

II-153 - AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DOS BIOCARVÕES OBTIDOS POR PROCESSO DE CRAQUEAMENTO TÉRMICO DE LODO EM ESCALA DE BANCADA

Fernanda Paula da Costa Assunção ⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestranda em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA).

Lia Martins Pereira ⁽²⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA). Doutoranda em Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA/UFPA). Professora substituta da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA/UFPA).

Hélio da Silva Almeida ⁽³⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Graduado em Curso de Formação Oficial de Bombeiro Militar pelo Instituto de Ensino de Segurança do Pará. Mestre em Engenharia Civil pela (EESC/USP). Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA/UFPA). Professor adjunto da FAESA/ITEC/UFPA.

Nélio Teixeira Machado ⁽⁴⁾

Bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará. Bacharel em Licenciatura Plena em Física (UFPA). Mestre em Engenharia Mecânica (COPPE-UFRJ). Dr.-Ing Verfahrenstechnik TUHH (Technische Universität Hamburg – Harburg). Pós-Doutor Engenharia de Bioenergia Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.(ATB). Professor Titular da FEQ/ITEC/UFPA. Docente Permanente do Programa de Doutorado em Eng^a. De Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA/UFPA).

Giovanni Chaves Penner ⁽⁵⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre e Doutor pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor da FAESA/ITEC/UFPA.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Augusto Corrêa, s/n - Guamá - Belém - PA - CEP 66075-110 - Brasil - Tel: (91) 3201-7252 - e-mail: fernanda.assuncao.itec@gmail.com.

RESUMO

Neste trabalho investigou-se o processo de produção de biocarvões a partir do lodo de esgoto higienizado a dosagem de 25% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, via craqueamento térmico catalítico (pirólise) em escala de bancada. Os experimentos foram realizados a 450 °C, em tempos de residência de 30 e 60 minutos, 1.0 atm. As reações produziram produto líquido orgânico (bio-óleo), uma fase sólida (biocarvão) e gases não condensáveis. Os produtos das reações apresentaram rendimentos para o Experimento 1 (EXP1 – 450 °C, 30 minutos) de 7.16% (w/w), 66,40% (w/w), e 26,44% (w/w) e para o Experimento 2 (EXP2 – 450 °C, 60 minutos) de 7.96% (w/w), 65,00% (w/w) e 27,04% (w/w) para as fases orgânica (bio-óleo), sólida e gasosa, respectivamente. As fases sólidas (biocarvão), aqui chamadas B1 (biocarvão do EXP1) e B2 (biocarvão do EXP2). Foram determinados pH em água, CO, MO, N, P e K para identificar o potencial de fertilidade dos biocarvões. Na avaliação do potencial fertilidade do biocarvão, identificaram-se concentrações elevadas para MO e N. Os resultados experimentais demonstraram que os biocarvões obtidos apresentaram grande potencial para aplicação como fertilizante em solos agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Craqueamento Térmico Catalítico, Lodo de Esgoto, Biocarvão, Fertilizantes.

INTRODUÇÃO

Um dos subprodutos sólidos dos sistemas de tratamento de esgoto, gerado em maior percentual, é o lodo. Conforme explica Andreoli *et al.* (2014), esse termo tem sido utilizado para designar os subprodutos dos processos biológicos de tratamento, em parte da matéria orgânica é absorvida e convertida, fazendo parte da biomassa microbiana, denominada genericamente de lodo biológico ou secundário, composto principalmente de sólidos biológicos, e por essa razão também denominado de bio sólido.

Segundo Godoy (2013), a literatura científica vem apontando alternativas seguras e sustentáveis, de aproveitamento do lodo, capazes de minimizar os impactos negativos e mesmo reduzir os custos da sua destinação quando disposto em aterros sanitários (no Brasil, principalmente, pois ainda é o modo de descarte preponderante), por descarga oceânica (não mais empregada atualmente) e a processos de incineração.

Nesse contexto, cabe citar alguns dos modos de aproveitamento do lodo que vem sendo explorados, como: a cogeração de energia por meio de biogás (Felca *et al.*, 2015); o reaproveitamento industrial pela: fabricação de tijolos e cerâmicas; produção de agregado leve para construção civil; produção de cimento; ao reaproveitamento agrícola, enquanto fertilizante orgânico e para compostagem e recuperação de solos degradados (Godoy, 2013); bem como seu uso aplicado ao reflorestamento (Rieling *et al.*, 2014). Atualmente, a utilização do bio sólido na agricultura recebe maior notoriedade e mais estudos que corroboram a possibilidade de seu reaproveitamento (Schirmer, 2010; PAEZ, 2011; Rossmann *et al.*, 2014).

Outra forma de aproveitar o lodo, enquanto biomassa é transformá-lo por meio do craqueamento térmico catalítico (pirólise), onde há a alteração da sua composição final, com a geração de subprodutos tais como: o líquido, denominado bio-óleo; os gases, como o H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_4 e C_2H_6 ; e o sólido que é denominado biocarvão (Vieira, 2012). Esse biocarvão, segundo Hossain *et al.* (2009) pode apresentar, conforme a origem e o tipo de tratamento, ampla variação na sua composição além de, conforme Devi e Saroha (2013), apresentar a eliminação de patógenos, o que o torna mais seguro para a aplicação no solo.

Biochar é a denominação internacional para o biocarvão. É um termo recém-criado que define um produto rico em carbono obtido quando a biomassa, como madeira, folhas e estrume, é aquecida em um compartimento fechado com pouco ou nenhum suprimento de oxigênio (O_2), e em temperaturas que variam de $300^\circ C$ a $800^\circ C$ (LEHMANN; STEPHEN, 2009).

Por não ser um produto padrão, sua característica química, física e físico-química, varia de acordo com o processo de queima e seus desdobramentos (tipo de pirólise, temperatura, tempo de retenção, adição de oxigênio), tipo e granulometria da biomassa. Entretanto, vários autores, usando diferentes tipos de biocarvões, encontraram contribuição à fertilidade e à sustentabilidade da fertilidade do solo, melhorando suas propriedades químicas, físicas e biológicas (STEINER *et al.*, 2007).

OBJETIVO

Sendo o biocarvão um produto de interesse agrícola, avaliar a sua fertilidade (explorando a sua composição, suas características e suas propriedades), tal como avaliar o potencial de transformação do lodo de esgoto em biocarvão, é essencial para de descrição de padrões de produção (ajuste dos protocolos de pirólise às características do lodo, por exemplo) e para o sucesso das aplicações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparação das amostras

O lodo de esgoto usado neste estudo foi obtido da descarga de um reator UASB da Estação de Tratamento de Esgoto da Vila da Barca, localizada na Região Metropolitana de Belém. Os procedimentos preliminares de preparação da amostra foram os seguintes: 1) Lodo: secagem térmica, moagem e armazenamento. A secagem térmica foi realizada em estufa e o desagregamento do lodo seco foi utilizado um moinho de bolas.

Encerrados os procedimentos anteriores de preparação, parte da massa seca foi submetida ao processo de higienização, através de estabilização química com $\text{Ca}(\text{OH})_2$, em proporções em função do peso seco, utilizando protocolo adaptado de Inlhefeld (1999). Este procedimento foi realizado a fim de repetir em bancada o que normalmente é realizado com lodo em estações de tratamento de esgoto, na estabilização e inativação de micro-organismos patogênicos.

Nele foram obtidos tipos de amostras de lodo seco higienizado (com estabilização química) e esse material foram preparados e encaminhados ao processo de transformação termoquímica (pirólise), nas unidades de bancada THERMITEK//UFPA, os experimentos de craqueamento térmico foram realizados em uma unidade bancada na temperatura de 450 °C.

Processo de craqueamento térmico (pirólise) do lodo de esgoto

Nesse trabalho foram realizados dois experimentos de craqueamento térmico, onde foi utilizada a biomassa de lodo seco higienizado a dosagem de 25% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, em tempos de residência de 30 e 60 minutos (Figura 1).

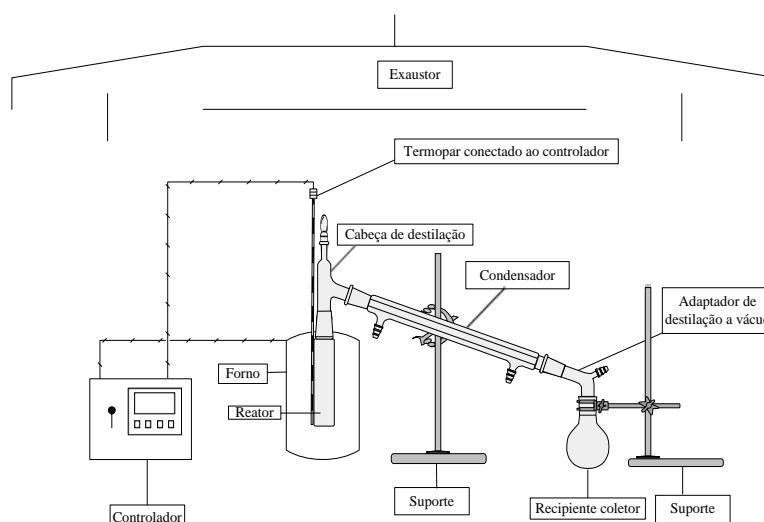


Figura 1: Planta de craqueamento térmico catalítico em escala de bancada.

O aparato experimental da unidade de bancada é composto por um reator de borosilicato de geometria cilíndrica e volume de 160 ml. O reator é acoplado a um condensador de vidro borosilicato e com um sistema de resfriamento constituído por um banho termostático com controle digital de temperatura. Os produtos condensados são recolhidos em um balão de vidro borosilicato 250 ml (elernmeyer). Os produtos gasosos não condensáveis são conduzidos por uma abertura (válvula) na curva longa acoplada entre o condensador e o balão de coleta, até o sistema de exaustão. A massa de material utilizada para cada reação foi de 50 g. Os produtos líquidos foram coletados no balão de vidro borosilicato (50 ml), reservados para posterior aferição de massa e submetidos ao processo de separação de fases utilizando o balão de decantação. Os biocarvões obtidos no processo foram acondicionados em recipientes plásticos para posterior caracterização.

Rendimento dos produtos obtidos no experimento

Foram calculados os rendimentos dos produtos do lodo de esgoto no processo de craqueamento utilizando as equações 1, 2 e 3 de rendimento:

$$Plo \% = \frac{M_{plo}}{M_{mp}} \times 100\% \quad (1)$$

$$Coque\% = \frac{M_{coque}}{M_{mp}} \times 100\% \quad (2)$$

$$Gás\% = \left(1 - \frac{M_{plo}}{M_{mp}} - \frac{M_{coque}}{M_{mp}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Determinação de fertilizantes

As análises químicas realizadas para a determinação de fertilidade nos biocarvões obtidos compreendeu as seguintes variáveis: pH em água, carbono orgânico (CO), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Todas as análises foram realizadas de acordo com os Métodos de Análises Químicas para Avaliação da Fertilidade do Solo - Métodos Usados na Embrapa Solos (1998).

RESULTADOS

Resultados dos rendimentos dos produtos gerados no processo de craqueamento térmico: Foi possível constatar que o maior rendimento no processo de craqueamento térmico do lodo se deu na formação de coque (biocarvão) nos dois experimentos, sendo o valor do biocarvão 1 (B1) de 66,40% e para o biocarvão 2 (B2) de 65%. Notou-se ainda que apresentou um maior rendimento de gases não condensáveis de 26,44% para o B1 e para o B2 de 27,04%. Além disso, o PLO obtido teve um maior rendimento em B2 de 7,96%, enquanto que para B1 foi de 7,16%.

Resultados das variáveis analisadas nos biocarvões obtidos através do processo de craqueamento térmico em escala de bancada: Conforme proposto na metodologia do trabalho, a avaliação dos resultados das variáveis analisadas na caracterização dos biocarvões foi realizada através da comparação dos experimentos 1 e 2, onde a biomassa utilizada foi o lodo higienizado com Ca(OH)_2 , na dosagem de 25% e tempos de residência de 30 e 60 minutos, a 450 °C.

Presença de fertilizantes nos biocarvões obtidos no processo de craqueamento térmico do lodo:

Tabela 1 – Valores dos fertilizantes nos biocarvões após o processo de craqueamento térmico do lodo higienizado com Ca(OH)_2 .

Biocarvões	Variáveis						
	pH água	em	CO (g/kg)	MO (g/kg)	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)
B1 - Lodo higienizado a 25% de Ca(OH)_2 craqueado 450 °C, em 30 minutos.	13,54		15,2	19,36	9,56	5,87	0,52
B2 - Lodo higienizado a 25% de Ca(OH)_2 craqueado 450 °C, em 60 minutos.	13,52		18,4	23,44	8,45	5,75	0,48

Observando os resultados apresentados na Tabela 1 nota-se que não houve variação significativa entre os valores de pH em água para os dois biocarvões obtidos nas diferentes temperaturas testadas, que obtiveram valor aproximadamente igual a 13,50.

Quanto às concentrações de carbono (C) e matéria orgânica (MO), observou-se que houve um incremento no biocarvão obtido com tempo de residência de 60 minutos, 18,4g/kg e 23,44g/kg respectivamente. Ainda observando os valores da Tabela 1 pode perceber que as concentrações de N, P e K sofreram reduções.

ANÁLISE DE RESULTADOS

Cabe salientar que os rendimentos para a reação de craqueamento são fortemente influenciados pelo efeito da temperatura, natureza da amostra, bem como por uma maior tendência para formação de vapores e água. Esse valor alto de pH se dá em função da biomassa do lodo, que gerou os biocarvões, ter passado por um processo de alcalinização com Ca(OH)_2 . A aplicação dos biocarvões alcalinos pode diminuir a acidez potencial do solo e do alumínio trocável, que de acordo com Bataglia *et al.* (1983), poderá aumentar a capacidade de fornecer nutrientes para as plantas. O aumento da temperatura no processo de craqueamento térmico mostrou o aumento da concentração de carbono no biocarvão obtido. Para as concentrações de N, P e K a diminuição na

concentração foi mais significativa para o nitrogênio com o aumento do tempo de 30 para 60 minutos, 9,56g/kg para 8,45g/kg.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os resultados apresentados mostraram uma rota eficiente para a produção de biocarvão, em termos de qualidade físico-química.

A avaliação quanto a influência da dosagem de 25% e o tempo de detenção mediante o uso de Ca(OH)_2 para a obtenção dos biocarvões, durante a caleação para obtenção de lodo higienizado para fins agrícola, revelou que os experimentos apresentaram concentrações médias das variáveis representativas da fertilidade do lodo e disponibilidade de nitrogênio foram observadas em ambos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F.; SPERLING, M. von. *Lodo de esgoto: Tratamento e disposição final*. 2ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014, 444 p.
2. DEVI, P.; SAROHA, A. K. Effect of temperature on biochar properties during paper mill sludge pyrolysis. *International Journal of Chemistry Tech Research*. n. 5, p 682-687, 2013.
3. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA (1998). Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. Ed. rev. atual. – Rio de Janeiro (EMBRAPA-CNPQ. Documentos; 1) 212p.
4. FELCA, A. T. A.; GLÓRIA, R. F.; BARROS, R. M.; ALVES, A. P. Análise do Potencial Energético do Biogás Proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto. In: *Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas*, 2015, Minas Gerais. Poços de Caldas: 2015.
5. GODOY, L. C. de. A logística na destinação do lodo de esgoto. *Revista Científica On-line Tecnologia, Gestão e Humanismo*. Faculdade de Tecnologia de Guaratinguetá, São Paulo: Revista v.2, n.1, nov. 2013.
6. HOSSAIN, M.K.; STREZOV, V. NELSON, P.F. Thermal characterisation of the products of wastewater sludge pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. n. 85, p 442-446, 2009.
7. BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. Métodos de análise q A.O.C.S.- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. Official methods and recommended practices., 4ª.ed. Champaign, 1989. p. irreg. Química de plantas. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983,48p. (Boletim Técnico, 78).
8. ILHENFELD, R. G. K. Riscos associados ao uso do lodo de esgoto. In. Andreoli Cleverton Vitorio; (Ed. Tec.). Programa de Pesquisa em Saneamento Básico PROSAB: Uso e Manejo de lodo de esgoto na agricultura. Curitiba. Sanepar, P.27-40. 1999.
9. ROSSMANN, M.; VIEIRA, D. B.; AVELAR, F. F.; MATOS, A.T. de. Redução da viabilidade de ovos de helmintos em lodo de esgoto doméstico Caleado. *Engenharia na agricultura*, Viçosa - MG, v.22, n.1, p. 43-49 jan/ jev. 2014.
10. SCHIRMER, G. K. Utilização do lodo de esgoto na vermicompostagem e como substrato para a produção de mudas de *Pinus elliottii*. Santa Maria, RS, 2010, 93 p. *Dissertação* (Mestrado em Ciência do Solo, Área de Concentração em Biodinâmica e Manejo do Solo) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS).
11. VIEIRA N. D. Estudo da pirólise de lodo sanitário visando, sua valorização energética. *Dissertação* (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2012.
12. ILHENFELD, R. G. K. Riscos associados ao uso do lodo de esgoto. In. Andreoli Cleverton Vitorio; (Ed. Tec.). Programa de Pesquisa em Saneamento Básico PROSAB: Uso e Manejo de lodo de esgoto na agricultura. Curitiba. Sanepar, P.27-40. 1999.
13. LEHMANN, J. & STEPHEN, J. Biochar for environmental management: science and technology. *Earthscan*, 1: 1-12, 2009.

14. GOLCHIN, A. et al. The effects of vegetation and burning on the chemical composition of soil organic matter in a volcanic ash soil as shown by ^{13}C NMR spectroscopy: I whole soil and humic acid fraction. *Geoderma*, Amsterdam, v. 76, p. 155-174, 1997.
15. SCHMIDT, M. W. I.; SKJEMSTAD, J. O. Carbon isotope geochemistry and nanomorphology of soil black carbon: black chernozemic soils in central Europe originate from ancient biomass burning. *Global Biogeochemistry Cycles*, Mainz, v. 16, p. 1123, 2002.
16. LEHMANN, J. et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, Netherlands, v. 249, p. 343-357, 2003.
17. STEINER, C. et al. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil*, Berlin, v. 291, n. 1-2, p. 275-290, 2007.