

COMPARAÇÃO DOS MATERIAIS DERIVADOS DA *MORINGA OLEÍFERA* LAM NO COMBATE A PERDA DE CIRCULAÇÃO EM PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO

Juliane Oliveira Rodrigues¹; José Valdo da Silva²; Giselle Holanda Canuto³; Felipe Abreu de Jesus⁴ e Gabriel Francisco da Silva⁵

¹ Núcleo de Graduação em Engenharia de Petróleo (NUPETRO), CCET, UFS: julianeorodrigues@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PEQ), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), Universidade Federal de Sergipe (UFS): josevaldosilvax@gmail.com

³ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE): giholanda@yahoo.com.br

⁴ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PEQ), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), Universidade Federal de Sergipe (UFS): abreu_engenharia@hotmail.com

⁵ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PEQ), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), Universidade Federal de Sergipe (UFS): gabriel@ufs.br

Resumo: As indústrias de petróleo e gás vêm apresentando esforços para desenvolver tecnologias e técnicas para perfurar poços. Diversos desafios são enfrentados pelas empresas de perfuração no Brasil, dentre eles o de combater a perda de circulação em formações fraturadas. Para combater tais perdas para o nível aceitável, é utilizado o Material de Controle de Perdas (LCM). Diante desse contexto este artigo tem como objetivo comparar a efetividade de materiais fibroso derivados da *Moringa Oleífera* Lam (MoLAM), no combate a perda de circulação parcial ou total. Considerando a concentração de materiais fibrosos e a distribuição de tamanho de partícula no fluxo de fluido. Os experimentos foram realizados com fluido base água em uma coluna de acrílico a uma pressão de 100 psi, utilizando brita como meio filtrante e os materiais fibrosos torta, caule e vagem como meio obturante. O desempenho de cada amostra de LCM foi determinado com base na quantidade de perda de fluido total no meio filtrante.

Palavras-chave: Perda de circulação, fluido de combate a perda de circulação, *moringa oleífera lam*.

1 Introdução

A indústria do petróleo vem fazendo esforços significativos para o desenvolvimento de novas tecnologias para aperfeiçoar a perfuração de poços de petróleo, já que este tipo de operação apresenta diversas complexidades devido as mais diversas heterogeneidades encontradas nos reservatórios a ser perfurados. Diante deste contexto, um dos maiores problemas enfrentados pelas companhias de exploração e produção de petróleo, que ocorre de modo a elevar os custos da produção, é a perda de circulação (PC) em formações naturalmente fraturadas (Calçada et al., 2015).

Os eventos de perda de circulação, definidos como a perda de fluidos de perfuração na formação, são frequentemente encontrados quando se perfuram em formações cavernosas, vulgares, de alta permeabilidade, naturalmente fraturadas ou fraturas induzidas durante a perfuração. Consequentemente, as ocorrências de PC contribuem diretamente para o acréscimo dos custos das

operações de perfuração e aumentando o tempo improdutivo da sonda(Al-Saba et al., 2014; Feng et al., 2016).

Os LCMs geralmente são classificados em diferentes categorias como materiais granulares, lamelares, mistos, partículas encapsuladas de absorção e materiais fibrosos(Valverde et al., 2015). Esses materiais são usados isoladamente ou em combinação para controlar a perda de circulação(Ramasamy et al., 2017).Portanto, existem diferentes mecanismos para controlar circulação perdida, como formas físicas de minimizar as perdas utilizando materiais em partículas dimensionados(Amanullah, 2016).

Devido a boa eficiência dos materiais fibrosos para controlar PC, neste trabalho foram utilizados materiais advindos da *Moringa oleífera lam*(MoLAM), utilizaram se a vagem, o caule, e a torta. A MoLAMé um vegetal nativo do nordeste da Índia e no Brasil é mais comumente encontrado na região Nordeste. Possui boa adaptação climática, portanto não necessita de grandes volumes de chuvas e solo fértil. Possui uma boa produção, suas arvores podem chegar a 3 metros num período de 9 meses. Ela é largamente utilizada em diversos setores industriais como na alimentação, cosméticos, purificação de corpos aquosos, e em remédios. Na literatura não há registros anteriores da utilização desta planta em fluidos de perfuração com a função de controlar a perda de circulação.

Em face do exposto, este trabalho buscou fazer uma comparação dos três tipos de materiais fibrosos derivados da MoLAM incorporados ao fluido de perfuração base água e avaliar a sua eficiência usando como parâmetros os níveis de infiltrações dos fluidos na matriz rochosa ao variar as concentrações dos tamanhos das partículas.

2. Metodologia

2.1Materiais

Para a preparação dos fluidos de combate a perda de circulação em perfuração de poços de petróleo, foram utilizados os seguintes produtos:

Tabela 1 - Composição dos fluidos de perfuração à base água

ADITIVO	FUNÇÃO	QUANTIDADE UTILIZADA	FORNECEDOR
ÁGUA	Fase continua	350ml	LTA/UFS
GOMA XANTANA	Viscosificante	2,0 ppb	LTA/UFS
CMC BV AS	Redutor de filtrado	2,0 ppb	Denver – Esp. Químicas
FORMIATO DE SÓDIO	Inibidor	8,38 a 10,48 ppb	Reagen SA
ÓXIDO DE MAGNÉSIO	Alcalinizante	0,32 a 0,52ppb	NewparkDrillingFluids
AMIDO	Redutor de filtrado	6 ppb	LTA/UFS
LCM da MoLAM	Obturante	17 ppb	LTA/UFS

2.1.1 Preparo dos materiais derivados da *Moringa Oleífera Lam*

Neste trabalho a parte do caule da árvore a vagem sem semente foram coletadas e secadas sob o sol e o ar, enquanto que a torta da MoLAM foi obtida através da extração do óleo da semente com a casca via extração mecânica (prensa extratora). O óleo foi obtido como produto e a torta considerada subproduto, porém neste trabalho o interesse foi no subproduto. A primeira etapa do preparo foi a trituração do caule e da vagem em uma máquina forrageira da marca Garthen, modelo GP1500. Em seguida, todos os materiais (caule, vagem e torta) passaram, separadamente, em um triturador elétrico da marca *TecMill*, modelo TE – 633, para sua devida fragmentação, até obter um perfil homogêneo proporcionando fibras com diferentes tamanhos e proporções que são peneirados em um agitador do tipo eletromagnético da marca BERTTEL, e armazenados de acordo com sua faixa de tamanho

2.1.2 Preparo dos fluidos de combate a perda de circulação em base aquosa (FBA).

Para avaliar a influência dos LCMs no meio filtrante, preparamos os fluidos de teste a base água apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Formulação do fluido de combate a perda de circulação, à base de água

ADITIVO	FUNÇÃO	QUANTIDADE UTILIZADA
ÁGUA	Fase continua	350ml
GOMA XANTANA	Viscosificante	2,0 ppb
CMC BV AS	Redutor de filtrado	2,0 ppb
FORMIATO DE SÓDIO	Inibidor	8,38 a 10,48 ppb
ÓXIDO DE MAGNÉSIO	Alcalinizante	0,32 a 0,52ppb
AMIDO	Redutor de filtrado	6 ppb
VAGEM DA MoLAM	Obturante	23 ppb
CAULE DA MoLAM	Obturante	25 ppb
TORTA DA MoLAM	Obturante	25 ppb

O composto à base de água foi preparado adicionando primeiramente a água em um béquer acoplado a um misturador (modelo Hamilton-Beach), e então adicionada separadamente os demais aditivos, com agitação de 5-7 minutos e velocidade de 5000rpm. Ao final da adição dos aditivos, os diferentes materiais fibrosos derivados da MoLAM foram adicionados em uma concentração total de 23 a 25 ppb, conforme mostra a tabela 2, para avaliar sua eficiência no controle a perda de circulação por infiltração.

2.1.3 Testes de eficiência dos materiais fibrosos derivados da *Moringa oleífera* Lam em uma coluna teste de acrílico.

Para avaliar o potencial dos LCM utilizou-se um aparelho de teste composto por uma coluna de acrílico transparente (Arbizu et al., 2006), conforme mostra a Figura 1.



Figura 1–Coluna de acrílico

Para comparar o desempenho dos LCMs nas concentrações de 23 a 25 ppb foram testados três materiais derivados da MoLAM (torta, vagem sem semente e caule), à avaliação do sistema LCM baseia-se na interrupção do fluxo ao longo do teste. Os testes foram realizados incorporando LCM fibroso em partículas com tamanho base, em um fluido base água de composição já apresentada na Tabela 2.

Para comparar o efeito da distribuição de tamanho de partícula (PSD) e sua concentração total na eficiência de vedação, para cada LCM derivado da MoLAM, foram testados 2 casos com concentrações total de 23 a 25 ppb na formulação do fluido base. A Tabela 3 mostra a concentração total de cada LCM na formulação base para controlar perdas parcial ou total. Os LCMs que obtiveram sucesso no teste, em uma configuração específica, conseguiram reduzir a vazão para zero. O

parâmetro de avaliação segue os padrões recomendado por Miranda et al. (2017) e Błaż (2011) de manter o bloqueio total de fluido no filtrante (brita), em um teste de 30 minutos, realizando com uma pressão de 100 psi.

Tabela 3 – Concentração de cada LCM para formula mistura para perdas parciais ou grave.

Tipo LCM	Mesh	Concentração do total das misturas (PPB)	
		Fluido 1	Fluido 2
VAGEM	12	9	7
	32	7	7
	100	7	9
CAULE	12	12	10
	32	10	3
	100	3	12
TORTA	12	12	12
	32	10	3
	100	3	12

3- Resultados e Discussão

Os resultados obtidos dos testes em laboratório usando o meio filtrante brita, permitiu a medição da eficiência de cada material em diferentes granulometrias. O material de combate a perda de circulação consiste em uma mistura de LCM de granulometria classificada como intermediária, o qual foi comparado com a eficiência de cada LCM derivado da MoLAM. A invasão do fluido foi limitada a apenas 150ml/30min, ou seja, uma vez que a invasão dentro da coluna de acrílico ultrapassar os 150 ml significa que a invasão de lama no leito foi completa e o LCM não foi satisfatório para o teste. sendo que, o desempenho de cada LCM está representado nos intervalos de tempo 2,5 minutos.

a) Vagem

Pode ser visto para “fluido 1”, demonstrado na Tabela 4 abaixo, que a concentração total (23 ppb) obteve uma perda total de 13 ml em um tempo de 27,5 minutos mantendo um plugueamento total do fluido. Já para o “fluido2” com a mesma concentração apresentou uma perda de fluido superior em relação ao “fluido1”, porém menor em relação ao fluido com ausência do LCM, com uma perda de fluxo de 14,7 ml em um tempo de 25 minutos mantendo um plugueamento total do fluxo, podendo ser atribuído a esta configuração a concentração ao tamanho das partículas. No “fluido1” a maior concentração foi para o mesh 12 obtendo uma perda de 13 ml já para o “fluido2” a

maior concentração foi para o mesh 100 com uma perda de 14,7 ml, ambos os casos com a concentração total de 23 ppb.

Tabela 4 – Sistema utilizando a vagem como material de combate a perda

TEMPO DE INFILTRAÇÃO (min)	VOLUME DO FLUIDO 1 (ml)	VOLUME DO FLUIDO 2 (ml)	FLUIDO SEM LCM
0	0	0	0
2,5	0	0	28
5	0	0	40
7,5	1,6	2,6	70
10	3,2	4,4	118
12,5	4,8	6,5	128
15	6,6	9	150
17,5	8	10,4	150
20	9,1	12,4	150
22,5	10,3	13,8	150
25	11,8	14,8	150
27,5	13	15,6	150
30	13	16	150

b) Caule

Os resultados obtidos dos testes em laboratório, usando o LCM caule derivado da MoLAM, permitiu a medição da eficiência do mesmo em perda parcial ou grave. O sistema foi avaliado em duas configurações, mantendo a concentração total de 25 ppb e variando as concentrações dos mesh, sendo que, para o “fluido1” na mistura dos mesh, conforme a tabela 3, obteve o controle do fluxo mantendo uma perda de fluido de 51,6 ml em um tempo de 30 minutos. Este material apresentou uma perda maior em relação ao fluido contendo o LCM vagem, porém menor em relação ao fluido com ausência do LCM de combate a perda. No entanto, pode ser visto no “fluido2” que o sistema foi composto pela combinação das concentrações dos mesh 12 (10 ppb), mesh 32 (3 ppb) e mesh 100 (12 ppb), para o sistema contendo esta configuração apresentou praticamente o mesmo comportamento que o fluido com ausência do LCM de combate a perda, ficando fora do padrão recomendado por Miranda et al. (2017) e Błaż (2011) de manter o bloqueio total de fluido no filtrante (brita) em um teste de 30 minutos realizando com uma pressão de 100 psi. Sendo este segundo fluido inadequado para ser usado no campo no controle a perda de circulação parcial ou total, com esta concentração.

Tabela 5 – Sistema utilizando a caule como material de combate a perda

TEMPO DE INFILTRAÇÃO (min)	VOLUME DO FLUIDO 1 (ml)	VOLUME DO FLUIDO 2 (ml)	FLUIDO SEM LCM
0	0	0	0
2,5	1,4	1	28
5	10,8	17,4	40
7,5	18	35	70
10	24,6	45	118
12,5	29,6	62	128
15	34,8	81	150
17,5	37,8	100	150
20	41,2	110	150
22,5	44,2	115,6	150
25	46,8	122	150
27,5	51	131	150
30	51	140,4	150

c) Torta

A Tabela 6, mostra as concentrações e invasão do fluido contendo LCM torta, sendo que para o “fluido1” na concentração total de 25pp no meio filtrante brita, os resultados obtidos nesta configuração mostrar que houve uma perda de 82,4 ml, equivalente a 33% do fluido total (250 ml) usado nos experimentos, apresentando comportamento superior em relação ao fluido contendo o LCM caule e vagem. Os resultados obtidos no “fluido2” no sistema contendo a configuração conforme a Tabela 3, obteve uma perda de fluido de 116,8 ml, ml em um tempo de 30 minutos. A Tabela 6 demonstra os resultados obtidos nesta configuração, podendo ser observado que, o “fluido2” obteve uma perda maior em relação ao fluido1.

Tabela 6 – Sistema utilizando a vagem como material de combate a perda

TEMPO DE INFILTRAÇÃO (min)	VOLUME DO FLUIDO 1 (ml)	VOLUME DO FLUIDO 2 (ml)	FLUIDO SEM LCM
0	0	0	0
2,5	25	42	28
5	34	49,8	40
7,5	38	55	70
10	45	55,4	118
12,5	51,5	61,8	128
15	60	70	150
17,5	66,5	77	150
20	70	81,4	150
22,5	73,8	95,4	150
25	77	111	150
27,5	81	114,6	150
30	82,4	119,6	150

d) Comparativo

Segundo Błaż (2011), para cada tipo de rocha porosa deve-se selecionar o tipo e tamanho apropriado de material para então vedar os poros e assim controlar a perda de fluido durante a perfuração de poços de petróleo, sendo que, quanto menor a granulometria maior eficiência em perdas por infiltração, já para perdas parciais e graves o ideal é uma granulometria maior. Portanto, os resultados obtidos dos estudos experimentais, usando o meio filtrante brita, permitiu a medição da eficiência das granulometrias 12, 32 e 100 mesh, conforme mostra a Figura 12.

A comparação entre os três LCMs demonstra que a concentração do tamanho das partículas assim como a concentração, interfere no sucesso do controle da perda de circulação, dentre os 6 fluidos o que mostrou-se mais eficiente foi o “fluido 1” composto pela maior concentração do mesh 12. Comprovando o já citado por Błaż (2011), quanto maior a granulometria mais eficiência no controle de perda parcial ou total em poços de petróleo.

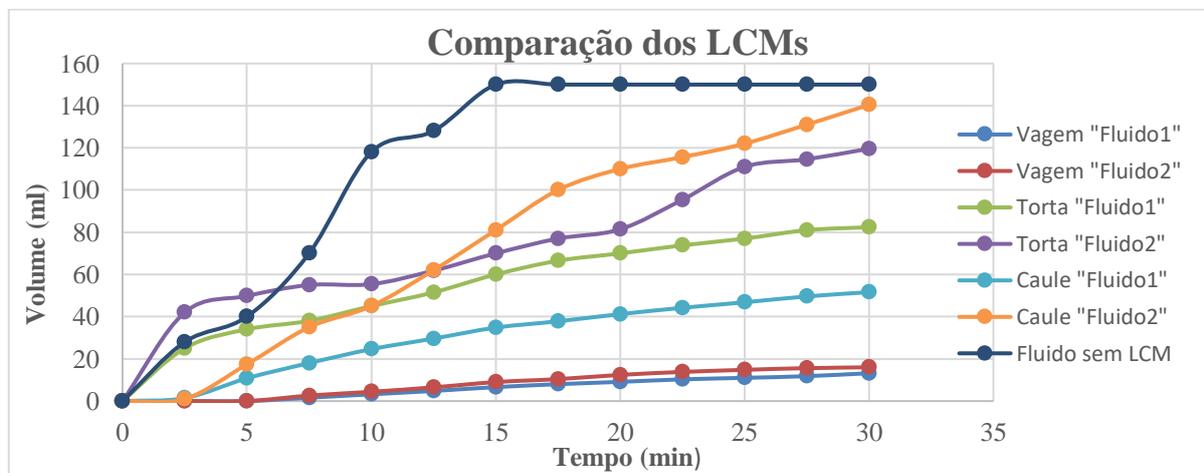


Figura 12 – Comparação dos LCMs de mesh 12, 32 e 100

4. Conclusão

A análise das concentrações dos tamanhos das partículas e dos tipos de materiais de combate a perda de circulação é fator importante para aumentar a eficiência destes. No qual pode ser visto que o “fluido1”, dos três LCMs derivados da MoLAM, com maior concentração do mesh 12, obteve melhores resultados. Ambos os materiais apresentam ser uma ótima alternativa para o controle de perda parcial ou total. Os fluidos com LCMs vagem apresentaram melhores resultados seguidos pelo LCM caule e torta ambos nos “fluidos1”. Estes LCMs podem ser uma boa alternativa, já que esta

matéria prima é de fácil cultivo, ótima adaptação climática e biodegradável. Logo, é uma alternativa com viabilidade técnica, econômica e ambiental para ser usada no controle da perda de circulação em poços de petróleo.

Referências:

AL-SABA, M. T.; NYGAARD, R.; SAASEN, A.; NES, O.-M. Lost circulation materials capability of sealing wide fractures. SPE Deepwater Drilling and Completions Conference, 2014. Society of Petroleum Engineers.

AMANULLAH, M. Characteristics, behavior and performance of ARC Plug-A date seed-based sized particulate LCM. SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition, 2016. Society of Petroleum Engineers.

ARBIZU, A.; REID, P.; SANTOS, H. Field results of ultra-low invasion drilling fluids demonstrate reduced wellbore instability, reduced mud losses, wellbore strengthening and improved well productivity. PaperAADE-06-DF-HO-15 presented at the AADE 2006 Fluids Conference, Houston, 2006.

BŁAŻ, S. Zapobieganie zanikom płuczek w formacje skalne w procesie wiercenia. **Nafta-Gaz**, v. 67, n. 3, p. 182-191, 2011. ISSN 0867-8871.

CALÇADA, L. et al. Evaluation of suspension flow and particulate materials for control of fluid losses in drilling operation. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 131, p. 1-10, 2015. ISSN 0920-4105.

FENG, Y.; JONES, J. F.; GRAY, K. A review on fracture-initiation and-propagation pressures for lost circulation and wellbore strengthening. **SPE Drilling & Completion**, v. 31, n. 02, p. 134-144, 2016. ISSN 1064-6671.

MIRANDA, C. et al. Materials for Controlling Severe Lost Circulation-Laboratory Evaluation. SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 2017. Society of Petroleum Engineers.

RAMASAMY, J.; AMANULLAH, M. Novel Fibrous Lost Circulation Materials Derived from Deceased Date Tree Waste. SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition, 2017. Society of Petroleum Engineers.

VALVERDE, E.; REITSMA, R.; HUTCHINGS, T. Radio Frequency Identification (RFID)-Enabled Circulation Sub Precisely Spots Loss-Circulation Material in Critical Interval. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 2015. Society of Petroleum Engineers.