suspensions of clays and electrolytes**, Revue de l'InstitutFrançais du Pétrole, v. 52, p. 207-218, 1996.

LOEBER, L.; DURAND C.; LECOURTIER, J. ROSENBERG, E.; **Relationship between compositions, structure and permeability of drilling filter cakes**, Revue de l'InstitutFrançais du Pétrole, v.51, p. 777-788, 1996.

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.

SANTANA, Keila Regina. **Interações entre a carboximetilcelulose, carbonato de cálcio e bentonita**: repercussões sobre as propriedades dos fluidos de perfuração aquosos. 2014. 93 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Tecnológicas) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.