

# APLICABILIDADE DE PARTÍCULAS DE CELULOSE PROVENIENTES DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO A BASE DE ÁGUA

Carolayne Artemizia da Silva<sup>1</sup>

Rayanne Lima Sandes<sup>2</sup>

Vanessa Limeira Azevedo Gomes<sup>3</sup>

Jaqueline Silva Albuquerque da Guia<sup>4</sup>

Engenharia de Petróleo



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

## RESUMO

Os fluidos de perfuração são dispersões complexas de sólidos, líquidos e/ou gases, usualmente constituídas de uma fase dispersante ou base aquosa ou orgânica e outra dispersa, cuja complexidade depende da natureza dos produtos dispersos, dos requisitos e das funções necessárias para as operações. Estes fluidos são aplicados durante a perfuração de poços de petróleo e gás cujas finalidades consistem na manutenção da integridade da parede do poço, remoção dos cascalhos gerados durante o processo de perfuração, resfriamento e lubrificação da coluna de perfuração e da broca, dentre outros. A indústria petrolífera tem buscado um fluido que seja de baixo custo, de fácil manipulação, com propriedades técnicas adequadas e ambientalmente correto. Com isso, este trabalho tem como objetivo verificar as propriedades físicas e reológicas de um fluido de perfuração a base de água quando adicionado de bagaço de cana-de-açúcar. O intuito é verificar a ação da funcionalidade superficial das partículas com granulometria menor que 150  $\mu\text{m}$  e com granulometria de 150  $\mu\text{m}$ , que poderiam maximizar o desempenho dos fluidos. Os testes foram realizados considerando concentrações fixas de bentonita e água salgada, com variação das de bagaço de cana-de-açúcar. A preparação do fluido seguiu a norma API Spec 13/ISO 13500 e as propriedades do fluido como a densidade, pH, viscosidade plástica, viscosidade aparente e limite de escoamento foram medidas e analisadas. Como conclusões, observou-se que a interação dos aditivos Goma Xantana, Bentonita, NaCl com o bagaço da cana-de-açúcar foi mais relevante quando a granulometria do bagaço foi menor que 150  $\mu\text{m}$ , afetando diretamente a viscosidade plástica do fluido.

## PALAVRAS-CHAVE

Fluidos de Perfuração. Bagaço de Cana-de-açúcar. Propriedades Reológicas.

## ABSTRACT

Drilling fluids are complex dispersions of solids, liquids and / or gases, usually consisting of a dispersing phase or an aqueous or organic base and a dispersed phase, the complexity of which depends on the nature of the dispersed products, the requirements and the functions required for operations. These fluids are applied during the drilling of oil and gas wells whose purposes are to maintain the integrity of the well wall, remove the cuttings generated during the drilling process, cool and lubricate the drilling column and drill, among others. The oil industry has been looking for a fluid that is low cost, easy to handle, with adequate technical properties and environmentally friendly. Thus, this work aims to verify the physical and rheological properties of a water-based drilling fluid when added with sugarcane bagasse. The purpose is to verify the action of the surface functionality of the particles with a particle size less than 150  $\mu\text{m}$  and with a particle size of 150  $\mu\text{m}$ , which could maximize the performance of the fluids. The tests were carried out considering fixed concentrations of bentonite and salt water, with a variation of sugarcane bagasse. The preparation of the fluid followed the API Spec 13 / ISO 13500 standard and the properties of the fluid such as density, pH, plastic viscosity, apparent viscosity and flow limit were measured and analyzed. As conclusions, it was observed that the interaction of the additives Goma Xantana, Bentonite, NaCl with the sugarcane bagasse was more relevant when the bagasse granulometry was less than 150  $\mu\text{m}$ , directly affecting the plastic viscosity of the fluid.

## KEYWORDS

Drilling Fluids. Sugar Cane Bagasse. Rheological Properties.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com o *American Petroleum Institute* (API), os fluidos de perfuração podem ser definidos como qualquer fluido circulante capaz de tornar a operação de perfuração viável. Na perfuração, as principais funções executadas pelo fluido de perfuração são: carrear os cascalhos gerados na broca, transporta-los pelo espaço anular e permitir sua separação na superfície, resfriar e limpar a broca, reduzir o atrito entre a coluna de perfuração e as laterais do poço, etc. (CAENN., 2014).

Segundo Thomas *et al.* (2002), os fluidos a base de água são formados pela água pura com ou sem a adição de sais. Nesse tipo de fluido, a água tem como principal função no sistema prover o meio para a dispersão dos materiais coloidais.

As principais propriedades que devem ser estudadas para classificar um fluido são: peso específico, viscosidade, reatividade e controle de perda de fluido e, por isso, as características específicas, tais como: densidade; força gel e parâmetros reológicos viscosidade; parâmetros de filtração e teor de sólidos, pH, sólidos ativos e lubrificidade devem ser analisadas (GUIMARÃES & ROSSI, 2007).

A bentonita, sendo um composto argiloso usado em diversos setores industriais, tem como um dos seus principais usos na indústria petrolífera em fluidos de perfuração. A importância da bentonita como agente controlador de viscosidade de um fluido de perfuração está na sua capacidade de melhorar no transporte de fragmentos de rocha para a superfície, além de impedir o retorno desses fragmentos ao fundo do poço em caso de paralisação da perfuração. Ela foi aplicada como o primeiro composto do fluido, juntamente com a goma xantana, que é um aditivo com a finalidade de conferir viscosidade ao sistema.

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma biomassa que pode ser transformada quase que totalmente em energia aproveitável através de processos industriais, que na sua maioria, já são dominados e conhecidos e apresentam alto índice de aproveitamento dos subprodutos e baixo impacto ambiental (NOVACANA, 2018). Justamente, por isso foi a escolha principal de aditivo neste trabalho.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo verificar a ação da funcionalidade superficial das partículas do bagaço de cana-de-açúcar com granulometria menor que 150  $\mu\text{m}$  e com granulometria de 150  $\mu\text{m}$ , que poderiam maximizar o desempenho dos fluidos. Os testes foram realizados considerando concentrações fixas de bentonita e água salgada, com variação das partículas de bagaço de cana-de-açúcar. A preparação do fluido seguiu a norma API Spec 13/ISO 13500 e as propriedades do fluido como a densidade, pH, viscosidade plástica e viscosidade aparente foram medidas e analisadas.

## 2 METODOLOGIA

A princípio, foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre os conceitos e propriedades dos fluidos de perfuração e sobre como o mercado petrolífero pode demandar a utilização deles de forma viável, econômica e sustentável para a indústria. Nessa pesquisa, o aproveitamento do bagaço da cana-de-açúcar na preparação do fluido foi evidenciado, e por essa razão foram analisadas as propriedades físicas e reológicas do fluido a base de água juntamente com partículas do bagaço.

Assim, com o intuito de verificar as modificações e interação do bagaço da cana-de-açúcar (BCA) com a bentonita e goma xantana (GX), três tipos de fluidos de perfuração foram preparados, considerando o fluido (1) sem bagaço de cana-de-açúcar, utilizando o bagaço com granulometria menor que 150  $\mu\text{m}$  (2) e com granulometria de 150  $\mu\text{m}$  (3). Além disso, foi acrescentado aos fluidos cloreto de sódio (NaCl) como aprimorador reológico. A Tabela 1 apresenta as formulações dos fluidos de perfuração.

Tabela 1 – Formulação dos Fluidos de Perfuração

Fluido	Água (ml)	GX (g)	Bentonita (g)	NaCl (g)	BCA (g)
1	350	1,6005	18,750	21,411	-
2	350	1,6084	18,749	21,435	6,4202
3	350	1,6030	18,755	21,421	6,4300

Fonte: Dados das Autoras (2019).

A preparação e os testes realizados dos fluidos seguiram a norma API Spec 13/ISO 13500. Após preparação dos fluidos, estes foram deixados em descanso por 16 horas para completar a hidratação e estabilidade dos componentes. Após seguir a norma especificada, as propriedades reológicas, utilizando o viscosímetro Fann 35 A foram obtidas, bem como a densidade do fluido, utilizando a balança de lama e o pH das amostras.

Os materiais e equipamentos utilizados na preparação dos fluidos são apresentados na Figura 1 e os fluidos preparados podem ser visualizados na Figura 2. Na qual: o teste 1 não tem bagaço de cana, o teste 2 inclui o bagaço com granulometria menor que 150  $\mu\text{m}$  e o teste 3, o fluido foi formulado com granulometria de 150  $\mu\text{m}$ .

**Figura 1** – Materiais e equipamentos utilizados na preparação dos fluidos de perfuração



Fonte: Dados das Autoras (2019).

**Figura 2** – Amostras de fluidos de perfuração



Fonte: Dados das Autoras (2019).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O bagaço utilizado no trabalho foi proveniente da usina Santa Clotilde, situada em Rio Largo, do Estado de Alagoas, onde o pré-tratamento foi realizado conforme descrito em Da Silva (2018). Segundo Da Silva *et al.* (2018), o bagaço de cana possui um baixo teor de umidade, em torno de 2,39% e o teor de cinzas foi de 7,92%. O bagaço possui alto percentual de substâncias com tendência de vaporizar dadas as condições adequadas de temperatura e pressão, podendo ser identificado pelo teor de matéria volátil em torno de 69,85%. Por fim, o bagaço de cana possui 19,75% de carbono em sua estrutura, identificado pelo teor de carbono fixo (DA SILVA *et al.*, 2018).

Após a preparação dos três fluidos, foi observada a influência do bagaço da cana-de-açúcar na viscosidade e na composição do fluido de perfuração, estabelecendo condições estáveis de aderência e de escoamento, conforme dados obtidos no viscosímetro 35 Fann.

Conforme Tabela 2, os fluidos foram submetidos a diferentes velocidades de rotação, gerando valores de deflexão em graus que são registrados pelo equipamento após uma estabilização do valor registrado.

Tabela 2 – Resultados da leitura do dial, em graus, no Viscosímetro 35 A Fann dos três fluidos preparados

Rpm	Leitura do dial no viscosímetro 35 A Fann		
	Fluido 1	Fluido 2	Fluido 3
600	33	57	51
300	25	48	40
200	21	36	33
100	17	30	28
6	10	17	16
3	9	15	13

Fonte: Dados das Autoras (2019).

A partir dos cálculos abaixo, a viscosidade aparente, viscosidade plástica e o limite de escoamento dos fluidos foram obtidos (CAENN *et al.*, 2014).

- Viscosidade Aparente (VA);  $VA = L600/3$
- Viscosidade Plástica (VP);  $VP = L600 - L300$
- Limite de escoamento (LE);  $LE = L300 - VP$

A viscosidade plástica é a medida da resistência interna do fluido para iniciar um fluxo, como resultado da interação dos sólidos de um fluido de perfuração. Refere-se somente a um efeito mecânico, indicativo do número, tipo e tamanho das partículas dos sólidos na fase fluida. A viscosidade plástica foi medida subtraindo-se da leitura a 600 rpm (L600) a leitura a 300 rpm (L300) obtidas no viscosímetro Fann 35A e o valor foi expresso em Centipoise (cP).

O limite de escoamento representa o esforço requerido para iniciar o movimento em um fluido. Seu valor foi obtido subtraindo-se a leitura a 300 rpm do resultado da viscosidade plástica e foi expresso em lb/100ft<sup>2</sup>. Os resultados da leitura do dial para os três fluidos podem ser observados na Tabela 2.

Conforme resultados, pode-se observar que em baixas taxas de rotação, o valor de L3 foi maior quando adicionado o bagaço com granulometria menor que 150 µm, assim como a VP igual a 11 cP, ver Tabela 4. A partir dos dados da Tabela 2, a taxa e a tensão de cisalhamento dos fluidos foram obtidas e estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados dos Dados da Taxa e Tensão de Cisalhamento dos Fluidos de Perfuração

Rpm	Taxa de Cisalhamento (y) = rpm × 1,703, s <sup>-1</sup>	Tensão de Cisalhamento (t = leitura do dial × 5,11), dinas/cm <sup>2</sup>		
		Fluido 1	Fluido 2	Fluido 3
600	1021	168,63	291,27	260,61
300	510	127,75	245,28	204,4
200	340	107,31	183,96	168,63
100	170	86,87	153,3	143,08
6	10,2	51,1	86,87	81,76
3	5,1	45,99	76,65	66,43

Fonte: Dados das Autoras (2019).

A viscosidade aparente é a viscosidade do fluido quando medida a uma taxa de cisalhamento fixada pelo *American Petroleum Institute*. Assim, nos testes observa-se um maior valor para o fluido com granulometria de 150 µm, porém houve redução da VP. A densidade também foi influenciada ocasionando a redução dela. A Tabela 4 apresenta os resultados das propriedades medidas dos fluidos preparados.

A bentonita que é o agente viscosificante, cujo objetivo é conferir viscosidade alta em baixas taxas de cisalhamento e viscosidade baixa em alto cisalhamento, quando interagiu com as partículas de BCA de menor granulometria (fluido 2), obteve altos valores, conforme Tabela 4. Também é possível notar que quanto menor a granulometria do bagaço melhor interação com a bentonita, ou seja, afetará diretamente sua viscosidade. Quanto ao LE, observa-se uma tendência no aumento dele, ao qual atribui-se à melhor incorporação dos produtos nos fluidos.

A Tabela 4 apresenta, também, o potencial hidrogeniônico (pH) do fluido preparado, sendo classificado como uma lama alcalina, pois o pH é maior que 7. Em geral, usa-se na perfuração lama alcalina, a fim de reduzir a taxa de corrosão dos equipamentos e evitar a dispersão das formações argilosas (NASCIMENTO, 2013).



Tabela 4 – Resultados dos parâmetros reológicos, da densidade e do pH dos fluidos de perfuração

Fluido	VA (cP)	VP (cP)	LE (lbf/100 pé2)	Densidade (lb/gal)	pH
1	10	8	17	8,87	7,83
2	17	11	29	8,5	8,57
3	19	9	39	8,4	8,54

Fonte: Dados das Autoras (2019).

## 4 CONCLUSÕES

Haverá sempre a necessidade de estudos dos fluidos de perfuração e aditivos para o sucesso das operações de perfuração, que são de muita importância para o mercado exploratório da indústria petrolífera e como o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, este é uma ótima opção como aditivo já que propõem melhoria as propriedades reológicas dos fluido base água/bentonita.

Por fim, conforme as análises observadas, concluiu-se que a interação dos aditivos Goma Xantana, Bentonita, NaCl com o bagaço da cana-de-açúcar foi mais relevante quando a granulometria do bagaço foi menor que 150  $\mu\text{m}$ , afetando diretamente a viscosidade plástica do fluido.

## REFERÊNCIAS

- CAENN, RYEN; DARLEY, H. C. H.; GRAY, GEORGE R. **Fluidos de perfuração e completção**. Rio de Janeiro-RJ: Elsevier, c2014. (Série Engenharia de Petróleo)
- GUIMARÃES, Ian Barros; ROSSI Luciano Fernando dos Santos. Estudo dos constituintes dos fluidos de perfuração: proposta de uma formulação otimizada e ambientalmente correta. Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 4, 2006, Recife. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Química e Biologia, 2007. p.1-8.
- NASCIMENTO, R. S. V. **Desenvolvimento de aditivos para fluidos de perfuração a partir do glicerol**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- NOVACANA. **Cana-de-Açúcar** — Tudo sobre esta versátil planta. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana-de-acucar>. Acesso em: 17 out. 2018.
- SILVA, R.; LIMEIRA, V. A. G.; DOS SANTOS, J. B. Caracterização físico-química do bagaço da cana-de-açúcar e da casca de laranja na remoção de contaminantes da água produzida. **Cadernos de Graduação Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 5, n.1, p. 79-86, novembro 2018.

THOMAS, Perfuração. **Fundamentos de engenharia do petróleo**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2002. p. 81-87.

---

**Data do recebimento:** 21 de julho de 2019

**Data da avaliação:** 9 de novembro de 2019

**Data de aceite:** 12 de dezembro de 2019

---

---

1 Acadêmica do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: artemizia.luiza@gmail.com

2 Acadêmica do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: rayannesandes@gmail.com

3 Professora do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: vanessa.limeira@gmail.com

4 Professora do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: jaqueline\_s2000@yahoo.com.br