

II-103 – PROCESSO DE PIRÓLISE DE BIOMASSA EM REATOR CONTÍNUO

Marcelo Mendes Pedroza⁽¹⁾

Químico Industrial, Doutor em Engenharia Química (UFRN), Professor do Instituto Federal do Tocantins (IFTO)

Irna Moreira Dias Milhomem⁽²⁾

Graduando em Engenharia Civil (IFTO)

Giulliano Guimarães Silva⁽³⁾

Engenheiro Ambiental e Mestre em Ciências do Ambiente (UFT) e Professor do Instituto Federal do Tocantins (IFTO)

Maria Eduarda Nunes⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Civil (IFTO)

Endereço⁽¹⁾: 105 Norte, Alameda das Mangueiras, QI 2, lote 16, casa07 – Palmas – Tocantins – TO – CEP:77000-000 – Brasil – Tel: (63) 8486-9940 – email: mendes@ifto.edu.br

RESUMO

O crescimento urbano do Brasil ocorreu de forma desordenada, com isso grandes centros urbanos se desenvolveram sem a infraestrutura desejada, e o esgoto proveniente destes era jogado diretamente de volta nas fontes hídricas sem nenhum tratamento, o que ocasionava significativos problemas ambientais. Na busca de amenizar estes problemas, foram instaladas as ETEs (Estações de Tratamento de Esgoto), e então um novo problema ambiental surgiu: a disposição do lodo de esgoto, resíduo produzido durante o processo de tratamento das águas residuárias. A gestão adequada do lodo de esgoto produzido em ETEs vem se tornando preocupação crescente na sociedade moderna. O objetivo deste trabalho foi produzir a partir da pirólise do lodo de esgoto, biocombustíveis visando aplicação industrial. A pirólise é um processo de transformação por aquecimento de uma mistura ou de um composto orgânico em outras substâncias. Para este trabalho os ensaios térmicos foram realizados em um reator de cilindro rotativo, com capacidade de processar até 2 Kg biomassa/h, sendo o reator operado nas temperaturas de 450, 500, 550 e 600 °C. Os experimentos realizados nestas condições resultaram na produção de uma fração sólida (carvão) e um bio-óleo ambos possíveis de utilização como biocombustíveis industriais. Os rendimentos obtidos durante a operação do reator a 600 °C forma de: bio-óleo = 7,9 %, carvão = 53,8 % e gás = 22 %.

PALAVRAS-CHAVE: Pirólise, lodo de esgoto, cilindro rotativo, bio-óleo, indústria.

INTRODUÇÃO

O lodo doméstico é uma mistura heterogênea complexa de materiais orgânicos e inorgânicos (Metcalf e Eddy, 2002). Os sólidos do lodo normalmente contêm 60-80% de matéria orgânica. Os materiais orgânicos deste resíduo são compostos de 20-30% de proteína bruta, 6-35% de gorduras e 8-15% de carboidratos (Eckenfelder, 2000).

Apesar do lodo de esgoto conter vários materiais valiosos, muitas vezes é descartado como um resíduo indesejável e de valor inestimável. Várias tecnologias estão sendo desenvolvidas e representam alternativas viáveis para o aproveitamento do lodo residual. Dentre essas alternativas, citam-se: a pirólise, a oxidação úmida e o processo de gaseificação (Pedroza *et al.*, 2011).

A pirólise é um processo endotérmico que consiste em aquecer a biomassa (normalmente entre 300°C e 600°C), na “quase-ausência” de ar, com a formação de vapores, que ao serem resfriados produzem um líquido que é normalmente indicado como bio-óleo, finos de carvão e gases pirolíticos não condensáveis, que podem ser usados para gerar calor e energia para o processo em si, ou para o mercado local (Pedroza, 2011).

O emprego do lodo residual em processo térmico contribui para a diversificação do plano energético brasileiro. O bio-óleo advindo do processo possui em sua constituição química hidrocarbonetos alifáticos, hidrocarbonetos aromáticos, ácidos graxos, nitrilas aromáticas e esteróides. Esse líquido apresenta alto poder

calorífico e ausência de compostos sulfurados, o que aponta para a possibilidade de aplicação deste produto como biocombustível. O bio-óleo pode ser utilizado em substituição do óleo diesel em caldeiras, ligantes na fabricação de briquetes siderúrgicos, emulsões para asfalto, aditivos de gasolina e óleo – diesel.

A fração gasosa obtida através da pirólise do lodo residual possui alto poder calorífico e é composta por hidrocarbonetos de até 6 carbonos, hidrogênio, CO e CO₂. O gás de síntese (CO e H₂) é representativo na mistura e pode ser empregado em processos químicos (síntese do metanol, da amônia e reações do Tipo Fischer-Tropsch para obtenção de gasolina ou mesmo diesel). A fase gasosa pode ser utilizada como fonte de aquecimento em fornos, caldeiras, fornos de cal, fornos cerâmicos, turbinas a gás, geradores de vapor, etc.

O carvão também pode ser empregado na remoção de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas de efluentes, substituindo o carvão ativado comercial. Além disso, podem ser utilizados em caldeiras e fornos tubulares, fornos comerciais (pizzaria, padaria, etc) e uso doméstico (Vieira *et al.*, 2009).

Esse trabalho teve como objetivo produzir, a partir da pirólise do lodo de esgoto doméstico em cilindro rotativo, biocombustíveis visando aplicação industrial.

MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo residual utilizado nos ensaios de pirólise foi produzido em Reator UASB (Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo) e fornecido pela Companhia de Saneamento do Tocantins (Saneatins).

O material passou por processo de secagem em centrífuga e moído mecanicamente num moinho de bolas e peneirado através de uma peneira com aberturas de malha de 0,59 mm para garantir a homogeneidade da amostra e para facilitar os procedimentos de análise (Figura 1).

Para a caracterização dos teores de umidade, cinzas e material volátil foram empregadas técnicas gravimétricas clássicas. O teor de metais foi determinado através da técnica ICP-OES. O poder calorífico superior foi determinado em bomba calorimétrica Parr 1341.

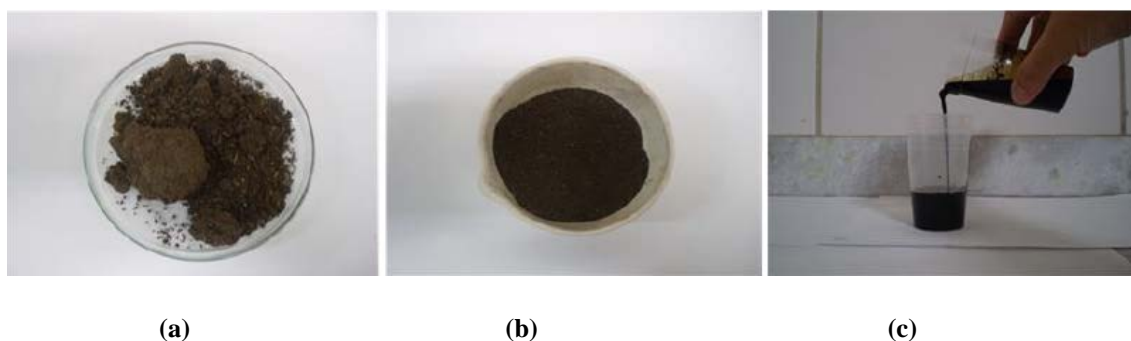


Figura 1 – Lodo anaeróbio de reator UASB: (a) lodo bruto, (b) lodo pulverizado e (c) bio-óleo obtido do processo de pirólise

REATOR DE PIROLÍSE

A unidade pirolítica é constituída das seguintes partes: (a) sistema de alimentação de biomassa, (b) reator de cilindro rotativo com sistema de aquecimento, (c) sistema de separação de sólidos, (d) lavador de gases e (e) sistema de condensação do bio-óleo.

A planta pirolítica, em escala de laboratório foi constituída de um reator de cilindro rotativo cujo comprimento é 100 cm, com capacidade de processar até 2 Kg biomassa/h (Figura 2).

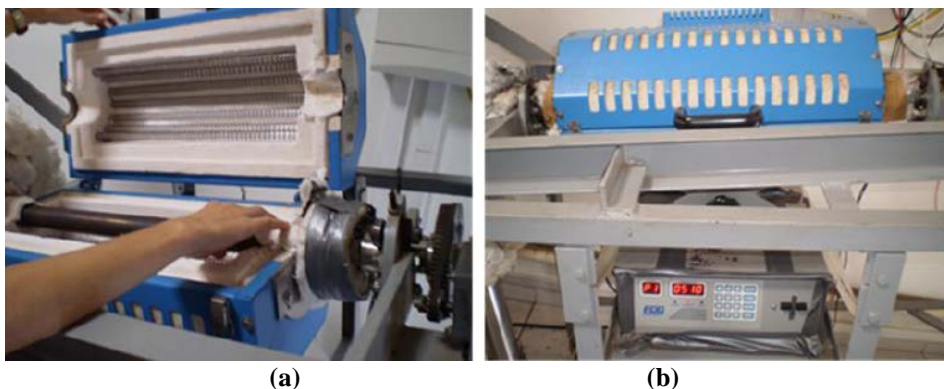


Figura 2 – Sistema de pirólise: (a) reator de cilindro rotativo e (b) forno utilizado no sistema de aquecimento do reator

O reator foi operado nas temperaturas de 450, 500, 550 e 600 °C, valores comumente adotados por outros pesquisadores para a pirólise de lodo de esgoto.

O material sólido produzido durante a pirólise (carvão) foi recuperado em separadores de sólidos situados a jusante do reator. O bio-óleo foi coletado, após a unidade de centrifugação, em três recuperadores de líquidos.

A fração aquosa foi separada do bio-óleo em funil de separação, utilizando-se diclorometano (Figura 3). A fração gasosa do processo foi coletada em colchão inflável e pesada.



Figura 3 – Separação da fração aquosa do bio-óleo em diclorometano

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados experimentais mostram que, o aumento da temperatura de 450 para 600 °C favoreceu o aumento da fração gasosa e a diminuição das frações sólida e líquida (Figura 4). É importante ressaltar que temperaturas abaixo de 450 °C não favorecem a produção de bio-óleo, induzindo apenas a geração da fração sólida (carvão).

O maior rendimento de carvão foi de 62,3%, sendo esse experimento operado 450°C e o menor rendimento (53,8%) foi obtido com à 600 °C.

A redução no rendimento de sólidos com o aumento da temperatura pode ser atribuído à devolatilização dos compostos orgânicos sólidos (hidrocarbonetos, ácidos húmicos, proteínas) e gaseificação parcial de resíduos carbonosos no carvão em altas temperaturas. A devolatilização é o primeiro passo para a produção do carvão por processos térmicos.

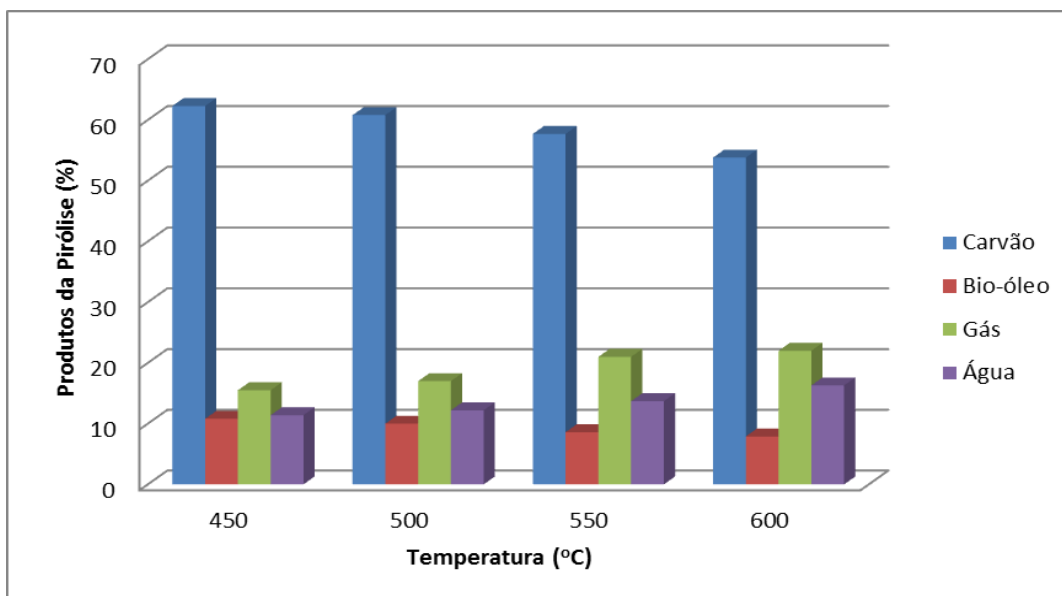


Figura 4 – Rendimentos das frações obtidas durante a pirólise de lodo de esgoto doméstico

A fração líquida sofreu uma menor redução quando comparada com a fração sólida. O craqueamento secundário do alcatrão provavelmente ocasionado pela dolomita presente no lodo do esgoto e que intensificado a altas temperaturas pode ter influenciado na diminuição da quantidade de líquidos pirolíticos, induzindo assim para obtenção de um maior percentual da fração gasosa.

O rendimento máximo em bio-óleo foi da ordem de 10,8%, obtido a 450 °C. Foi observado, na temperatura de 600 °C, o menor rendimento líquido (7,9 %). O maior conteúdo de gases foi de 22 % e foi determinado na temperatura do reator de 600°C.

Os teores de umidade, cinzas e material volátil do lodo residual foram de 12,00, 38,1 e 53,9%, respectivamente.

O ferro foi o metal encontrado em maior quantidade (28911 mg/kg). Também foram identificados os seguintes metais no lodo: Zinco (891 mg/kg), Cobre (219 mg/kg), Manganês (82 mg/kg) e Chumbo (47 mg/kg).

O lodo apresentou poder calorífico superior de 21,07 MJ/kg e teor de carbono igual a 26,97%.

CONCLUSÕES

As características químicas da biomassa, poder calorífico superior (21,07 MJ/kg) e teor de carbono (26,97%), apontam para utilização do resíduo como precursor para a produção de biocombustíveis.

A temperatura teve efeito negativo para frações líquida e sólida e positiva para a fase gasosa. Observa-se que temperaturas maiores promovem uma maior degradação dos vapores da pirólise em cadeias carbônicas menores, aumentando a produção de gases originados do processo de pirólise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ECKENFELDER, W.W. *Industrial Water Pollution Control*. Boston, McGraw-Hill, 2000.
2. Metcalf & Eddy, INC. *Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse*. Ed. McGraw-Hill, New York, 1334p, 2002.
3. PEDROZA, M. M. *Bio-óleo e Biogás da degradação termoquímica de lodo de esgoto doméstico em cilindro rotativo*. Tese de Doutorado, Universidade do Rio Grande do Norte, 210 p, 2010.
4. PEDROZA, M. M., VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. F., PICKLER, A. C., LEAL, E. R. M., MILHOMEN, C. C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. *Revista Liberato*, **11**, p.147-157, dez. 2010.
5. PEDROZA, M. M., VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. F., PICKLER, A. C., LEAL, E. R. M., MILHOMEN, C. C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. *Revista Liberato*, **11**, p.147-157, dez. 2010.

6. 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*, **100**, p.1544–1547, ago. 2009.