



BIOMASSA DA MORINGA *OLEIFERA* LAM. COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

Samia Tássia Andrade Maciel¹; Bruno Rafael Araújo²; Lisiane dos Santos Freitas³; Gabriel Francisco da Silva⁴

¹ Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Química – maciel@gmail.com

² Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Química – lisiane_santos_freitas@yahoo.com.br

³ Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Química – bra_araujo@yahoo.com.br

⁴ Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Química – gabriel@ufs.br

RESUMO

Os subprodutos da *Moringa oleifera* Lam. são bastante conhecidos por seus valores medicinais e nutricionais. Neste trabalho, os resíduos das sementes da *M. oleifera* foram investigados como uma fonte potencial de bio-óleo. Caracterizações termoquímicas das biomassas foram realizadas através das análises de teor de umidade, cinzas, voláteis e análise estrutural. Os valores de poder calorífico das biomassas variaram entre 17 e 21 MJ / Kg. Os resultados iniciais mostraram que a biomassa da *M. oleifera*, independentemente do tipo de obtenção da torta, pode potencialmente produzir energia através de processos de conversão termoquímica. Da análise termogravimétrica das amostras, foi estudado o comportamento térmico sob uma atmosfera inerte de N₂ e taxa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹, onde foi observado que a faixa de temperatura ideal para uma melhor conversão da biomassa em bio-óleo por pirólise está entre 500 e 600 °C. Concluímos que a *M. oleifera* apresenta boas características de biomassas como uma fonte renovável promissora para obtenção de bio-óleo.

Palavras-chave: *Moringa oleifera*, biomassa, pirólise, bio-óleo.

1. INTRODUÇÃO

A moringa *oleifera* pertence à família *Moringaceae*, composta de apenas um gênero (moringa) e quatorze espécies conhecidas, nativa do norte da Índia [ANWAR *et al.*, 2007]. No Brasil é encontrada frequentemente na região Nordeste, devido à sua fácil adaptação climática. Apresenta uma aplicabilidade versátil [MAHMOOD, *et al.*, 2010], sendo um importante gênero alimentício, uma vez que a moringa é rica em proteínas [MANZLOOR *et al.*, 2007], utilizada como agente coagulante, clarificante em águas residuais, na medicina e indústria de fármacos, agindo contra uma ampla variedade de doenças [RAJANANDH, 2012], na indústria de cosméticos. As vantagens da utilização da moringa vão

além do seu uso como coagulante natural junto com a filtração, utilizado no tratamento de efluentes. Estende-se também, para produção dos biocombustíveis através da extração do óleo das sementes e cascas.

A biomassa gerada da extração do óleo de moringa, seja por extração mecânica (prensa automática) ou por extração química (solvente), é definida como “torta da moringa”. Na literatura, a torta é pouco estudada como fonte produtora de biocombustíveis. Tendo em vista a escassez de aplicabilidade da torta da moringa, torna-se relevante o desenvolvimento de estratégias para o uso racional deste resíduo.

Resíduos de origem vegetal e animal, como madeira, produtos e resíduos agrícolas, resíduos florestais,



excrementos animais, carvão vegetal, álcool, óleos animais e vegetais, tortas residuais de biodiesel, biogás são formas de biomassa potencialmente utilizáveis para produção de energia, podendo ser transformados, por exemplo, por processos termoquímicos contínuos ou semi-contínuos ou em reator de leito fixo, resultando em novas fontes energéticas como o bio-óleo.

O uso da biomassa para processos da produção de bio-óleo é dado através da pirólise rápida em atmosfera inerte. O bio-óleo, também conhecido como vapores condensáveis, é uma mistura complexa com grande quantidade de compostos oxigenados e instável termo e quimicamente. Pesquisas em bio-óleo estão crescendo para suprir deficiências energéticas e diminuir a geração de resíduos da indústria alimentícia e da indústria petrolífera [DEMIRBAS *et al.*, 2009]. Como vantagens da utilização da biomassa, têm-se a substituição aos combustíveis fósseis, podendo citar a menor poluição atmosférica global e localizada, estabilidade do ciclo de carbono e maior emprego de mão de obra. Portanto, o bio-óleo busca utilizar a pirólise da biomassa como fonte de energia de conversão da matéria orgânica em compostos menores e similares aos combustíveis fósseis.

Nesse contexto, considera-se a relevância de aumentar a funcionalidade dos resíduos obtidos da extração de óleo da *Moringa oleífera* Lam., aliado ao potencial de empregar em um processo de termocraqueamento desta biomassa para a obtenção de bio-óleo. Sendo este, uma forma lógica de substituir fontes não renováveis de forma mais limpa e biosustentáveis.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, a metodologia foi dividida em duas partes: a obtenção da torta da moringa e caracterização das amostras.

2.1. Material de estudo e obtenção da Torta

As sementes da *Moringa oleífera* utilizadas nesse projeto foram de árvores cultivadas na cidade de Arara - Paraíba. A torta da *Moringa* foi obtida após a extração do óleo das sementes com casca por dois processos distintos de extração, sendo um via extração química (n-hexano) por Soxhlet (metodologia AOAC) e um via extração mecânica (prensa extratora). Além disso, foi feito um pré-tratamento da semente da Moringa no ultrassom com n-hexano, de acordo com a metodologia apresentada por Shi *et al.*, [2013], com o intuito de quebrar a estrutura da lignina em estruturas menores, extrair o óleo da semente e avaliar o possível aumento do rendimento do bio-óleo em relação ao obtido nas biomassas química e mecânica e da semente com casca da moringa. No entanto, para a semente pré-tratada foi feita a caracterização apenas por análise termogravimétrica.

A semente da Moringa “in natura” foi utilizada apenas para efeitos comparativos.

2.2. Caracterização das Amostras

Com base nas informações das caracterizações é possível avaliar o potencial das amostras em produzir biocombustíveis.

2.2.1. Granulometria

Visando a homogeneização do tamanho das partículas, as amostras foram submetidas a um processo de separação granulométrica com agitação mecânica, utilizando um conjunto de peneiras. A granulometria escolhida foi de 0,425 mm, ou, 40 Mesh.

2.2.2. Teor de Umidade, Cinzas e Voláteis



O teor de umidade foi determinado através do método gravimétrico com a utilização de estufa a 105 °C [BRASIL, 2009] que se baseia no peso da água removida das sementes durante a sua permanência na estufa por 24 h. A realização dos cálculos do teor de umidade foi dada de acordo com a equação [1].

$$\% \text{umidade} = \frac{((g \text{ da amostra}) - (g \text{ da amostra seca})) * 100}{g \text{ da amostra}} \quad [1]$$

O teor de cinzas foi determinado através da metodologia descrita pelas normas analíticas do Instituto Adolf Lutz [IAL, 1985]. A análise deste teor foi determinada por incineração em uma mufla a 550°C por 24h. O cálculo do teor de cinzas foi dado através da equação [2].

$$\% \text{cinzas} = \frac{(g \text{ de cinzas} * 100)}{g \text{ da amostra}} \quad [2]$$

O teor de voláteis foi determinado pela *Official Methods of Analysis of AOAC Internacional* [A.O.A.C., 1995]. Os teores foram medidos com a perda de peso após a exposição a 900 °C durante 7 min. O teor de voláteis foi dado através da equação [3].

$$\% \text{voláteis} = \left(\frac{\text{massa inicial} - \text{massa final}}{\text{massa inicial}} \right) * 100 \quad [3]$$

2.2.3. Análise elementar de CHN

A análise elementar foi realizada para determinar a composição elementar de base das amostras de biomassa. As amostras foram analisadas no analisador elementar *ThermoFinnigan* (modelo Flash 1112 Series EA) para a medição dos teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio. O teor de oxigênio foi obtido através da correlação descrita na equação [4] [SHENG & AZEVEDO, 2005]:

$$O = 100 - C - H - \text{Cinzas} \quad [4]$$

Onde: O - % massa de oxigênio; C - % massa de Carbono; H - % massa de Hidrogênio.

2.2.4. Poder Calorífico (HHV)

A determinação do poder calorífico das amostras foi estimada a partir da composição elementar dos principais elementos (% massa) C, H e O, usando a fórmula proposta por Sheng & Azevedo [2005], como segue na equação [5]:

$$HHV (MJ kg^{-1}) = -1,3675 + (0,3137 * C) + (0,7009 * H) + (0,0318 * O) \quad [5]$$

Onde: HHV - poder calorífico; C - % massa de Carbono; H - % massa de Hidrogênio; O - % massa de Oxigênio (obtido na equação 4).

2.2.5. Espectroscopia de Infravermelho

Esta técnica contribui para a identificação de grupos funcionais dos compostos existentes na matriz. As análises foram realizadas no espectrofotômetro de Infravermelho da *ThermoScientific Nicolet iS10*. O espectro de infravermelho foi obtido na região de 4000 a 750 cm^{-1} , resolução 4 cm^{-1} , 32 scans.

2.2.6. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A MEV foi aplicada para a visualização das características morfológicas das tortas química e mecânica da moringa, como também, da sua semente com casca. As amostras foram fixadas em fita de carbono e as micrografias foram obtidas utilizando microscópio eletrônico de varredura Hitachi TM 3000, operando com voltagem de aceleração de 15 kV, corrente de filamento de 1850 mA, sob alto vácuo.



2.2.7. Análise termogravimétrica (TG)

As análises termogravimétricas para a caracterização da torta de sementes da moringa e das sementes trituradas foram realizadas com o objetivo de estudar o perfil de degradação mássico quando submetidos à altas temperaturas. As análises foram feitas numa termobalança *Simultaneous DTA – TG Apparatus*, modelo DTG – 60H da *Shimadzu*, sob atmosfera inerte (N_2), fluxo de 100 mL.min⁻¹, com uma massa de aproximadamente 2,5 mg, acondicionada em cadinhos de alumínio, em uma taxa de aquecimento de 10 °C min⁻¹, na faixa de temperatura 30 até 600 °C.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos de teor de umidade, cinzas e voláteis para a semente, torta mecânica e torta química da *Moringa Oleifera* Lam., foram feitos em triplicata para garantir a confiabilidade dos resultados. Na Tabela 1, são apresentados a média dos teores com os seus respectivos desvios padrões.

Tabela 1: Teores percentuais de umidade, cinzas e voláteis da semente e biomassas da Moringa.

Amostra	Teor de Umidade (%)	Teor de Cinzas (%)	Teor de Voláteis (%)
Semente	7,29 ± 0,20	4,91 ± 0,12	91,05 ± 0,17
	16,24 ± 0,05	4,70 ± 0,13	83,90 ± 1,32
Torta Mecânica	8,74 ± 0,39	6,70 ± 0,12	89,84 ± 0,26
Torta Química			

O teor de umidade é essencial na escolha do método de conversão de energia. Para baixos teores de umidade na biomassa (<10%), o melhor método para o processo de conversão térmica é a pirólise. Enquanto que para teores de umidade mais elevados, é mais indicada a

conversão por rotas de conversão bioquímica [TITLOYE *et al.*, 2013]. De acordo com os resultados obtidos da Tabela 1, foi observado que os valores de umidade variaram de 7 a 16 %. Como o teor da torta mecânica foi maior que 10%, fez-se necessária a secagem da amostra por 21h na estufa à 60 °C para que o sua umidade fosse reduzida a um percentual inferior a 10%. Portanto, com os teores de umidade das amostras menores que 10%, é evidenciado que a pirólise é o método mais adequado para a sua conversão térmica.

Cinzas é a parte inorgânica do combustível após a combustão completa. Geralmente, o teor em cinzas da biomassa varia entre 1 a 40%. Quando o seu teor é elevado, ou seja, para valores superiores a 10 %, acarreta na deposição de incrustações no fundo da fornalha, causando a diminuição no rendimento do produto final e na taxa de aquecimento. Alto teor de umidade e cinzas têm um impacto negativo sobre o processo pois ambos reduzem o teor de aquecimento da biomassa [GARCÍA *et al.*, 2012]. Para o teor de cinzas, foram obtidos os valores inferiores a 7 %, caracterizando teores relativamente baixos, possibilitando a queima da biomassa sem diminuir o rendimento dos produtos gerados durante a pirólise.

A matéria volátil refere-se aos componentes liberados quando o combustível é aquecido em temperaturas elevadas. O teor de voláteis obtido para as amostras foram superiores a 83 %, caracterizando-se um alto teor e condizente com a literatura, uma vez que a biomassa tem, frequentemente, um alto teor volátil, com os valores típicos de 75%, mas que pode aumentar até 90%, dependendo da origem da amostra [KHAN *et al.*, 2009]. O alto teor tem um impacto positivo sobre o processo de conversão termoquímico, onde altos rendimentos de bio-óleo e gás de síntese podem ser produzidos [GARCÍA *et al.*, 2012; SALAHDELDEEN *et al.*, 2014].



Na Tabela 2, são apresentados os resultados obtidos para a análise elementar das amostras, como também, o seu poder calorífico calculado através da equação 5. O carbono, hidrogênio e oxigênio são os principais componentes da semente e das biomassas da *Moringa oleifera*. Segundo García *et al.* [2012], carbono e oxigênio contribuem de forma positiva para o HHV do combustível.

Tabela 2: Análise elementar (%) e HHV (MJ/Kg) da semente e biomassas da *Moringa*.

Amostra	C	H	N	O	HHV
Semente	49,5	8,2	4,1	37,4	21,1
Torta Mecânica	44,8	7,1	4,4	43,4	19,0
Torta Química	40,3	6,4	7,3	46,6	17,3

As amostras apresentaram valores de C e O entre 40 ~ 50 % e 37 ~ 47 %, respectivamente. Os valores de C e O encontrados por Titiloye *et al.* (2013), para a torta mecânica da *Moringa*, foram de 45,59 % e 41,45 %, bem próximos com os valores obtidos, essa pequena variação dos teores se deve a origem das amostras estudadas, ao teor de óleo, havendo assim, uma variação na sua composição elementar.

O teor de hidrogênio, exceto para a semente, encontra-se entre 6 ~ 8 %, o que já era esperado de acordo com o encontrado na literatura [GARCÍA *et al.*, 2012; TITILOYE *et al.*, 2013; SALAHELDEEN *et al.*, 2014]. Essa pequena quantidade de H, quando comparado ao teor de C, significa que a contribuição do H ao poder calorífico é muito menor que a contribuição de C.

O nitrogênio, durante sua combustão, é quase completamente convertido em gases (N_2) e óxidos de nitrogênio (NOx), que é o principal impacto ambiental causado pela queima de biomassa [GARCÍA *et al.*, 2012]. Portanto, é essencial que a biomassa com potencial gerador de bio-óleo tenha

baixos níveis de nitrogênio. Como pode ser visto (Tabela 2), as amostras estudadas apresentam teores entre 4 e 7 % de N, sendo assim, uma pequena contribuição com relação a composição da biomassa.

Os valores do poder calorífico, é uma medida da energia que é liberada durante o processo de combustão [EROL *et al.*, 2010]. Essa propriedade é importante para avaliar a qualidade de uma biomassa sólida para ser utilizada como uma matéria-prima para biocombustível [GILLESPIE *et al.*, 2013].

Os biocombustíveis têm valores de aquecimento mais baixos em comparação com combustíveis fósseis [KHAN, 2009], variando entre 12 e 21 MJ/Kg em base seca. Isto implica que eles podem ser fontes de energia potenciais na produção de bio-óleo (TITILOYE *et al.*, 2013). Da Tabela 5, foram observados valores que confirmam, mais uma vez, a grande potencialidade destes resíduos para a produção de bio-óleo por conversão termoquímica.

Tendo vista o potencial das amostras estudadas em produzir combustíveis renováveis através das caracterizações apresentadas acima, foi necessário estudar um pouco mais sobre as amostras através de técnicas como infravermelho, microscopia e a análise termogravimétrica.

Na Figura 1, observa-se o espectro de infravermelho da semente, torta química e torta mecânica da *Moringa oleifera* obtido na região compreendida entre 500 – 4000 cm^{-1} .

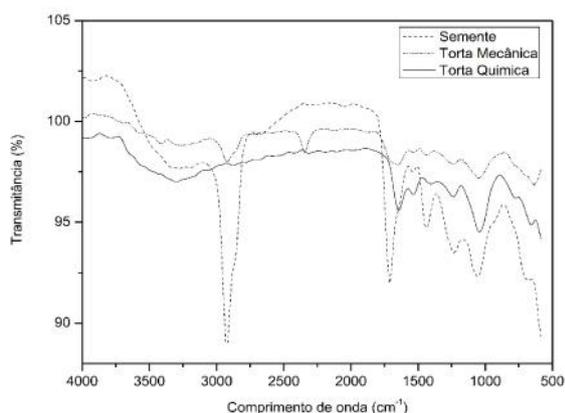


FIGURA 1: Espectro do Infravermelho para a semente, torta química e torta mecânica da *Moringa oleifera* Lam.

O espectro obtido indica que as bandas entre 500 cm^{-1} e 4000 cm^{-1} praticamente não variaram para as amostras, exceto pela presença de uma banda em 2225 cm^{-1} para a torta mecânica e pelo desaparecimento da banda em 2930 cm^{-1} na torta química. Essas bandas indicam a presença de grupos hidroxilas, carboxilas, carbonilas e aminas [ARAÚJO *et al.*, 2010]. Ainda é possível notar que os picos são mais intensos para a semente “*in natura*” do que para as biomassas, pois as biomassas passaram por um processo de extração química e mecânica onde houve uma alteração da sua composição estrutural.

A banda larga localizada entre 3363 cm^{-1} pode ser atribuída ao estiramento da ligação O-H presente nas proteínas, ácidos graxos, carboidratos e lignina. Nesta região ainda há uma contribuição referente ao estiramento da ligação N-H de amidas devido ao elevado teor de proteínas presentes nas sementes da *Moringa oleifera* [ALVES *et al.*, 2010]. O pico em 2930 cm^{-1} , ausente na torta química, corresponde aos estiramentos simétricos da ligação C-H dos grupos CH_2 . Durante o processo de extração química da semente com n-hexano, ocorreu uma interação do solvente com o grupo CH_2 , que alterou o padrão do

espectro nessa região. A intensidade dessa banda na semente é atribuída predominantemente ao componente lipídico que está presente em elevada proporção semelhante à proporção da proteína [PASSOS, 2012].

Os picos de bandas entre 1750 e 1600 cm^{-1} estão atribuídos ao estiramento da ligação C=O. Devido à natureza heterogênea da semente, o grupo carbonila pode estar ligado a vizinhanças diferentes fazendo parte dos ácidos graxos da porção lipídica e das amidas da porção proteica. O pico observado em 1712 cm^{-1} é atribuído ao componente lipídico e, em 1604 cm^{-1} , a carbonila de amidas presentes na porção proteica. Em 1434 cm^{-1} , o pico pode estar associado às deformações angulares de $-(\text{CH}_2)_n-$ e CH_3 . No pico em 1234 cm^{-1} observa-se uma banda resultante de interação entre vibrações de torção de grupos N-H e alongação de ligações C-N. Observa-se um pico em 1064 cm^{-1} que pode estar associado à alongação de ligação C-O (ALVES *et al.*, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2010).

O perfil de degradação da massa em função da temperatura das amostras é apresentado Figura 2.

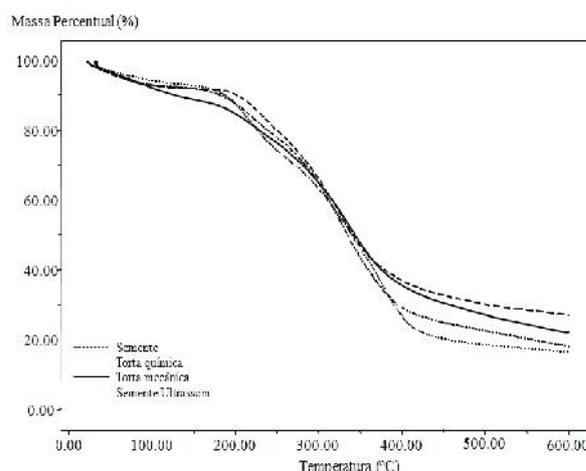


FIGURA 2: Curvas TG para as amostras à um aquecimento de 30 a $600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Das curvas TG das amostras, é visto que a semente, seguida da semente pré-



tratada no ultrassom, possuem os maiores valores de degradação total da amostra à 600 °C, atingindo valores superiores a 80%, pois ambas possuem uma maior quantidade de óleo presente com relação as biomassas.

As curvas TG também são úteis para determinar a temperatura ótima necessária para a reação de pirólise. É possível observar que entre as temperaturas de 500 e 600 °C, as amostras estudadas já foram praticamente degradadas, não apresentando nenhum evento significativo de perda mássica após estas temperaturas. Na Tabela 3, são apresentados os percentuais de perdas mássica total das amostras nas faixas de temperaturas de 30 a 500 °C e de 30 a 600 °C, respectivamente. Além disso, é disposto a temperatura em que ocorre a perda mássica máxima.

Tabela 3: Percentual de perda mássica total para as amostras na faixa de temperatura de 30 a 500 °C e 30 a 600 °C e temperatura de perda mássica máxima.

Amostra	Perda Mássica a 500 °C (%)	Perda Mássica a 600 °C (%)
Semente	81,19	83,27
T. Ultrassom	77,14	81,44
T. Mecânica	71,14	76,24
T. Química	69,57	72,57

Da Tabela 3, é observado que a semente pré-tratada na ultrassom, que também é uma biomassa, uma vez que passou por um processo de extração do óleo da semente onde foi reaproveitado o resíduo gerado, apresentou uma melhor conversão mássica quando comparada as tortas mecânica e química via Soxhlet para as duas temperaturas, com percentual de 77,14 %, contra 71,14 e 68,57 % para 500 °C e 81,44 %, contra 76,24 e 72,57 % para 600 °C, respectivamente. Mostrando-se assim, a

biomassa que, possivelmente, alcançará os maiores rendimentos do bio-óleo, seguida da torta mecânica.

Analisando as conversões totais obtidas a 500 e 600 °C, é visto que a diferença percentual entre as duas temperaturas é inferior a 5,5 %. Logo, a temperatura ideal de pirólise para a conversão térmica da biomassa é entre a faixa de 500 ~ 600 °C.

Através da análise térmica, além de avaliar o perfil de degradação mássico da semente e biomassas da Moringa oleífera Lam., foi possível determinar a temperatura de pirólise ideal para as maiores conversões de biomassa em bio-óleo.

Na Figura 3 foram plotadas curvas das derivadas termogravimétricas (DTG) das amostras onde as três etapas de degradação mássica são melhor visualizadas.

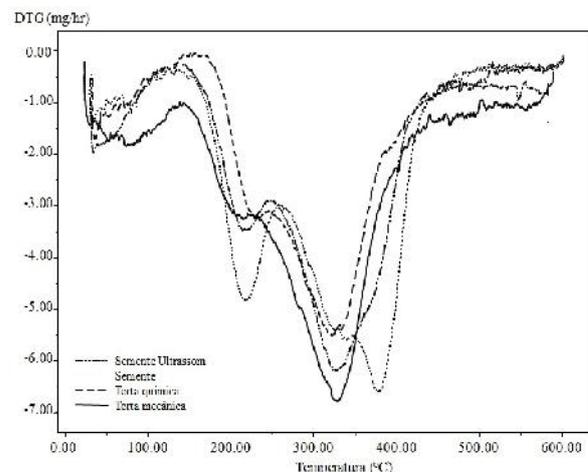


FIGURA 3: Curvas DTG para as amostras à um aquecimento de 30 a 600 °C.

Na primeira etapa, compreendida entre 30 e 150 °C para as amostras, exceto a semente, que tem uma temperatura final de 165 °C, está atribuída a desidratação, ou seja, a perda da umidade. Nesta fase, é observado um pequeno pico na curva de DTG (Figura 3), já que as amostras apresentam baixo teor de água (< 10%). A segunda, de 150 à, aproximadamente, 255 °C, ocorre a decomposição da hemicelulose, proteínas



e carboidratos [ARAÚJO *et al.*, 2010]. Os picos mais evidentes, ou seja, que caracterizam a maior parcela de perda mássica, indicam a decomposição celulose, lignina e do óleo de ácidos graxos presente nas amostras, correspondendo a terceira e última etapa do processo de degradação térmica (~ 255 - 480 °C) [ALVES *et al.*, 2010; TITILOYE *et al.*, 2013].

Para a MEV, é apresentado na Figura 4 em diferentes valores de ampliação (4a, 4c, 4e para ampliações de x250 e 4b, 4d e 4f, para ampliações de x1000), que o material estudado apresenta uma matriz com distribuição heterogênea relativamente porosa.

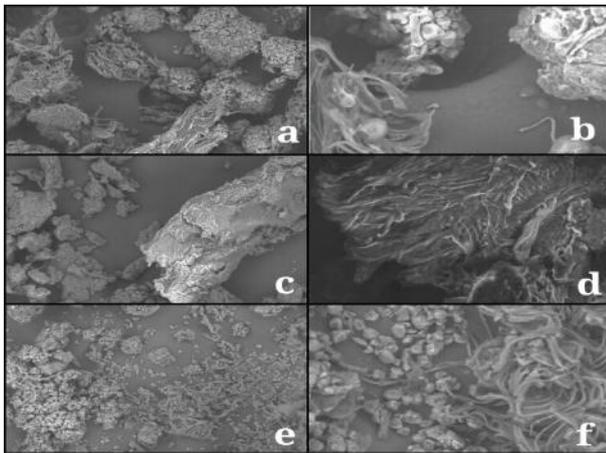


FIGURA 4: Microscopia Eletrônica de Varredura para a Semente (4a - x250 / 4b- x1000), Torta Mecânica (4c - x250 / 4d - x1000) e Torta Química (4e - x250 / 4f - x1000).

Para a semente (Figuras 4a e 4b), é observado que as fibras que a compõem são aglomeradas. Quando a amostra foi submetida a prensagem, originando a torta mecânica, as fibras ficam mais planas, dando uma aparência de várias estrias (Figuras 4c e 4d). Para a torta química (Figuras 4e e 4f), onde a semente é exposta a uma extração com solvente orgânico, o solvente faz com que essas fibras formem aglomerações bem menores comparadas as aglomerações presentes na semente “in natura”,

havendo assim, um rompimento das fibras.

A análise morfológica das fibras corroboram para o entendimento das temperaturas onde ocorrem a conversão máxima das amostras obtidas através da análise termogravimétrica. Para as tortas que passaram por um processo químico, Soxhlet e Ultrassom, a temperatura é de 319,86 e 328,34 °C, respectivamente, valores estes, inferiores quando comparados a torta mecânica, 340,52 °C e semente, 379,09 °C. Isto é justificado pois o processo químico fez com que as fibras se aglomerassem em formações menores, ou seja, as ligações dos seus componentes estruturais foram rompidas, necessitando assim, de menor energia para a conversão da amostra. Consequentemente, para a semente que não passou por nenhum processo de extração, apresentando grandes aglomerações das fibras, necessitará de uma maior quantidade de calor para sua conversão.

4. CONCLUSÕES

As caracterizações das biomassas foram determinadas, a fim de fornecer informações sobre o seu uso potencial como matéria-prima em processos de conversão termoquímica para produção de biocombustíveis.

O teor de umidade das amostras foram inferiores a 10 %, indicando que o melhor processo de conversão térmica da biomassa é a pirólise. Já para o teor de cinzas, os valores inferiores a 7 %, possibilitam a queima da biomassa sem diminuir o rendimento dos produtos gerados durante a pirólise. Os altos teores de voláteis, sugere altos rendimentos de bio-óleo e gás de síntese podem ser produzidos.

A partir da análise elementar foi calculado o poder calorífico das amostras, em que foram obtidos 17 e 21 MJ/Kg em base seca. Isto implica que eles podem



ser fontes de energia potenciais na produção de bio-óleo.

A análise termogravimétrica, mostrou-se uma técnica muito eficaz para a indicação de que os resíduos estudados são facilmente decompostos através do processamento térmico e seriam excelentes matérias-primas para as reações de pirólise com temperaturas entre 500 e 600 °C.

5. AGRADECIMENTOS

A CAPES pelo financiamento do projeto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, V. N.; MOSQUETTA, R.; COELHO, N. M. M.; BIANCHIN, J. N.; ROUX, K. C. D. P.; MARTENDAL, E.; CARASEK, E. **Determination of cadmium in alcohol fuel using Moringa oleifera seeds as a biosorbent in an on-line system coupled to FAAS.** Talanta, v. 80, p. 1133-1138, 2010.

ANWAR, F.; HUSSAIN, A. I.; IQBAL, S.; BHANGER, M. I. **Enhancement of the oxidative stability of some vegetable oils by blending with Moringa oleifera oil.** Food Chemistry, n.103, p. 1181-1191, 2007.

AOAC INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis of AOAC**, 16 ed. Arlington (USA), 1995.

ARAÚJO, C. S. T.; ALVES, V. N.; REZENDE, H. C.; ALMEIDA, I. L. S.; ASSUNÇÃO, R. M. N., TARLEY, C. R. T.; SEGATELLI, M. G.; COELHO, N. M. M. **Characterization and use of Moringa oleifera seeds as biosorbent for removing metal ions from aqueous effluents.** Water Science & Technology, v. 62, 2198-2203, 2010.

BRASIL. **Ministério da Agricultura.** Regras para análises de sementes, 1 ed. Brasília: MAPA/ACS 2009. p. 308-309.

DEMIRBAS, M. F.; BALAT, M.; BALAT, H. **Potencial contribution of biomass to the sustainable energy development.** Energy Conversion and Management, v. 50, p. 1746-1760, 2009.

EROL, M.; HAYKIRI-ACMA, H.; KÜÇÜKBAYRAK, S. **Calorific value estimation of biomass from their proximate analyses data.** Renewable Energy, v. 35, p. 170 -173, 2010.

GARCÍA, R.; PIZARRO, C.; LAVÍN, A. G. BUENO, J. L. **Characterization of Spanish biomass wastes for energy use.** Bioresource Technology, v. 103, p. 249-258, 2012.

GILLESPIE, G. D.; EVERARD, C. D.; FAGAN, C. C.; MCDONNELL, K. P. **Prediction of quality parameters of biomass pellets from proximate and ultimate analysis.** Fuel, v. 111, p. 771 – 777, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 27-28.

KHAN, A. A.; JONG, W.; JANSSENS, P. J.; SPLIETHOFF, H. **Biomass combustion in fluidized bed boilers: Potential problems and remedies.** Fuel Processing Technology, v. 90, p. 21-50, 2009.

MAHMOOD, K. T.; MUGAL, T.; HAQ, I. U. **Moringa oleifera: a natural gift – A review.** Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, v. 2, n. 11, p. 775-781, 2010.

MANZOOR, M.; ANWAR, F.; IQBAL, T.; BHANGER, M. I. **Physico-chemical**



**characterization of Moringa
concanensis seeds and seed oil.**

Journal of the American Oil Chemists'
Society, v. 84, p. 413-419, 2007.

PASSOS, R. F.; SANTOS, D. M. C.;
SANTOS, B. S.; SOUZA, D. C. L.;
SANTOS, J. A. B.; SILVA, G. F.

**Qualidade pós-colheita da Moringa
(Moringa oleifera Lam) utilizada na**

forma in natura e seca. Revista Geintec,
v. 3, n. 1, p. 113-120, 2012.

RAJANANDH, M. G.; SATISHKUMAR, M.
N.; ELANGO, K.; SURESH, B. **Moringa**

**oleifera Lam, A herbal medicine for
hyperlipidemia: A pre-clinical report.**

Asian Pacific Journal of Tropical Disease,
p. 790-795, 2012.

SALAHHELDEEN, M.; AROUA, M. K.;

MARIOD, A. A.; CHENG, S. F.;

ABDELRAHMAN, M.A. **An evaluation of
Moringa peregrine seeds as a source**

for bio-fuel. Industrial Crops and
Products, v. 61, p. 49-61, 2014.

SHENG, C.; AZEVEDO,

J.L.T. **Estimating the higher heating
value of biomass fuels from basic**

analysis data. Biomass Bioenergy, v. 28,
p. 499-507, 2005.

SHI, W.; JIA, J.; GAO, Y.; ZHAO, Y.

**Influence of ultrasonic pretreatment on
the yield of bio-oil prepared by**

**thermochemical conversion of rice husk
in hot-compressed water.** Bioresource

Technology, v. 146, p. 355-362, 2013.

TITILLOYE, J. O.; BAKAR, M. S. A.;

ODETOYE, T. E. **Thermochemical**

**characterization of agricultural wastes
from West Africa.** Industrial Crops and

Products, v. 47, p. 199-203, 2013.