

USO DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR NO CONTROLE DOS PARAMETROS DE FILTRAÇÃO DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO EM POÇOS DE PETRÓLEO

Ulisses Roque de Albuquerque¹; Fabio Pereira Fagundes²; Keila Regina Santana Fagundes³

¹ Universidade Federal Rural do Semiárido, Engenharia de Petróleo – ulissesrock12@hotmail.com

² Universidade Potiguar, Mestrado Profissional em Petróleo e Gás – fabiofagundes_unp@yahoo.com.br

³ Universidade Federal Rural do Semiárido, Engenharia de Petróleo – keilaregina@ufersa.edu.br

RESUMO

O bagaço de cana é o resíduo agroindustrial obtido em maior quantidade no Brasil. Estima-se que a cada ano sejam produzidos de 5 a 12 milhões de toneladas desse material, correspondendo a cerca de 30% do total da cana moída. 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. 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 futuros. 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. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo principal apresentar as vantagens e desvantagens da utilização do bagaço da cana-de-açúcar em fluidos de perfuração visando otimizar o processo de filtração durante a perfuração de poços. De acordo com os resultados obtidos, a concentração do bagaço não apresentou um efeito estatisticamente significativo, por outro lado, a granulometria foi responsável por uma maior resposta ao volume de filtrado.

Palavras- Chave: Bagaço de cana de açúcar, carbonato de cálcio, parâmetros de Filtração

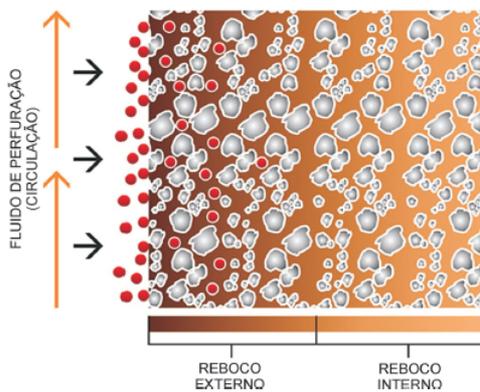
1. INTRODUÇÃO

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 (Figura 1), 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.

Figura 1: Processo de invasão das partículas em suspensão nas formações permeáveis.



Alguns trabalhos [Loeber *et al.* 1992; Li *et al.* 1996; Argellier *et al.* 1997; Benna *et al.* 1999 e 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.

Santos e colaboradores [2009] descrevem os principais subprodutos da indústria sucroalcooleira são: levedura, melão, 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.

De acordo com Kirchhoff [1991], a queima das plantações de cana implica em danos irreparáveis à humanidade, decorrentes da poluição atmosférica. Assim, num país em que se têm aproximadamente 2300 ha de cana-de-açúcar cultivada, faz-se necessário o desenvolvimento de novas pesquisas e técnicas que dêem um destino sustentável ao montante dos resíduos oriundos dessa plantação.

O dano à formação causado pela invasão do filtrado na formação com a consequente redução da permeabilidade do meio foi estudado na filtração estática e dinâmica por Argellier e colaboradores [1999], a fim de correlacionar as propriedades de filtração com as características dos rebocos (externo e interno) formados. Os autores

observaram que o dano à formação é mais pronunciado nos primeiros cinco centímetros e que o dano adicional do meio pode ser atribuído à invasão dos aditivos poliméricos utilizados para reduzir o volume de filtrado, além do que a prevenção da geração de danos com a utilização de fluidos aquosos em condições de *overbalance* requer uma otimização da estrutura do aditivo controlador de filtrado e da distribuição do tamanho de partícula.

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

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. 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.

2.2. Purificação da cana-de-açúcar

O insumo derivado da cana-de-açúcar foi purificado usando o método desenvolvido por Rodrigues e colaboradores (2000). De acordo com os autores, uma quantidade pré-estabelecida do bagaço foi mantida sob agitação constante em solução aquosa de hidróxido de sódio (0.25 M) por 24 horas. Posteriormente, essa mistura foi filtrada e lavada com água destilada na ordem de remover as impurezas solúveis. Um extrator em Soxhlet foi usado a fim de extrair uma maior quantidade de impurezas, onde uma solução à base HNO_3 /etanol (20 % v/v) será utilizada. Após esse processo, o bagaço foi lavado com água destilada e seco à 105 °C por 12 horas.

2.3. Composição química do bagaço da 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.

2.4. Preparação dos Fluidos

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 nas propriedades reológicas e de filtração de fluidos aquosos, de acordo com a Tabela 2, onde o fluido padrão ($F_{\text{padrão}}$) foi formulado sem a presença do bagaço de cana a fim de comparar com os fluidos com o bagaço (F1 a F9).

Tabela 1: Formulação dos fluidos aquosos.

Aditivo	Concentração
Água (ml)	350,5
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

Tabela 2: Variação da concentração e granulometria do bagaço de cana de açúcar.

Fluido	Bagaço 50 mesh (0,297mm)	Bagaço 100 mesh (0,149mm)	Bagaço 200 mesh (0,074mm)
$F_{\text{padrão}}$	--	--	--
F1	2lb/bbl	--	--
F2	--	2 lb/bbl	--
F3	--	--	2 lb/bbl
F4	4 lb/bbl	--	--
F5	--	4 lb/bbl	--
F6	--	--	4 lb/bbl
F7	6 lb/bbl	--	--
F8	--	6 lb/bbl	--
F9	--	--	6 lb/bbl

2.5. 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.

2.6. 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.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição Química do bagaço da cana de açúcar

A Tabela 3 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 3: Análise química do bagaço da cana de açúcar.

Componente	Composição (%)
------------	----------------



SiO ₂	48,892
CaO	16,554
P ₂ O ₅	8,944
Fe ₂ O ₃	8,855
Na ₂ O	7,976
CuO	3,4
MnO	2,893
ZnO	2,485
Σ (Somatório)	99,99

De acordo com a Tabela 3, fica constatado que a sílica representa o maior percentual dos elementos presentes no bagaço da cana de cana de açúcar. 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).

3.2. Influência do bagaço de cana de açúcar nas propriedades reológicas dos fluidos aquosos

A Tabela 4 apresenta a influência da concentração e da granulometria do bagaço de cana de açúcar nas propriedades reológicas dos fluidos aquosos.

Tabela 4: 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	μa* cP	μp* 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

*μa: Viscosidade Aparente

**μp: Viscosidade Plástica

Observando-se o coeficiente de regressão (R²), percebe-se que houve um bom ajuste do modelo de potência (Equação 1) 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 0,33.

$$\tau = K \dot{\gamma}^n$$

Equação 1

Onde:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

$\dot{\gamma}$ = taxa de cisalhamento (s⁻¹)

K = índice de consistência (Pa.sⁿ)

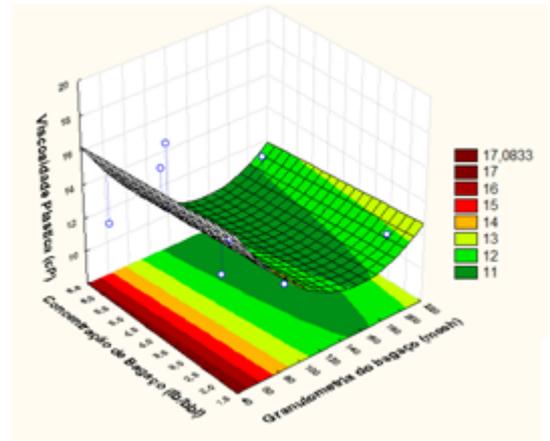
n = índice de comportamento ou de fluxo

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, 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 valores de viscosidade (cP) discrepantes. Esse comportamento pode ser explicado, possivelmente, em virtude dessa concentração ser responsável por promover uma interação bagaço-bagaço e/ou polímero/bagaço, fato esse, responsável por diferentes regimes de dispersão e, conseqüentemente, apresentando um comportamento de viscosidade aparente e plástica “anômalo”. 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.

A Figura 2 mostra a superfície de resposta do efeito da interação da concentração com a granulometria do bagaço da cana de açúcar na viscosidade plástica.

Figura 2: Superfície de resposta – Viscosidade plástica.



De acordo com a Figura 2 percebe-se que os maiores valores de viscosidade plástica são obtidos quando a maior granulometria do bagaço da cana de açúcar é utilizado (50 mesh) para qualquer das concentrações analisadas. Esse efeito pode ser explicado devido ao bagaço de menor granulometria possuir maior área de contato disponível para adsorção dos polímeros (CMC e GX), aumentando o volume aparente da partícula e contribuindo para a formação de uma estrutura gel mais estável.

3.3. Influência do bagaço de cana de açúcar nos parâmetros de filtração reológicas dos fluidos aquosos

A Tabela 5 apresenta a influência da concentração e da granulometria do bagaço da cana de açúcar no volume de filtrado dos fluidos aquosos.

Tabela 5: Efeito da concentração e da granulometria do bagaço da cana de açúcar no volume de filtrado dos fluidos aquosos.

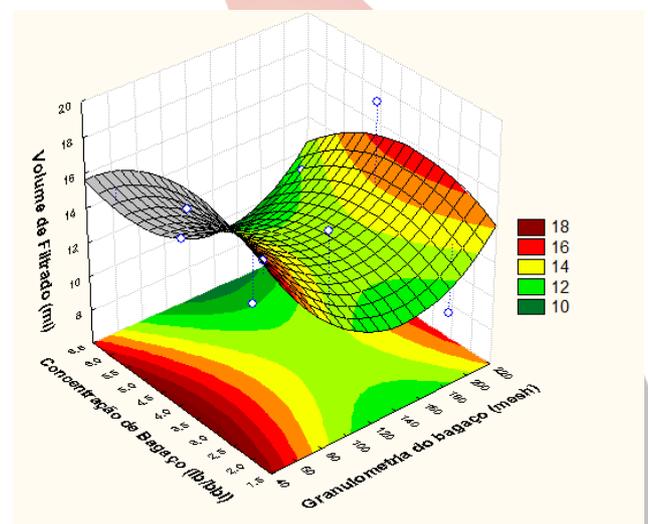
Fluido	Volume de Filtrado (ml)
F _{Padrão}	17
F1	17
F2	17
F3	9
F4	17
F5	10
F6	18,5
F7	16
F8	11
F9	12

De acordo com a Tabela 3 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 consequentemente, 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 consequentemente, formação de caminhos preferenciais na formação da estrutura do reboco.

Com o intuito de avaliar a interação da concentração do bagaço com a sua granulometria no volume de filtrado, a Figura 3 mostra que a concentração do bagaço não apresentou um efeito estatisticamente

significante, por outro lado, a granulometria foi responsável por uma maior resposta ao volume de filtrado, em que menores tamanhos de partícula são responsáveis por uma maior interação com os polímeros e consequentemente com a permeabilidade do reboco formado (Maior mesh).

Figura 3: Superfície de resposta – Volume de Filtrado.



4. CONCLUSÕES

- Os maiores valores de viscosidade plástica são obtidos quando a maior granulometria do bagaço da cana de açúcar é utilizado (50 mesh) para qualquer das concentrações analisadas.
- A concentração do bagaço não apresentou um efeito estatisticamente significativo, por outro lado, a granulometria foi responsável por uma maior resposta ao volume de filtrado.



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

- 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.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

API (American Petroleum Institute), **Specification for Oil-Well Drilling Fluid Materials**, Dallas, TX, 1997.

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.

CORDEIRO, G.C.; FILHO, R. D. T.; FAIRBAIRN, E. M. R. **Caracterização de Cinza do Bagaço de Cana-de-açúcar para Emprego como Pozolana em Materiais Cimentícios**. 2009. Revista Química Nova, Vol. 32, nº 1, 82-86.

KHAN, R.; KURU, E.; TREMBLAY, B.; SAASEN, A.; **An Investigation of the Extensional Viscosity of Polymer Based Fluids as a Possible Mechanism of Internal Cake Formation**, SPE 86499, International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana, 2004.

KIRCHHOFF, V. W. J. H. **As queimadas da cana**, São José dos Campos, Transtec Editorial, 1991.

LI, Y.D.; ROSENBERG E.; ARGELLIER J.F.; **Static and dynamic filtration properties of aqueous suspensions of clays and electrolytes**, Revue de l'Institut Français 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'Institut Français 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

www.conepetro.com.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

Exhibition on Formation Damage Control,
Lafayette, Louisiana, 2002.

PAULA, M.O.; **Potencial da cinza do Bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006.

Rodrigues Filho, G.; Cruz, S. F.; Pasquini, D.; Cerqueira, D. A.; Prado, V. D. & Assunção, R. M. N. *Water flux through cellulose triacetate films produced from heterogeneous acetylation of sugar cane bagasse.* Journal of Membrane Science, 177, p. 225 (2000).

SANTOS, J.R.; ABREU, N.R.; BALDANZA, R.F.. **O impacto do marketing verde nas indústrias sucroalcooleiras de Alagoas.** In: Revista Econômica do Nordeste, v.40, n.2. 2009.

SILVA, V. L. M. M., GOMES, W. C., ALSINA, O. L. S. **Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.2, p.27-32, 2007.

SOUZA, O.SANTOS, I.E., **Aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar pelos ruminantes, Comunicado Técnico, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento,ISSN 1678 – 1937, Aracaju, SE, 2002.**

