

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



CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MATERIAL FIBROSO DERIVADO DA *MORINGA OLEÍFERA* LAM NO COMBATE À PERDA DE CIRCULAÇÃO EM POÇOS DE PETRÓLEO

José Valdo da Silva¹, Lynus Ghabriel dos Santos Oliveira², Felipe Abre de Jesus¹, Maria Susana Silva³, Giselle Holanda Canuto⁴ e Gabriel Francisco da Silva¹

E-mail: josevaldosilva@gmail.com, ¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PEQ), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), Universidade Federal de Sergipe (UFS), ²Núcleo de Graduação em Engenharia de Petróleo (NUPETRO), CCET, UFS, ³Bolsista PPDOC/FAPITEC, PEQ, CCET, ⁴Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, departamento de Engenharia Química

RESUMO - As indústrias de petróleo e gás têm feito esforços para desenvolver tecnologias e técnicas para perfurar poços. Um novo desafio enfrentado pelas empresas de perfuração brasileiras é combater a perda de circulação em formações de calcário naturalmente fraturado, o que é um cenário comum na perfuração dos poços de pré-sal. Combater a perda através do uso adequado do poço e materiais de circulação perdidos (LCM) é fundamental para a perfuração bem-sucedida. Neste trabalho, três materiais celulósicos naturais derivados da *Moringa Oleífera* Lam (MoLAM): Caule, Vagem e a torta foram investigados como materiais de controle de perda que medem diferentes parâmetros, como a sua concentração, Distribuição de Tamanho de Partículas (PSD), O fluido base e a pressão. Desta forma, este trabalho tem como objetivo caracterizar e avaliar o material fibroso derivado de *Moringa Oleífera* Lam e estudar o efeito de materiais fibrosos LCM derivados do MoLAM, em diferentes concentrações na luta contra a perda de circulação em formações rochosas permeáveis. Foram realizada a caracterização dos materiais estudados, como Análise termogravimétrica (TG) e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). As partes da MoLAM foram preparadas, os materiais foram então moídos e peneirados em diferentes tamanhos e assim classificadas como fino, médio e grosso. A classificação de tamanho de partícula (PSD) selecionada para este trabalho foi entre médio e fino. Os resultados mostram que, na concentração de 10,5ppb da MoLAM, a torta apresentou melhores resultados em comparação ao material convencional que é o polímero de HLB. Ambos são comumente usados com diferentes propriedades físicas. Foram usados apenas 10,5ppb da torta da MoLAM no mesmo meio filtrante que foi usado 8ppb de HLB, mostrando-se que pode ser viável usar a MoLAM no controle de perda de circulação.

1. Introdução

A perfuração de poços de petróleo é uma operação que tem evoluído significativamente nas últimas décadas, onde novos materiais e tecnologias são propostas para lidar com as inúmeras condições heterogêneas (WALDMANN et al., 2013). Portanto, para funcionar adequadamente, um fluido de perfuração deve ser circulado através do poço e de volta para a superfície, durante o processo pode ocorrer perdas de fluido. Esse fenômeno é intensificado quando estão presentes zonas que possuem fraturas (CALÇADA, L. A. et al., 2015).

Conforme Messenger (1981), as ocorrências de perda de circulação, definidos como a perda de fluidos de perfuração na formação, são conhecidos como sendo um dos problemas mais desafiadores a serem prevenidos ou mitigados durante a fase de perfuração. A gravidade das consequências varia dependendo da gravidade da perda. A gravidade da perda pode ser classificada com base na taxa de perda em bbls / hr; Infiltração (1-10 bbls / h), parcial (10 a 500 bbls / h) e grave (> 500 bbls / h). Ao identificar a gravidade da perda, podem ser tomadas medidas corretivas adequadas para mitigar ou interromper as perdas (Nayberg 1987).

Uma grande variedade de materiais tem sido usada para combater a perda de circulação ao longo dos anos, dentre eles uma mistura com polímeros com uma ampla gama de valores de HLB, sendo uma escolha do material de perda de circulação a ser utilizado num determinado caso (REID, P. et al., 2003). No entanto este trabalho leva em consideração a torta, a vagem e o caule da *Moringa Oleífera* Lam (MoLAM) como um material ideal para o problema de vedação, sendo influenciada, em certa medida, pelo custo e pela disponibilidade numa dada área de perfuração com o objetivo de melhorar o desempenho.

As LCMs derivados da MoLAM são fibrosas e por isso são usadas principalmente em lamas de perfuração, cujo mecanismo consiste na deposição destes materiais sobre a zona onde se encontra a perda, formando uma espécie de rede fibrosa com alta resistência para diminuir a perda de lama em grandes fraturas ou formações vulgares. Neste estudo foram avaliadas três diferentes LCM com fluido base aquosa utilizando o uma Coluna de Acrílico de Enchimento de Permeabilidade.

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais

Para a preparação dos fluidos de combate a perda de circulação foram estudados três tipos de LCM derivado da *Moringa Oleífera* Lam, assim como a sua concentração, a distribuição de tamanho de partícula, o fluido base e a pressão. Os objetivos será estabelecer uma melhor compreensão de como esses parâmetros podem afetar a eficiência de selagem de LCMs derivados da *Moringa Oleífera* Lam e identificar suas limitações em vedações de fraturas. A tabela 1 mostra os tipos de tipo de LCM particulados derivados da MoLAM usado no fluido de perfuração para controle de perda de circulação.

Tabela 1 – LCM da *Moringa Oleífera* Lam utilizado na composição do fluido

Classe	Material		Fornecedor
Celulósico	Parte da <i>Moringa Oleífera</i> Lam	Torta (TO) Caule (CA) Vagem (VA)	LTA- Laboratório de Tecnologia de Alimentos - UFS

O fluido de perfuração não aquoso será selecionado como o fluido de base para realizar os experimentos. A composição deste fluido é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição do fluido de perfuração

Aditivo	Função	Concentração
Água	Fase Continua	350 ml
Goma Xantana	Viscosificante	1,50 a 2,0 lb/bbl
ADCER	Redutor de Filtrado	1,50 a 2,0 lb/bbl
Formiato de Sódio	Inibidor	8,0 a 10,0 lb/bbl
Oxido de Magnésio	Alcalinizante	0,3 a 0,5 lb/bbl
Partes da MoLAM	Obturante	QSP

Os fluidos de perfuração foram preparados de acordo com a prática de campo, que consiste em adicionar os aditivos um a um em 350 ml de água sob agitação constante a uma velocidade de 13.000 rpm em agitador Hamilton Beach, modelo 936, obedecendo a ordem em que se encontram as formulações apresentadas nas Tabela 2. Após adição dos aditivos, a velocidade do agitador foi aumentada para 17.000 rpm, permanecendo por 20 min. A seguir, o fluido permaneceu em repouso durante 24 h. Os experimentos foram realizados em uma coluna de acrílico (figura 1), fornecido pelo LTA – Laboratório de Tecnologia de Alimentos - UFS.

2.1.1 Caracterização dos materiais estudados

Para a caracterização das partes derivado da *Moringa Oleífera* Lam é necessária à investigação de suas características fundamentais, para que se possam determinar suas propriedades físicas e químicas, definindo assim, os seus potenciais de aplicação e avaliando sua utilização dentro de sua capacidade produtiva. No entanto, para a caracterização físico-química de um total de 3 amostras foram feitas análises nos equipamentos: TG (Análise Termogravimétrica) e DSC (Calorimetria Exploratória Diferencial).

Para a realização do ensaio de Análise Termogravimétrica (TG), as amostras separadas granulometricamente foram colocadas no equipamento de modelo DTG – 60H da marca Shimadzu, para a determinação da temperatura máxima em que a amostra mantém suas propriedades originais, ou seja, sem haver nenhum tipo de degradação mássica através das curvas termogravimétricas.

Em conjunto com o experimento TG foi realizado o DSC. Este, determina o fluxo de energia com o tempo através de padrões de calibração, ou seja, se a reação é endotérmica ou exotérmica e mudanças na capacidade calorífica do material estudado, fornecendo resultados qualitativos e quantitativos. O equipamento utilizado é de modelo DSC-60 da marca Shimadzu.

2.1.2 Classificação granulométrica do LCM

Os LCM foram classificados com base na sua aparência como fibrosas, escamosas e granulares (Canson, 1985). Os LCM têm propriedades físicas e químicas diferentes e, portanto, uma seleção adequada de LCM é um fator chave para um tratamento de perda de circulação com sucesso. Portanto técnicas de análise de peneira foram utilizadas para analisar a distribuição de tamanho de partícula (PSD) dos materiais de LCM.

2.2 Avaliação do Desempenho da LCM

Para a formulação de tratamentos de LCM em diferentes concentrações foram utilizadas parte derivado da *Moringa Oleífera* Lam tais como a torta (TO), o caule (CA) e a vagem (VA). Para representar os processos de experimento, foi utilizada uma concentração inicial de 5 ppb (lb/bbl) ao fluido para formular misturas de LCM derivados da MoLam e conseqüentemente foi repetido com uma concentração maior até obter uma formação de sedimentos da vedação com eficácia de bloqueio,

sendo que a Tabela 4 mostra a percentagem de concentração de cada LCM para formular a mistura de LCM individual.

2.2.1 Ensaio Experimental

Neste ensaio, foram utilizada uma coluna de acrílico transparente (diâmetro interno de 50 mm e um comprimento de 30 cm), que será posicionado dentro da coluna, um leito poroso não consolidado de altíssima permeabilidade (figura 1). O conjunto consiste de uma célula de volume de 500 ml que em sua extremidade superior é acoplado o sistema de pressurização com Nitrogênio. O sistema a ser testado é então posicionado sobre o meio poroso (Areia e Brita) e submetido a um diferencial de pressão, tendo como objetivo simular o escoamento através do meio poroso entre poço e formação, forçando a invasão do meio poroso. Com fluido base aquosa (FBA) foram determinadas a eficácia de seleção de materiais de LCM, fluxo de fluido através do leito e a formação de sedimentos da vedação e assim obter um resultado melhor ao material de comparação.



Figura 1 – Coluna de Acrílico

3. Resultados e Discussão

3.1 Termogravimetria

Os eventos são mostrados na curva de TG, foi plotado também a curva DTG, que corresponde à primeira derivada da curva TG. As curvas TG/DTG para a torta da semente da MoLAM sob a granulometria de 32 mêsh, a vagem de 100 mêsh e o caule 32 mêsh estão representadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Percentual de perda mássica total para a amostra na faixa de temperatura de 30 a 600 °C

Amostra	Perda Mássica Total de 30 a 100 °C (%)	Perda Mássica Total de 198 a 348 °C (%)	Perda Mássica Total de 348 a 600 °C (%)	Temperatura da Perda Mássica Máxima (°C)
Torta Moringa	5,4	29,98	61,61	353,82
Vagem Moringa	9,01	34,21	26,30	209
Caule Moringa	7,11	36,56	30,16	198

A temperatura inicial de decomposição ocorreu aos 30 °C para as três amostras caracterizado pela perda de água até 100 °C, a torta foi em 5,401% em massa, a vagem em 9,01% em massa e o caule em 7,11% em massa. Outro evento de perda de massa ocorreu no intervalo de 198,51 °C e 348,13 °C, representando 29,983% para a torta, no intervalo de 210°C e 333 °C, representando 34,21% para a vagem e no intervalo de 199°C e 334,71°C, representando 36,56% para o caule. A temperatura

de degradação mássica máxima da amostra ocorreu numa faixa de temperatura entre 348,73 e 600 °C, representando 61,61% da massa total da amostra, sendo atribuída, principalmente, à degradação do óleo para a torta, sendo que a temperatura de degradação mássica máxima da amostra da vagem ocorreu numa faixa de temperatura entre 333 e 600°C representando 26,30% da massa total da amostra já para o caule A temperatura de degradação mássica máxima da amostra ocorreu numa faixa de temperatura entre 348,73 e 600 °C, representando 30,16% da massa total da amostra.

Curvas TG e DTG para a torta, a vagem e o caule da MoLAM à um aquecimento de 30 a 600 °C podem ser vista nas figuras 2, 3 e 4.

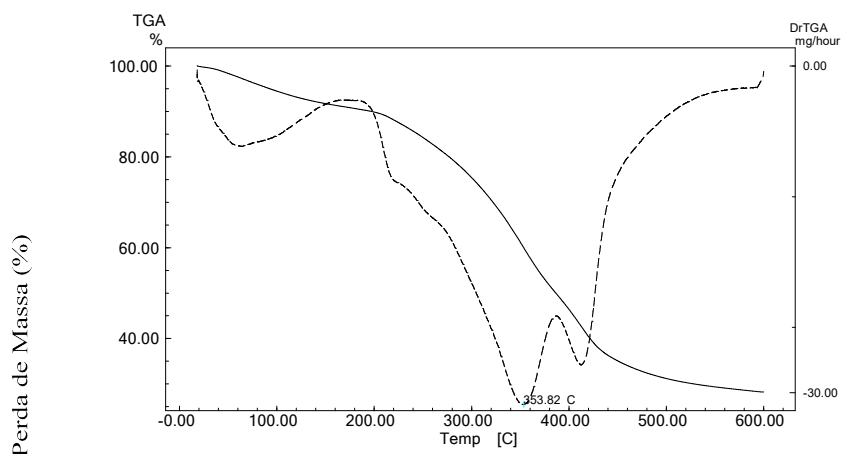


Figura 2 - Curvas TG e DTG para a torta da MoLAM de 32 mesh à um aquecimento de 30 a 600 °C.

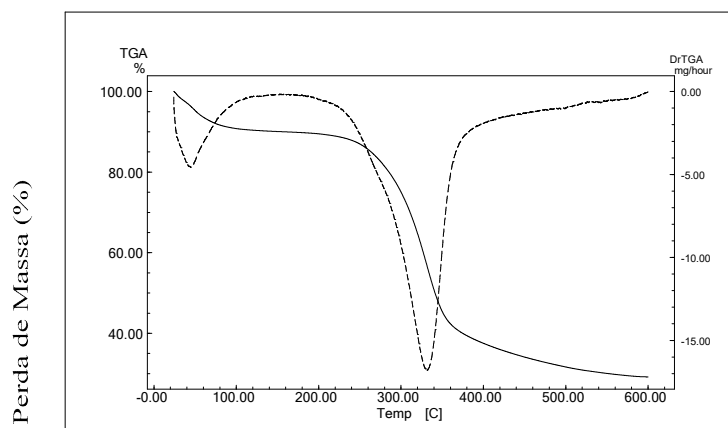


Figura 3 - Curvas TG e DTG para vagem da MoLAM de 100 mesh à um aquecimento de 30 a 600 °C.

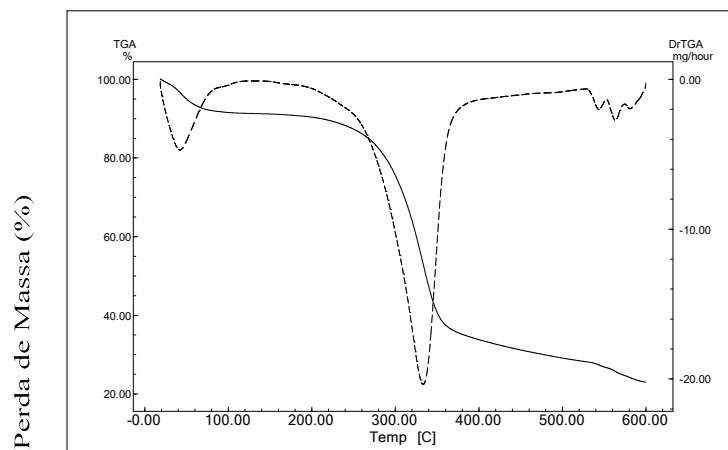


Figura 4 - Curvas TG e DTG para do caule da MoLAM de 32 mesh à um aquecimento de 30 a 600 °C.

3.2 DSC

Os resultados das amostras são mostrados na curva de DSC representadas na Figura 5. Observando o gráfico agrupados (torta, vagem e caule) pode-se afirmar que todos apresentam inicialmente um evento endotérmico. Este está caracterizado pela diferença de capacidade calorífica entre a amostra e a referência. O segundo evento, nas diferentes granulometrias de cada amostra utilizada, indica que a dimensão influi sobre as temperaturas de fusão dos seus componentes, tendo como único diferencial a intensidade do pico, mostrando uma maior resolução, porém os tamanhos das partículas mostram uma maior sensibilidade dos dados.

Na torta, é observado a temperatura de 222,66°C um primeiro pico de fusão que pode ser atribuído a celulose e a hemicelulose que está presa ao material, e um segundo evento endotérmico que ocorre a 423,68°C, esse pico de decomposição ou dissociação pode ser atribuídos a frações de lignina poliméricas presentes na amostra. Nas amostras feitas com a vagem é possível observar um pico a 49,60°C que pode ser atribuído a vaporização da água intersticial ainda presente da fibra, ocorrendo posteriormente um evento exotérmico discreto a 417,08°C, que poderia ser atribuído os resíduos de óleo que foram vaporizados ou oxidação polimérica. Nas amostras do caule são observados vários eventos de fusão, apresentando instabilidade, que pode ser atribuído aos diversos componentes da composição da biomassa, sendo necessário uma análise elementar mais detalhada para determinar as frações presentes com precisão, embora o pico a 98,03°C, seja a de fusão e um segundo evento endotérmico que ocorre a 424,94°C.

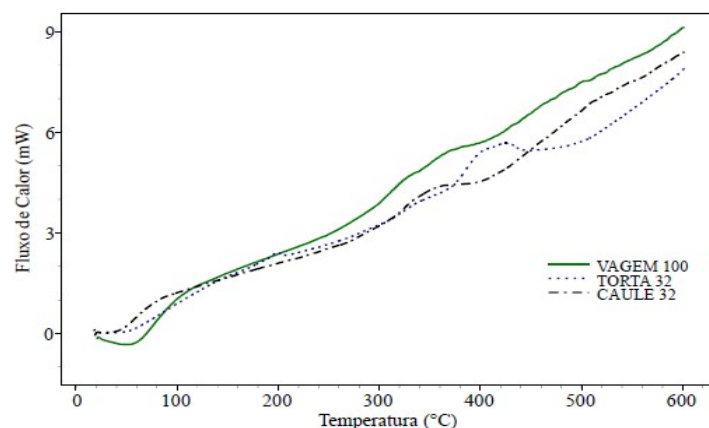


Figura 5 - As curvas de DSC do caule, vagem e da tora da MoLAM.

3.3 Ensaio em leito poroso de alta permeabilidade

Os resultados obtidos dos estudos experimentais e dos testes usando a brita e areia 20/40 (tabela 4), simulando um meio poroso os quais foram avaliados no presente trabalho, mostraram resultados satisfatórios em comparação com o material comercial o HLB. Os PSD's derivados da MoLAM são materiais natural, celulósico e sem tratamentos químicos, isso o tornou um material mais econômico em comparação com os materiais de mercados, assim como sua disponibilidade.

Neste experimento foram realizados vários testes com concentrações diferentes (tabela 4), até obter uma invasão de fluido igual ou menor ao material de comparação que é o HLB. Neste caso foram feitos testes com concentrações de 5ppb até 10,5ppb em meio filtrante. Com os testes realizados com as partes da MoLAM, o material que obteve resultados satisfatórios foi a torta, no qual foram usados 10,5ppb com mesh de 32.

Tabela 4. Concentração de cada LCM para formular mistura de LCM individual.

Nome do meio filtrante		Brita				Areia 20/40			
Filtrante #		1	2	3	4	1	2	3	4
Tipo LCM	Mêsh	Concentração de LCM usado individualmente em 350ml							
Torta	32	#5ppb	#6ppb	#8,5ppb	#9,5ppb	#5ppb	#6ppb	#8,5ppb	#9,5ppb
Caule	32	#5ppb	#6ppb	#8,5ppb	#9,5ppb	#5ppb	#6ppb	#8,5ppb	#9,5ppb
Vagem	100	#5ppb	#6ppb	#8,5ppb	#9,5ppb	#5ppb	#6ppb	#8,5ppb	#9,5ppb

A Tabela abaixo mostra as comparações das características de invasão de fluidos contendo partes derivadas da MoLam no meio poroso com brita e areia 20/40, com uma pressão de 100psi durante um tempo de 30 minutos.

Tabela 5. Resultados da invasão dos fluidos de perfuração, testados com as partes da MoLAM

Partes da MoLam	Invasão no Meio Poroso (Brita)	Invasão no Meio Poroso (Areia 20/40)	Conc. Das Partes da MoLAM (ppb)
Torta	Total	35%	10,5
Caule	Total	90%	10,5
Vagem	Total	82%	10,5

Conforme a tabela 5, mostra que a concentração de 10,5ppb da torta da MoLAM, é necessário para produzir um de fluido de controle de perda de circulação, usando a areia 20/40 como meio filtrante sendo observado uma perda de filtrado muito discreta e pequena através do meio poroso e a formação de um reboco espesso e de baixa permeabilidade. A torta foi o material que produziu maior rendimento comparando com o de mercado, o tratamento com a torta da MoLAM, provou ser bem sucedido em controle de perdas de circulação, além de ser um material natural, econômico e de fácil acesso em nossa região é um material que não precisar de tratamentos químicos.

4. Conclusões

De acordo ao que foi exposto neste trabalho podemos concluir que:

- ❖ As metodologias experimentais apresentadas mostraram-se úteis para avaliar a eficiência de de controle de perda para cenário de fraturas.
- ❖ A coluna de acrílico apresentou-se como uma metodologia experimental diferenciada, na qual é possível solucionar dúvidas levantadas através dos ensaios de filtração em meios porosos. Esse tipo de metodologia permite nos aproximar um pouco mais da realidade.
- ❖ Aplicações de novos materiais como, por exemplo a TORTA da MoLam apresentou bons resultados em laboratório, comparando-o com o material de combate a perda HLB.
- ❖ Foram usados apenas 10,5ppb da torta da MoLAM no mesmo meio filtrante que foi usado 8ppb de HLB, mostrando-se que é viável usar a torta da MoLAM no controle de perda de Circulação.
- ❖ Neste caso a torta da MoLAM, pode ser uma alternativa ao controle de perda de circulação em campos de perfuração de poços de petróleo.

- ❖ No ensaio em meios porosos usando a brita, o tamponamento não pode ser uma alternativa para perdas de circulação em poços, mais pode ser usado como solução de erros para a areia 20/40.

5. Agradecimentos

Agradeço a todos os autores que colaboraram na elaboração do trabalho, assim como todos que trabalham no LTA por ter cedido o espaço e ajudado para a realização das análises.

Referências Bibliográficas

Calçada, L. A., et al. "Evaluation of suspension flow and particulate materials for control of fluid losses in drilling operation." *Journal of Petroleum Science and Engineering* 131 (2015): 1-10.

CANSON, B. E. et al. Lost Circulation Treatments for Naturally Fractured, Vugular, or Cavernous Formations. In: SPE/IADC Drilling Conference. Society of Petroleum Engineers, 1985. Zhao C. Development of nanoelectrospray and application to protein research and drug Discovery [dissertation]. Buffalo (NY): State University of New York at Buffalo; 2005. 276 p.

MESSENGER, J.: Lost Circulation, A practical approach to preventing , assessing, and solving lost circulation problemas, Tulsa, Oklahoma, USA, PennWell Publishing Co (1981)

Nayberg, T. (1987). "Laboratory study of lost circulation materials for use in both oil-based and water-based drilling muds." *SPE_Drilling_Engineering* 2(03): 229-236.

REID, P. et al. Novel drilling, completion and workover fluids for depleted zones: avoiding losses, formation damage and stuck pipe. In: **SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition**. Society of Petroleum Engineers, 2003.

WALDMANN, A.T.A.; SOUZA, E .A.DE; MAGALHÃES, S.; ALVES, W.K.S. ; SCHEID, C. M ; CALÇADA,L.A. “ESFORÇOS PARA MINIMIZAR PERDAS DE CIRCULAÇÃO EM MEIOS POROSOS FRATURADOS”. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 2013, Macéio-AL.