

PRODUÇÃO DE BRIQUETES DE BIOMASSA PARA FINS DE COMERCIALIZAÇÃO NO SETOR ENERGÉTICO

Caio Augusto Chaves¹, Flávio Vinício Mota da Silva², Bruna Eduarda Araujo Ribeiro², Marcelo Mendes Pedroza³

¹Graduandos Bacharelado em Engenharia Elétrica- IFTO. Bolsistas do CNPq. e-mail: <caioa273@gmail.com>

²Aluno do EMI Controle Ambiental II – IFTO Palmas. Bolsista do CNPq. e-mail: <flavioviniciomota1@gmail.com>

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Químico Industrial, MSc Engenharia Sanitária e Ambiental, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO). Doutor em Engenharia Química. Email: <mendes@ifto.edu.br>

Resumo: Esse projeto busca estudar a possibilidade de geração de combustíveis sólidos a partir de resíduos de podas de árvores, visando uma oportunidade de criação de um plano de negócio nesse setor, através da criação de uma Mini Fábrica de Briquetes nas dependências do IFTO Campus Palmas. Nessa etapa da pesquisa foi realizada a coleta, preparação e caracterização do material. As amostras dos resíduos foram coletadas nas dependências do Instituto Federal do Tocantins – IFTO e transportadas em sacos plásticos identificados para as dependências do LARSEN. A secagem do material foi realizada em estufa a 60 °C. Todas as amostras foram trituradas em moinho de facas e peneiradas em peneira com abertura de 0,59 mm para garantir a homogeneidade e facilitar os procedimentos analíticos. As amostras foram caracterizadas através dos seguintes variáveis analíticas: umidade, Material volátil, Cinzas e ensaios termogravimétricos. Os briquetes foram produzidos a partir de um volume de biomassa de 500 mL *in natura* seca na forma de pó, empregando amido a 5 % para aglomeração das partículas da biomassa. Os briquetes obtidos foram secos em uma estufa a 40°C por 12 horas. Pretende-se, futuramente, empregar outros tipos de resíduos durante a fabricação dos briquetes (resíduos agrícolas e agroindustriais), destacando aqui os resíduos da produção de grãos como soja, milho, da indústria de beneficiamento de arroz e o bagaço das usinas de cana, importantes fontes de matéria-prima no estado do Tocantins.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos, balanço de energia, processo térmico.

1 INTRODUÇÃO

A atual matriz energética mundial é baseada principalmente em fontes não renováveis, tendo como principal matéria-prima o petróleo, principalmente após a revolução industrial. Atualmente as reservas comprovadas de petróleo do mundo somam 1,14 trilhões de barris, 78% dos quais localizados no subsolo dos países do cartel OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo). Mantido o atual nível de consumo, tais reservas permitem suprir a demanda mundial por somente 40 anos. Aliado a isso, a emissão de gases de efeito estufa ocasionada pelo uso das fontes de energia não renováveis pode provocar mudanças climáticas globais causando grande impacto ambiental. Dessa forma, a busca de fontes de energia alternativas, principalmente aquelas renováveis, é de fundamental importância para a preservação do planeta (Bridgwater, 2011).

Dentre as alternativas energéticas, a biomassa destaca-se no panorama brasileiro pelo seu enorme potencial de aproveitamento para a matriz energética. As condições climáticas regionais favorecem a produção desse insumo de modo a satisfazer consideráveis níveis de demanda. Esse é um dos principais fatores que justifica o interesse na pesquisa referente à produção de biocombustíveis a partir da biomassa.

A biomassa compreende toda a matéria orgânica vegetal que é produzida através da fotossíntese, tais como: culturas e resíduos agrofloretais e a matéria orgânica contida nos rejeitos domésticos e industriais. A energia desses materiais tem origem nas transformações energéticas a partir da radiação solar. Esse potencial energético pode ser liberado diretamente através da queima por combustão da biomassa ou processada com a geração de outras fontes energéticas mais adequadas tais como o álcool, o carvão vegetal e o bio-óleo. A biomassa é reconhecida por muitos pesquisadores da área energética como uma das mais relevantes novas formas de energia para produção de eletricidade tendendo a um crescente uso. Nos últimos tempos, tem-se focalizado atenção em identificar as espécies convenientes da biomassa, que possam proporcionar opções para substituir as fontes convencionais de energia provenientes de combustíveis fósseis (Figueiredo, 2011).

Os processos de produção e utilização da biomassa são responsáveis pela geração de grande quantidade de resíduos, sendo estes, na maioria das vezes, depositados inadequadamente no meio ambiente, provocando impactos ambientais, perda de matéria-prima e energia. com o objetivo de minimizar impactos ambientais relacionados à grande geração e má destinação de resíduos sólidos urbanos e agroindustriais, torna-se necessária à busca por novos meios de tratamento, disposição e o aproveitamento dos resíduos para agregar valor às cadeias produtivas.

Uma forma de aproveitamento desses resíduos é pela briquetagem, método de reciclagem para os resíduos provenientes da madeira ou outros materiais lignocelulósicos, que gera o produto conhecido como briquete, uma forma alternativa de produção de energia. A tecnologia de briquetagem é capaz de transformar a biomassa na sua forma moída em blocos compactos com diversas dimensões e prontos para a queima. Essa tecnologia já é conhecida há muitas décadas e aplicadas na indústria, porém a necessidade de aproveitamento energético de resíduos tem dado especial destaque à aplicação na produção de biocombustíveis sólidos.

No exterior, principalmente nos Estados Unidos e Europa, a produção de briquetes já é bem conhecida, porém no Brasil, a prática ainda não é tão desenvolvida. Os briquetes possuem aplicações em diversos setores que necessitam de combustível calorífico para produção, essas indústrias podem ser fundições, como combustível de caldeiras, em fornos comerciais e industriais, como em padarias, hotéis, pizzarias. A grande vantagem desse processo tem relação ao efeito da transformação de um resíduo de baixíssima densidade em uma “lenha ecológica” de alta qualidade, pois quando comparado à lenha, o briquete apresenta propriedades mais vantajosas para o uso energético.

Assim, a pesquisa da aplicação do processo de pirólise de RSU para obtenção de biocombustíveis, mostra-se como uma importante alternativa de aproveitamento e agregação de valor ao resíduo ao transformá-lo em matéria-prima de processos. O objetivo dessa pesquisa foi produzir biocombustíveis visando aplicação industrial através da pirólise de resíduo sólido urbano (RSU) da cidade de Palmas, região Norte do Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO/ESTADO DA ARTE

Segundo a Lei Nº 12.305 de 2 de Agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), resíduos sólidos são restos resultantes de atividades humanas, nos estados sólido ou semissólido, gasoso ou até mesmo líquido. Ainda podem ser classificados quanto à sua origem e quanto à sua periculosidade, conforme consta no Art. 13 da PNRS (BRASIL, 2010). Quanto à origem, os resíduos sólidos podem ser classificados em: domiciliares, de limpeza urbana, de estabelecimentos comerciais, resíduos da construção civil, de saúde, de atividades agrossilvopastoris, serviços de transporte, mineração e de serviços de saneamento básico. Quanto à periculosidade, são considerados os resíduos perigosos e não perigosos, sendo os perigosos aqueles que apresentam risco à saúde pública ou a qualidade ambiental, em razão de suas características. Na Tabela 2.1 são destacadas as principais fontes geradoras de resíduos sólidos urbanos.

Tabela 2.1 – Atividades geradoras de resíduos sólidos urbanos

Atividades geradoras	Componentes	% do Total de RSU
Residencial	Desperdício de cozinha, papéis, plásticos, vidro, metais, têxteis, resíduos de jardins, terra, entre outros	50 a 75
Comercial	Papéis, plásticos, madeira, restos de comida, vidro, metais, resíduos especiais e perigosos	10 a 20
Institucional	Semelhante ao comercial	5 a 15
Indústria	Restos de processo industrial, fragmentos, entre outros. Incluindo restos de comida, cinzas, demolição e construção, especiais e perigosos.	5 a 30
Limpeza de vias e áreas públicas	Resíduos de pedestres, terra, folhas, fezes, entre outros.	10 a 20

Fonte: Jaramillo (2007)

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2016), a geração de RSU no país reduziu em 2%, de 2015 para 2016, índice que é inferior à taxa de crescimento populacional urbano no

país no período, que foi de 0,8%. A quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados por habitante/dia varia de local para local e até mesmo com a época do ano. Os dados registrados para a geração per capita de RSU no Brasil para os anos de 2015 e 2016 foram de 390,9 e 379,6 kg/hab/ano, respectivamente. Em geral, quanto maior o produto interno bruto (PIB) de um país, maior é a quantidade gerada de RSU e maior a fração de materiais como o plástico, papel, vidro e metais. A quantidade de RSU coletados em 2016 cresceu em todas as regiões, em comparação ao dado de 2011. A região sudeste continua respondendo por mais de 50% do RSU coletados e apresenta o maior percentual de cobertura dos serviços de coleta do país (Tabela 2.2).

Região	2015	2016
	RSU Total (t/dia)	RSU Total (t/dia)
Norte	12.692	12.500
Nordeste	43.894	43.355
Centro-Oeste	16.217	15.990
Sudeste	104.631	102.620
Sul	21.316	20.987
Brasil	198.750	195.452

Tabela 2.2 – Produção de resíduos sólidos no Brasil

A Tabela 2.3 apresenta a composição gravimétrica de RSU em vários tipos de países. Observa-se que a participação da matéria orgânica tende a diminuir nos países industrializados, provavelmente em decorrência da grande incidência de alimentos semipreparados disponíveis no mercado consumidor. Percebe-se também que os países mais pobres geram menor quantidade de resíduos sólidos recicláveis.

Tabela 2.3 – Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos

Composição (% base úmida)	Países		
	Produção baixa	Produção média	Produção Industrializad os
Vegetais e material putrescível	40 a 85		20 a 65
Papel	1 a 10		15 a 40
Plásticos	1 a 5		2 a 6
Metais	1 a 5		1 a 5
Vidros	1 a 10		1 a 10
Couro e pneus	1 a 5		1 a 5
Inertes (cinzas, terra e areia)	1 a 40		1 a 30
Outras Características			
Umidade (%)	40 a 80		40 a 60
Densidade (kg/m ³)	250 a 500		170a 330
Poder calorífico inferior (kcal/kg)	800 a 1.100	1.300	1.100a 2.700
			170
			1.500a

Fonte: Jaramillo (2007)

2.3 Aproveitamento de poda de árvores para fabricação de briquetes

A Lei nº 12.305/10, que institui a política nacional de resíduos sólidos (PNRS) no Brasil contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos.

Os resíduos provenientes da poda de arborização urbana e remoção de árvores públicas e de residentes particulares em um município podem gerar sérios problemas urbanos quando não são devidamente aproveitados, sendo descartados em locais impróprios como aterros sanitários e lixões clandestinos. Além dos resíduos resultantes das podas em árvores públicas (troncos, toras, galhos, tocos e raízes), os resíduos vegetais de centros urbanos incluem ainda o material orgânico resultante da manutenção de parques e jardins (incluindo grama e materiais lenhosos diversos).

O resíduo de poda de árvore gera um volume considerável de biomassa florestal, podendo ser aproveitado de forma energética como combustível sólido, deixando de ser um passivo ambiental, acarretando ganhos econômicos e ambientais de interesse da sociedade (Cortez, 2011). Neste contexto, destaca-se a briquetagem, como um processo de aproveitamento de resíduos lignocelulósicos derivados da biomassa, possibilitando seu aproveitamento como matéria prima na substituição da lenha por um produto equivalente (Da silva, 2016). O aproveitamento desse tipo de resíduo é vantajoso, pois se trata de uma fonte renovável energética, representando assim, uma alternativa às tradicionais e poluentes fontes fósseis derivadas do petróleo.

O uso do resíduo sólido urbano (RSU), destacando aqui as podas de árvores, como matéria-prima na obtenção de briquetes a partir da aplicação de processo de adensamento, apresenta-se como uma alternativa ambientalmente viável, que tem como vantagens o fato de prevenir impactos ambientais futuros, advindos da disposição incorreta desse resíduo no meio ambiente, e por possibilitar a obtenção de um produto de valor econômico e contribuindo assim, para a diversificação do plano energético brasileiro.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE, estudo produzido pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE e Ministério de Minas e Energia, o percentual de participação do conjunto das fontes renováveis de energia (hidráulica, eólica, etanol, biomassa, entre outras) vai au-

mentar na matriz energética brasileira nos próximos dez anos. Atualmente a grande vantagem na utilização de produtos derivados de biomassa em processos térmicos, é decorrente do fato dessa matéria-prima ser de origem renovável, apresentando ciclo fechado de carbono, reduzindo emissões de CO₂, compostos de enxofre, de nitrogênio e outros produtos ambientalmente nocivos.

3 METODOLOGIA/MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa pesquisa foi realizada a caracterização de dois tipos de resíduos, a saber: (a) folhas de árvores e (b) podas de árvores, com a finalidade de obtenção de briquetes a partir do adensamento dos referidos materiais. A Figura 3.1 apresenta a evolução metodológica dos procedimentos realizados na pesquisa.

As amostras dos resíduos foram coletadas nas dependências do Instituto Federal do Tocantins – IFTO e transportadas em sacos plásticos identificados para as dependências do LARSEN (Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética), localizado no IFTO (Campus Palmas).

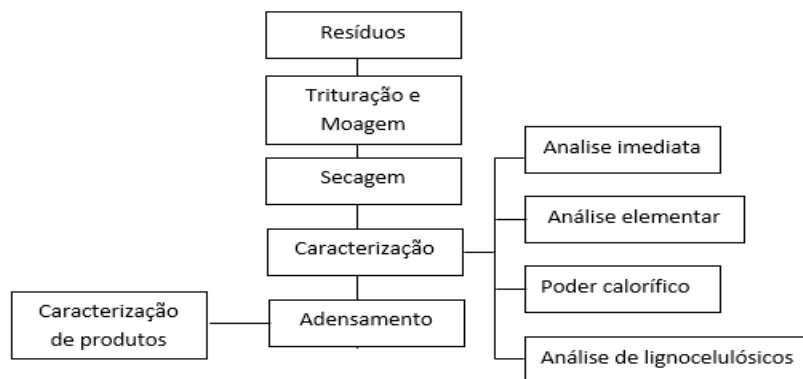


Figura 3.1 – Procedimentos empregados durante a pesquisa

A secagem dos resíduos foi feita 60 °C. Todas as amostras foram trituradas em moinho de facas e peneiradas em peneira com abertura de 0,59 mm (ABNT 30, Tyler 28) para garantir a homogeneidade e facilitar os procedimentos analíticos, conforme sugerido por Vieira *et al.* (2009) e Pedroza *et al.* (2014). As amostras foram caracterizadas através dos seguintes variáveis analíticas: umidade (Método ASTM D 3173-85), Material volátil e Cinzas (Método ASTM D 2415-66). A caracterização termogravimétrica- TGA foi realizada com taxas de aquecimento de 10 e 30 °C/min. no equipamento Thermogravimetric Analyser (Marca

Shimadzu e Modelo TGA-50). A caracterização química das amostras foi feita nos laboratórios LARSEN (IFTO – Palmas), Laboratório de Efluentes da FOZ/SANEATINS e Laboratório de Biomassa e Biocombustíveis (UFRN).

A presença de grupos funcionais, bem como a composição química das amostras de poda de árvore foi verificada através da Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier (IVTF), objetivando identificar os grupos funcionais existentes na biomassa, para posteriormente compará-los com o líquido obtido pela pirólise, já que, se espera encontrar os mesmos grupos funcionais derivados dos componentes químicos (lignina, celulose e hemicelulose). Os espectros de infravermelho abrangendo a região de $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ foram obtidos em Espectrofotômetro, Thermo Nicolet, modelo Nexus 470. Os espectros foram obtidos à temperatura ambiente em pastilhas sólidas, e foram adquiridos com resolução de 4 cm^{-1} e 32 varreduras/min.

Na Figura 3.2 são apresentadas as amostras empregadas nessa pesquisa, sendo a amostra (a) bruta e (b) após secagem em estufa.



(a) Amostra bruta (b) Amostra após secagem

Figura 3.2 – Preparação de amostras para a produção de briquetes: (a) amostra bruta e (b) amostra após secagem

3.1 Cinética de perda de massa de amostras

Realizou-se a cinética de perda de massa da biomassa em duplicata com a finalidade de comparar as diferenças de massa nas mesmas condições, em estufas SP-200 e nas temperaturas de 40 e 50°C, em diferentes intervalos de tempo. Dessa forma permitiu-se a comparação da perda de água e material volátil presentes na composição da biomassa.

3.2 Preparação de briquetes a partir de amostra de Poda de Árvore

Os briquetes foram produzidos a partir de um volume de biomassa de 500 mL *in natura* seca na forma de pó. Foi utilizado o ligante amido a 5 % para aglomeração das partículas da biomassa. Adicionou-se a essa mistura, de biomassa e ligante, cerca de 120 mL de água destilada para hidratação e deixou em repouso por 30 minutos. Para obtenção do formato de briquetes a mistura obtida entre o ligante e a biomassa hidratada foi prensada dentro de um cano de 20 cm de comprimento e 32 mm de diâmetro. Os briquetes obtidos foram secos em uma estufa a 40°C por 12 horas. A Figura 3.3 mostra o briquete produzido a partir da biomassa de poda de árvore para os ensaios de pirólise.



Figura 3.3 – Briquete de poda de árvore

3.3 Pirólise de briquetes de poda de árvores em reator de leito fixo

A biomassa foi introduzida ao reator na forma de briquete. A conversão térmica foi efetuada em um reator de leito fixo (Figura 3.4) de quartzo, de 100 cm de comprimento e diâmetro externo de 10 cm. O reator foi aquecido a 500 °C por forno bipartido reclinável. O reator foi operado em regime de batelada, sendo empregado vapor de água como gás de arraste.



Figura 3.4 – Reator de leito fixo empregado nos experimentos de pirólise de biomassa

Para fins de balanço de massa, após a reação e o resfriamento da unidade de pirólise, todos os produtos do processo (líquido e sólido) foram coletados e pesados. O material sólido foi recuperado diretamente do reator e os líquidos pirolíticos foram coletados após o sistema de condensação dos vapores em funil de separação de fases.

3.4 Planejamento Experimental DCCR

Foi verificado através de planejamento multivariável o efeito de dois fatores no sistema de pirólise de poda de árvores (Figura 3.5). Aplicou-se um planejamento experimental 2^2 – Delileamento Composto Central Rotacional (DCCR), com 3 experimentos no ponto central, com 11 tipos de combinações entre os fatores. Os fatores estudados foram: temperatura de pirólise e tempo de reação. Os valores mínimos e máximos são apresentados na Tabela 4.1. Esses ensaios foram realizados na mufla MODELO W-One, MARCA EDG Equipamentos.

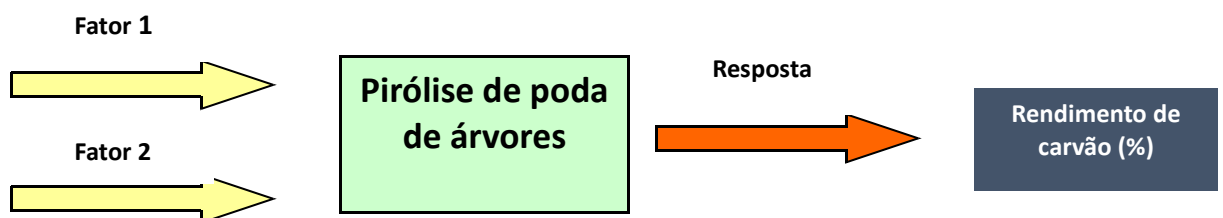


Figura 3.5 – Representação do planejamento experimental utilizado na pirólise de poda de árvores (Delineamento composto central rotacional 2^2)

Tabela 3.1 – Níveis dos Fatores empregados no Planejamento Experimental, durante a Pirólise de poda de árvores

Fatores	Níveis				
	(-1,4)	(-1)	(0)	(+1)	(+1,4)
Temperatura final do processo (°C)	360	400	500	600	640
Tempo de reação (min)	24	30	45	60	66

Os experimentos foram realizados de forma aleatória, com três repetições no ponto central, conforme Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Ordem dos experimentos empregados no planejamento fatorial DCCR 2^2

Ordem dos Experimentos	Fatores	
	Temperatura (°C)	Tempo de reação (min)
1	-	-
2	+	-
3	-	+
4	+	+
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	-1,4	0
9	0	1,4
10	1,4	0
11	0	-1,4

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O crescente interesse pelo uso da biomassa, bem como a importância de se conhecer quimicamente a matéria-prima visando à consolidação de um mercado, é necessário estabelecer parâmetros de qualidade aprimoramento de técnicas para caracterização da

biomassa. Na Tabela 4.1 são apresentados os resultados obtidos nas análises imediatas da biomassa.

Tabela 4.1- Análise imediata do material bruto

Biomassa	Análise Imediata (%)			
	Cinzas	Umidade	Material Volátil	Carbono Fixo
Poda de árvore	4,10	7,96	86,85	1,09
(folhas)				
Poda de árvore	3,15	5,80	88,85	2,20

A umidade é correspondente à perda, em peso, sofrida pelo produto quando é aquecido em condições na qual a água é removida. Na verdade, não é apenas água a ser removida, mas também outras substâncias voláteis nessas condições. Esta informação é importante porque, quando se analisa um combustível o principal critério a ser levado em conta é o poder calorífico, e este sofre influência direta com o aumento da umidade. Quanto maior o conteúdo de umidade da biomassa, menor é o seu poder de combustão, devido ao processo de evaporação da umidade, o qual absorve energia em combustão. A amostra constituída por folhas de árvores apresentou um teor de umidade em média 7,96%.

O processo de combustão é transformação da energia química dos combustíveis em calor, na presença de oxigênio. O teor de cinzas obtido no biomassa, está diretamente relacionado com a presença de substâncias minerais, tais como: cálcio, potássio, fósforo, magnésio, ferro, sódio. O teor de cinzas foi de 4,10 % para a amostra constituída por folhas de árvores.

Entende-se por teor de voláteis como a parte da biomassa que em aquecimento evapora sob forma de gás. O teor de voláteis é quantificado medindo-se a fração de massa da biomassa que volatiliza durante o processo de aquecimento de uma amostra padronizada e previamente seca, em atmosfera inerte, até temperaturas de aproximadamente 815°C. Sabe-se que o material volátil está diretamente relacionado a ignição, haja vista que, quanto maior o teor de material volátil maior será a reatividade e conseqüentemente a ignição, e conseqüentemente o poder calorífico da biomassa. O teor médio obtido de material volátil na biomassa em estudo foi de 88,85%. A Figura 4.1 mostra o material retido após o teste de

material volátil da amostra, sendo boa parte correspondente ao teor de carbono fixo do material.

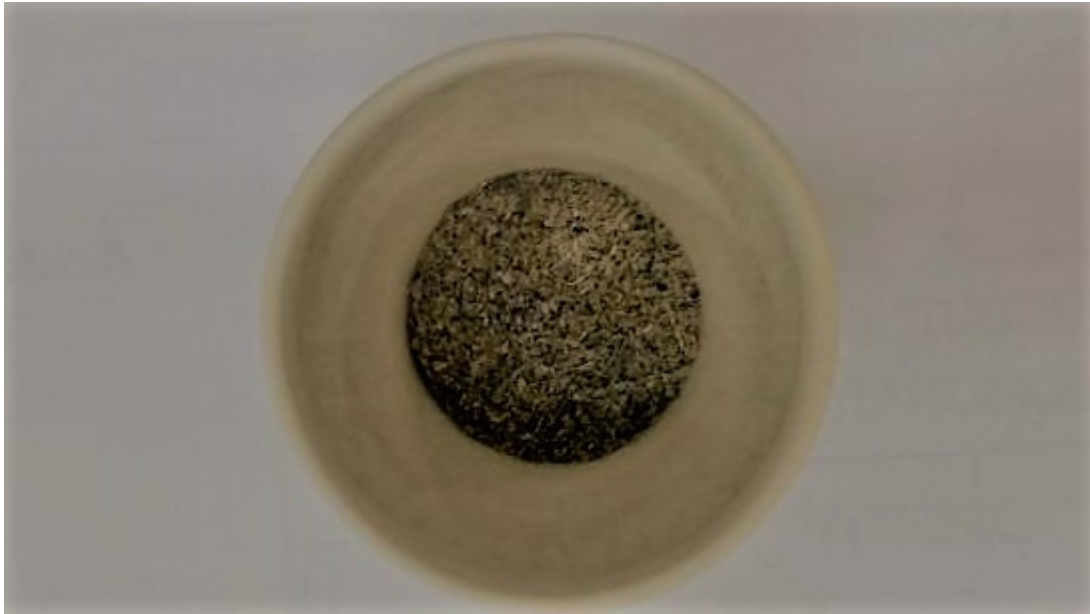


Figura 4.1 – Material retido após análise de material volátil de amostra de poda de árvores

4.1 Análise Termogravimétrica

Na Figura 4.2 estão apresentados os dados da análise térmica da biomassa em estudo. Através da análise das curvas TG/DTG, pode-se verificar a redução da umidade, que graficamente demonstrado pelo aparecimento de um evento na curva da amostra de poda de árvores, com início a 40 °C e finalização em torno de 160 °C, correspondente à perda de água. Esse evento se encontra bem superior ao ponto de ebulição da água, e segundo Gómez (2002), isso se deve ao fato que materiais com maior teor de cinzas na sua composição química têm o máximo desprendimento de voláteis a temperaturas mais elevadas. Quanto maior o teor de matéria inorgânica existente na amostra maior a possibilidade do material orgânico estar diluído com o material inorgânico, provocando então um retardamento da transferência de calor no interior das partículas e conseqüentemente a difusão dos voláteis para fora da partícula. O percentual de perda de massa à temperatura de 150 °C foi de 8,42 %, valor bem próximo do obtido para o teor de umidade dessa amostra na análise gravimétrica clássica (7,96 %).

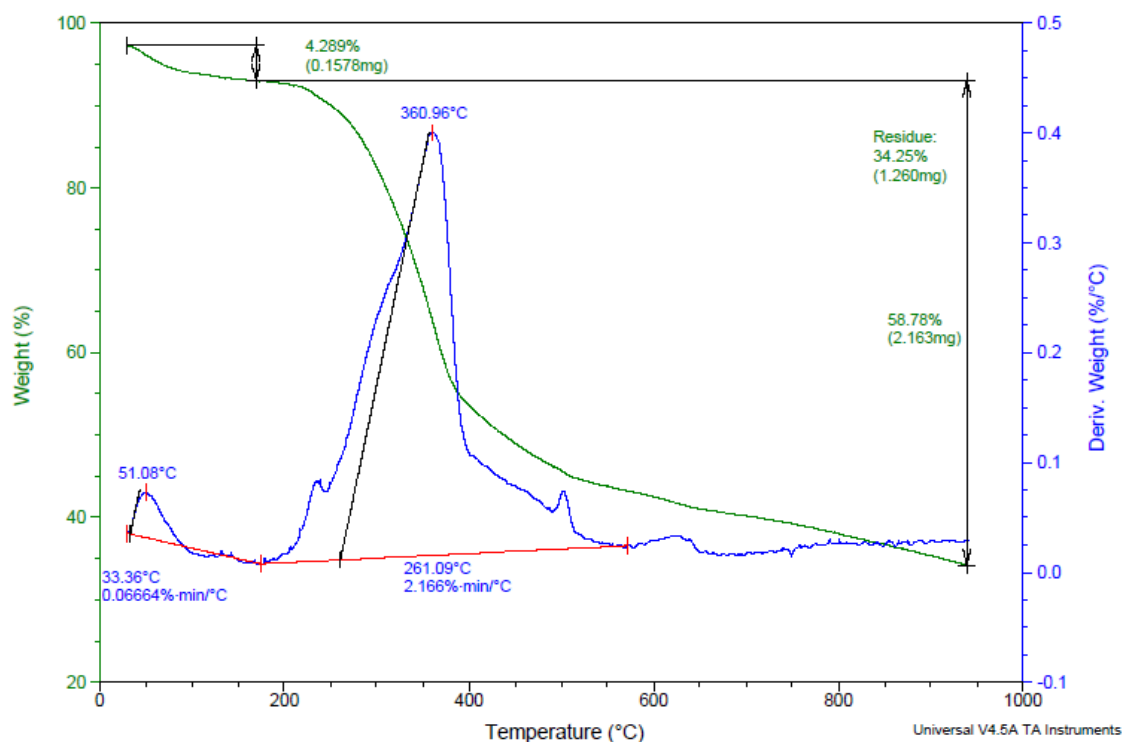


Figura 4.2 - Curva termogravimétrica de amostra de poda de árvore

Em seguida são observados dois eventos de decomposição de matéria orgânica, sendo o primeiro em torno de 200 e 400 °C e o segundo entre 420 e 600 °C. A partir de 600 °C observa-se uma diminuição na degradação térmica da amostra. Percebe-se uma diminuição do teor de cinzas do material com o aumento da temperatura e isso é decorrente da quebra de ligações do carbono inorgânico presente na forma de composto carbonatados (CO_3^{2-} , HCO_3^-), decomposição de óxidos inorgânicos, bem como a decomposição de lignina. Segundo Pedroza *et al.*, (2014) a decomposição da lignina remanescente inicia-se em temperaturas baixas, no entanto, ela continua ocorrendo até em torno de 900 °C. Biagini *et al.*, (2002), no estudo da pirólise de biomassa residual, atribuíram as perdas de massa ocorridas a temperaturas inferiores a 600°C à degradação térmica da matéria orgânica, e as perdas ocorridas acima de 600°C à decomposição da matéria inorgânica, como carbonato de cálcio, por exemplo. Segundo Shen e Zhang (2003), a decomposição térmica de alguns compostos e grupos funcionais obedecem a uma faixa de temperatura e que os compostos oxigenados geralmente se decompõem em temperaturas mais elevadas que os outros compostos orgânicos.

5 CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biomassa residual em estudo se apresenta como uma fonte alternativa de uso energético, pois resulta em um resíduo potencial para geração de energia, devido a grande quantidade de calor gerado. Por ser ambientalmente favorável, o aproveitamento energético e racional desse tipo de biomassa tende a promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente, por meio da criação de empregos e da geração de receita.

O uso de poda de árvores in natura para a geração de energia é uma alternativa de minimização de quantidade de resíduos sólidos urbanos, uma vez que sua disponibilidade é alta em parques e locais turísticos, além de permitir minimizar problemas de saúde pública, já que esse tipo de resíduo é passível de acumular água de chuva, local propício para o depósito e desenvolvimento de vetores transmissores de doenças.

A produção de lenha ecológica visa aumentar a densidade energética através da sua compactação, representando um processo vantajoso, quando existe a necessidade de se transportar o resíduo por longas distâncias. Os briquetes possuem alta densidade, facilidade de transporte, bem como inúmeros benefícios durante o processo de combustão. O Brasil apresenta um potencial promissor a ser explorado na área de utilização de briquetes, o que permitiria o aproveitamento mais racional desse tipo de energia, evitando o atual desperdício de resíduos urbanos, industriais e agrícolas.

O conhecimento gerado também terá grande relevância para a sociedade, no que tange uma possível exposição dos resultados obtidos bem como as recomendações para melhor gestão dos rsu na região norte do Brasil. Além disso, prevê-se potencializar a formação de recursos humanos qualificados na área de recursos renováveis e biocombustíveis.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 12.305, de 12 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. **Biomass and Energy**, v.1, p.1 – 27, 2011.

FIGUEIREDO, A. L. Pirólise termoquímica de pós da fibra de coco seco em um reator de cilindro rotativo para produção de bioóleo. 2011. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia do Petróleo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

GOMEZ, E. O. **Estudo da pirólise rápida de capim elefante em leito fluidizado borbulhante mediante caracterização dos finos de carvão.** 2002. 103 f. Tese (Rese de Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002.

JARAMILLO, J. **Guía para el diseno, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.** 1. Ed. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima, 2007.

PEDROZA, M. M., SOUSA, J. F., VIEIRA, G. E. G., BEZERRA, M. B. D., Characterization of the products from the pyrolysis of sewage sludge in 1 kg/h rotating cylinder reactor. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 105, p. 108-115, 2014.

VIEIRA, G. E. G., ROMEIRO, G. A., SELLA, S. M., DAMASCENO, R. N., PEREIRA, R. G. Low temperature conversion (LTC) – An alternative method to treat sludge generated in an industrial wastewater treatment station – Batch and continuous process comparison. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 1544 – 1547, 2009.

BIAGINI, E., LIPPI, F., PETARCA, L., TOGNOTTI, L. Devolatilization rate of biomass and coal-biomass blends: an experimental investigation. **Fuel**, 81, p.1041-1050, 2002.

SHEN, L., ZHANG, D. An experimental study of oil recovery from sewage sludge by low-temperature pyrolysis in a fluidised-bed. **Fuel**, 82, p.465 -476, 2003.

CORTEZ, C. L. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores para a geração de energia.** 2011. 246p. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.