http://journal.unoeste.br/index.php/ce/index
DOI: 10.5747/ce.2020.v12.n2.e321
ISSN on-line 2178-8332

Colloquium Exactarum

Submetido: 20/06/2020 Revisado: 02/09/2020 Aceito: 09/09/2020

SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE BIOCARVÃO PRODUZIDO A PARTIR DE RESÍDUOS DE INDÚSTRIAS FRIGORÍFICAS COMO POTENCIAL ENERGÉTICO E POSSÍVEL SUBSTRATO PARA PLANTAS

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF BIOCHAR PRODUCED FROM RESIDUES OF FRIGORIFIC INDUSTRIES AS ENERGY POTENTIAL AND POSSIBLE SUBSTRATE FOR PLANTS

Ricardo Roberto de Moura, Bruno Carrion Castro, Alexandre Teixeira De Souza

Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, SP.
E_mail: ricardomoura141@gmail.com

RESUMO - O estudo da utilização do efluente de frigorífico como fonte de energia e geração de fertilizante justifica-se devido ao principal problema de um frigorífico: a geração de resíduos. O intuito do trabalho foi buscar uma alternativa para o uso do efluente de frigorífico (Linha vermelha, Linha verde). Foi quantificado o poder calorífico, a fim de determinar a capacidade de alimentar um gerador de energia e avaliar se o resíduo da queima é viável para fertilização do solo. Para isso, foram realizados 3 processos de pirólise em diferentes temperaturas, obtendo o biocarvão. Além disso, foram conduzidas analises térmicas, análises de difração de raios-x, e também, análises de espectrometria de fluorescência de raios-x. Os resultados das análises mostraram que os valores de poder calorífico obtidos foram próximos aos de outros materiais já comprovados na literatura. Conclui-se que os biocarvões provenientes do frigorífico apresentam propriedades favoráveis para o processo de geração de energia. As amostras apresentaram grande quantidade de Carbono e outros elementos como Silício, Cálcio, Fósforo e Potássio em sua composição, indica que o biocarvão merece ser melhor estudado como um possível fertilizante.
Palavras-chave: Resíduos frigoríficos; Biocarvão; Geração de energia por Biocarvão; Fertilização por Biocarvão.

ABSTRACT - The study of using refrigerator effluent as an energy source and fertilizer generation is justified due to the main problem with a refrigerator: the generation of waste. The purpose of the work was to seek an alternative for the use of the refrigerator effluent (Red line, Green line). The calorific value was quantified in order to determine the capacity to feed an energy generator and to evaluate whether the burning residue is viable for soil fertilization. For this, 3 pyrolysis

processes were carried out at different temperatures, obtaining the biochar. In addition, thermal analyzes, X-ray diffraction analyzes, and X-ray fluorescence spectrometry analyzes were conducted. The results of the analyzes showed that the values of calorific value obtained were close to those of other materials already proven in the literature. Thus, it is concluded that biocarbons from the refrigerator have favorable properties for the energy generation process. The samples showed a large amount of Carbon and other elements such as Silicon, Calcium, Phosphorus and Potassium in their composition, indicating that biochar deserves to be better studied as a possible fertilizer
Keywords: Frigorific Waste; Biochar; Energy Generation from Biochar; Fertilization from Biochar.

1. INTRODUÇÃO

O principal problema da industrialização, com certeza é a grande quantidade de resíduo gerado. Cada indústria contém sua particularidade, porém quanto maior o teor de toxicidade e a quantidade produzida no processo, maior será o problema ambiental e consequentemente, precisará de uma solução mais elaborada. Em um frigorífico bovino, os efluentes podem ser divididos entre a linha vermelha - que é designada aos resíduos derivados do sangue - e a linha verde - que são resíduos resultantes dos dejetos e do conteúdo estomacal dos animais. A destinação desse efluente, implica em algumas problemáticas.

O lodo da linha vermelha, também chamado de sebo bovino, se destina na maioria das vezes, a venda para empresas que produzem biocombustível. A problemática dessa relação entre empresas, é que durante o processo de tratamento de linha vermelha, pode ocorrer que o sebo originado, tenha pH ácido, fazendo com que seu valor de mercado despenque. Existem diversas formas de alcalinizar este subproduto, porém acaba sendo inviável, já que o preço de tratamento, em alguns casos, acaba superando o preço de venda, trazendo assim, prejuízo no descarte final.

Já o lodo da linha verde, também denominado rúmen bovino, é armazenado em aterros. Assim, necessitam de grandes áreas de armazenamento, as quais posteriormente irão tornar-se inutilizáveis devido a contaminação do solo, caso aconteçam imprevistos.

Na busca de alternativas para solucionar o problema de resíduos sólidos, foram criadas usinas de pirólise ou craqueamento térmico. Neste processo, diferentemente da incineração, o material é exposto a uma indução térmica, sem a presença de oxigênio, sendo assim, não existe a produção de gases poluentes e toxina, resultando em vapor d'agua, cinza e gás natural. Aplicando esse processo dentro de uma indústria, pode-se alimentar geradores de energia, suprindo a necessidade energética de empresas e retornando para a rede de distribuição, o excedente. O biocarvão tem características desconhecidas, mas levando em consideração a origem, indica que pode conter altos índices de elementos que são necessários para a fertilidade do solo.

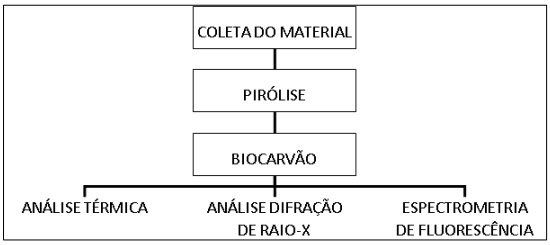
Por ser a destinação final dos resíduos de frigorífico uma problemática ambiental e ter muitos custos envolvidos, este trabalho se justifica pela busca de uma alternativa de aproveitamento energético e melhoria da qualidade do solo e da produção agrícola, destinando-o de forma produtiva à sociedade gerando um baixo impacto ambiental. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar o potencial energético do biocarvão, utilizando como biomassa os resíduos das linhas vermelha e verde de frigorífico,

determinando o poder calorífico, e através da caracterização química, identificar seu potencial para utilização como fertilizantes e contribuir para a melhoria da qualidade do solo e da produção agrícola.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo propor uma alternativa para o uso de Efluente de frigorífico (Linha vermelha, Linha verde). Quantificar o poder calorifico, a fim de determinar se é capaz de alimentar um gerador de energia. Avaliar se o resíduo da queima é viável para fertilização do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado para o estudo seguiu o esquema apresentado na Figura 1.



Fonte: Os autores (2020).

Os materiais utilizados no presente trabalho foram lodos provenientes da linha vermelha (sebo bovino) e linha verde (rúmen bovino) da estação de tratamento de um frigorifico. Os procedimentos preliminares de preparação de amostra foram os seguintes: Secagem, moagem e armazenamento. A secagem foi realizada ao ar livre e o desagregamento do lodo seco, através de processo manual.

Encerrados os procedimentos anteriores a preparação, foram submetidos aos ensaios de pirólise para produção de biocarvão, utilizando biomassa de lodo. O biocarvão foi obtido a partir da pirólise de 500g de biomassa submetido às temperaturas de 400ºC, 500ºC e 600ºC, realizado em um forno, modelo GCRA (INFOGEL).

Para realizar a caracterização do biocarvão obtido no experimento, foram utilizadas a análise térmica, análise de Difração de Raio-X (DRX) e espectrometria de Fluorescência de Raio-X (FRX). A análise térmica abrange um grupo de técnicas nas quais uma propriedade física ou química de uma substância, ou de seus produtos de reação, é monitorada em função da temperatura ou tempo, enquanto a temperatura da amostra, sob uma atmosfera específica, é submetida a uma programação controlada.

As técnicas utilizadas foram a termogravimétrica ou Análise Termogravimétrica (TGA) e a Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), o equipamento utilizado foi o Ta instruments SDQ 600 de temperatura ambiente a 1000 ºC a taxa de 10 C.m-1 atmosfera de ar (Figura 2).

Figura 2. Analisador térmico simultâneo TA Instruments SDT-Q600.



Fonte: Os autores (2020).

A TGA é uma técnica da análise térmica na qual a variação da massa da amostra (perda ou ganho) é determinada em função da temperatura e/ou tempo, enquanto a amostra é submetida a uma programação controlada de temperatura.

A técnica DSC é comumente chamada de Calorimetria Diferencial de Varredura ou Análise Térmica Diferencial devido à tradução do inglês. Entretanto, o certo é “Calorimetria Exploratória Diferencial” que é definida por “um grupo de técnicas por meio das quais uma propriedade física de uma substância e/ou de seus produtos de reação é medida

em função da temperatura, enquanto essa substância é submetida a uma programação controlada de temperatura e sob uma atmosfera específica" (SILVA; PAOLA; MATOS, 2007). Com esta medida pode ser obter calor especifico, oxidação, cristalização, ponto de fusão do material estudado.

A Difração de Raios-X, foi a técnica escolhida para fazer a caracterização mineralógica do material e o equipamento utilizado foi o SHIMADZU XRD 6000 (Figura 3).

Figura 3. Difratômetro de Raios-X modelo Shimadzu XRD 6000.



Fonte: Os autores (2020).

A Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX ou EDX) é uma técnica analítica não-destrutiva utilizada para obter informações elementares a partir de diferentes tipos de materiais, o equipamento usado nesta técnica foi o SHIMADZU FRX-7000 (Figura 4) que pode detectar Na (sódio) a U (urânio) o ensaio foi feito usando porta amostra de mylar e atmosfera de vácuo e temperatura ambiente.

Figura 4. Espectrômetro dispersivo Shimadzu FRX-7000 da fluorescência do Raio-X.



Fonte: Os autores (2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do lodo

O lodo da linha verde foi gentilmente fornecido por um frigorifico da região, sendo que seu preparo se deu mediante a secagem ao ar livre e moagem manual. Para realizar a caracterização, foi utilizado o método de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX), como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1. Características do lodo da linha verde.

Resultado Quantitativo	
Analito	Resultado %
Si	1,306%
Ca	0,471%
P	0,314%
S	0,249%
K	0,066%
Fe	0,039%
Al	0,027%
Ag	0,018%
Mn	0,009%
Zn	0,006%
Cu	0,006%
Ti	0,004%
Sr	0,004%
C	97,480%

Fonte: Os autores (2020).

Pode-se perceber que o rúmen possui alta porcentagem de carbono na sua composição química, representando um grande potencial para utilização como fonte de energia. De acordo com Jenkins (1989) a cada variação unitária de C (%) há um acréscimo de aproximadamente 93,15 kcal.kg-1 no poder calorífico da biomassa. Além disso, apesar de menor porcentagem, o rúmen possui micronutrientes essenciais para melhoria da qualidade do solo e da produção agrícola.

3.2 Pirólise

3.2.1 Linha vermelha

Não foi possível obter o biocarvão a partir da pirólise do sebo bovino. Durante a realização da queima, o material vazou pelo reator, sendo despejado na mufla, devido ganhar características líquidas quando exposto a altas temperaturas (Figuras 5 e 6).

Figura 5. Forno fechado com vazamento de sebo.



Fonte: Os autores (2020).

Figura 6. Forno aberto com sebo vazando através do reator.

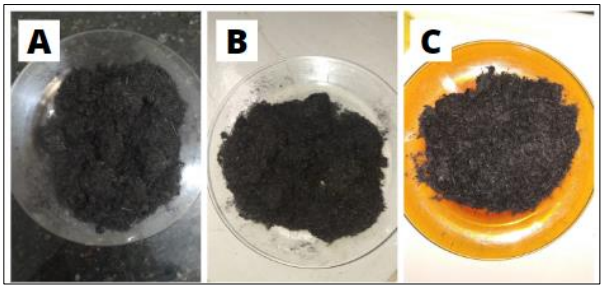


Fonte: Os autores (2020).

3.2.2 Linha verde

O material foi pirolisado em 3 diferentes temperaturas, resultando em 3 amostras de biocarvão (Figura 7).

Figura 7. Amostras de biocarvão obtidas a partir de A) 400°C B) 500°C C) 600°C.



Fonte: Os autores (2020).

3.3 Caracterização elementar do biocarvão através da fluorescência do raio-X

Após análises (Figura 8), as amostras apresentaram grande quantidade de Carbono em sua composição. Outros elementos como Silício, Calcio, Fósforo e Potássio, também aparecem em grande quantidade.

Figura 8. Amostra do biocarvão no recipiente dentro do Espectômetro Dispersivo Shimadzu FRX-7000.



Fonte: Os autores (2020).

O silício é um elemento mineral que, depois de absorvido pelas plantas, polimeriza-se e acumula na parede celular da epiderme (JARVIS, 1987). Além de servir como barreira mecânica, pode agir como elicitor do processo de indução de resistência, aumentando a atividade de enzimas relacionadas à defesa das plantas de trigo, a peroxidase, a polifenoloxidase e a fenilalanina amônia-liase (GOMES *et al*., 2005). Em algumas culturas como a do morango, o silício se mostrou significante no combate a pragas, mesmo em condições adversas de temperatura e precipitação, aumentando a espessura nos tecidos do limbo foliar, dificultando o ataque de pragas (BRAGA, 2009).

O cálcio tem as funções de atuar na estrutura da planta, sendo componente da parede celular, atuar na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, auxiliar na disponibilidade de molibdênio. Já na manutenção do solo, é utilizado para reduzir a acidez, diminuir a toxidez do alumínio, cobre e manganês (LABORSOLO, 2013).

A disposição de mais fósforo no solo, se mostrou eficiente no crescimento do milho como também maior acúmulo desse elemento na sua parte aérea (DE NOVAIS, 1985).

Na literatura, o Potássio é conhecido como “elemento de qualidade”, responsável por garantir atributos como cor, tamanho, acidez, resistência ao transporte, manuseio, armazenamento, valor nutritivo e qualidades industriais (RAIJ, 1990).

Apesar da quantidade de componentes importantes para o cultivo de algumas culturas, não significa que estarão disponíveis para a planta, mas que o material merece ser melhor estudado.

Os Quadros 2, 3 e 4 representam os resultados das análises de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX) do biocarvão, pirolisados nas temperaturas de 400, 500 e 600º C, respectivamente.

Quadro 2. Características do biocarvão pirolisado em 400°C.

Resultado Quantitativo	
Analito	Resultado %
Si	8,776%
Ca	4,832%
P	1,763%
K	1,141%
Fe	0,786%
S	0,678%
Mg	0,656%
Al	0,128%
Mn	0,120%
Ti	0,074%
Zn	0,044%
Cu	0,022%
Re	0,022%
Sr	0,012%
V	0,004%
Zr	0,001%
C	80,940%

Fonte: Os autores (2020).

Quadro 3. Características do biocarvão pirolisado em 500°C.

Resultado Quantitativo	
Analito	Resultado %
Si	9,578%
Ca	5,391%
P	2,001%
K	1,387%
Mg	0,664%
Fe	0,645%
S	0,626%
Al	0,156%
Mn	0,128%
Ti	0,068%
Sc	0,067%
Zn	0,056%
Cu	0,024%
Sr	0,015%
Cr	0,009%
C	79,186%

Fonte: Os autores (2020).

Quadro 4. Características do biocarvão pirolisado em 600°C.

Resultado Quantitativo	
Analito	Resultado %
Si	10,909%
Ca	6,836%
P	2,403%
K	1,342%
Fe	0,934%
Mg	0,799%
S	0,550%
Al	0,193%
Mn	0,167%
Ti	0,113%
Zn	0,068%
Cu	0,028%
Sr	0,018%
V	0,005%
Zr	0,002%
C	75,632%

Fonte: Os autores (2020).

3.4 Caracterização minerálogica do biocarvão através da difração de raio-x

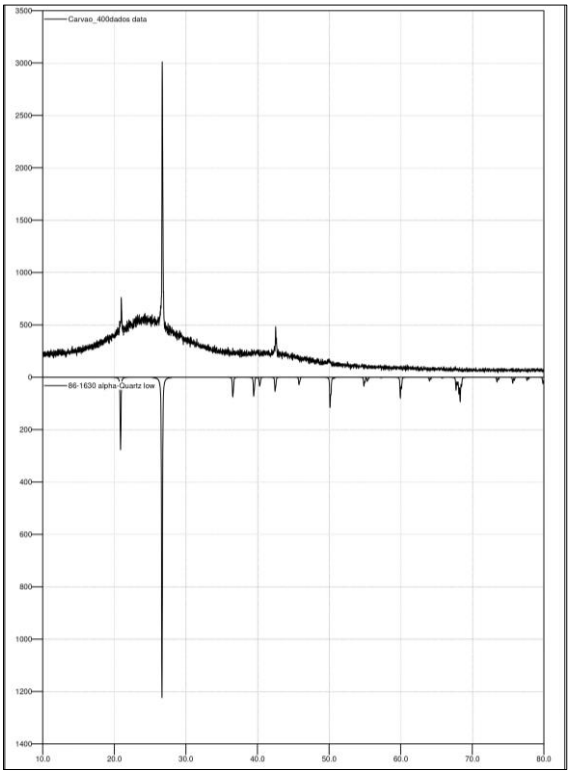
Análises de DRX revelaram a característica predominantemente amorfa do biocarvão, onde arranjos cristalinos podem estar presentes dentro da fração amorfa. O desaparecimento de algumas regiões cristalinas foi associado à decomposição de regiões cristalinas da celulose provocada pelo processo de ativação e pirólise. Na literatura é reconhecido como padrões de DRX de biomassa são caracterizados por halo amorfo intenso com valores máximos entre 20 e 23°, indicando principalmente a presença de celulose em mínimos de 13 e 17° relacionados com a ocorrência de lignina.

Na Figura 9 o padrão de difração correspondente apresenta característica predominante amorfa mais com presença de quartzo de SiO2, observa-se três picos típicos de presença de quartzo de SiO2 aproximados (3 em 21°, 27° e 43°), sendo possível inferir que ocorram interferências e intermoleculares devido ao grau de empacotamento das moléculas na fase amorfa.

Na Figura 10 o padrão de difração correspondente apresenta característica predominante amorfa, com dois picos típicos de halo amorfo aproximados (2 em 27° e 30°), sendo possível inferir que ocorram interferências e intermoleculares devido ao grau de empacotamento das moléculas na fase amorfa.

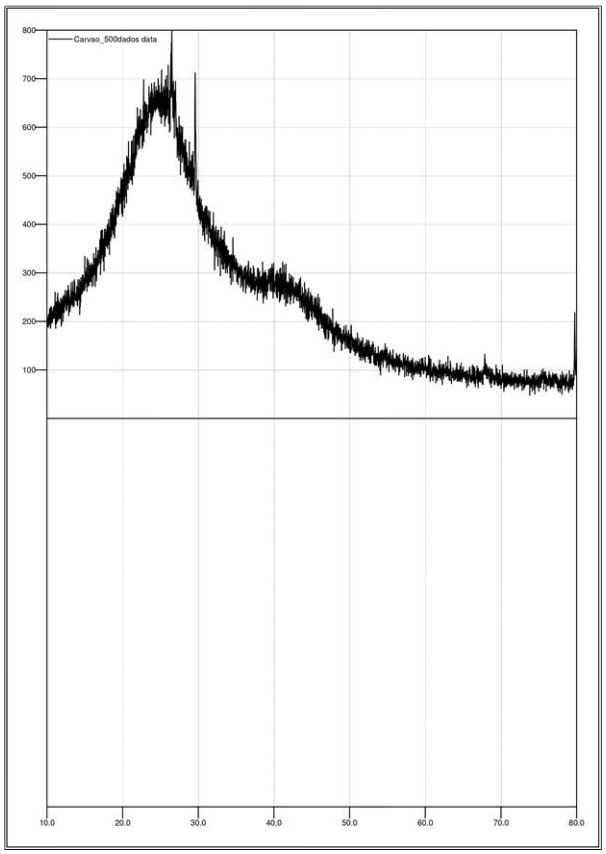
Na Figura 11 o padrão de difração correspondente apresenta característica predominante amorfa mais com presença de quartzo de SiO2, observa-se dois picos típicos de presença de quartzo de SiO2 aproximados (2 em 27° e 29,5°), sendo possível inferir que ocorram interferências e intermoleculares devido ao grau de empacotamento das moléculas na fase amorfa.

Figura 9. Análise de difração de Raio-X pirolisada a 400°C.



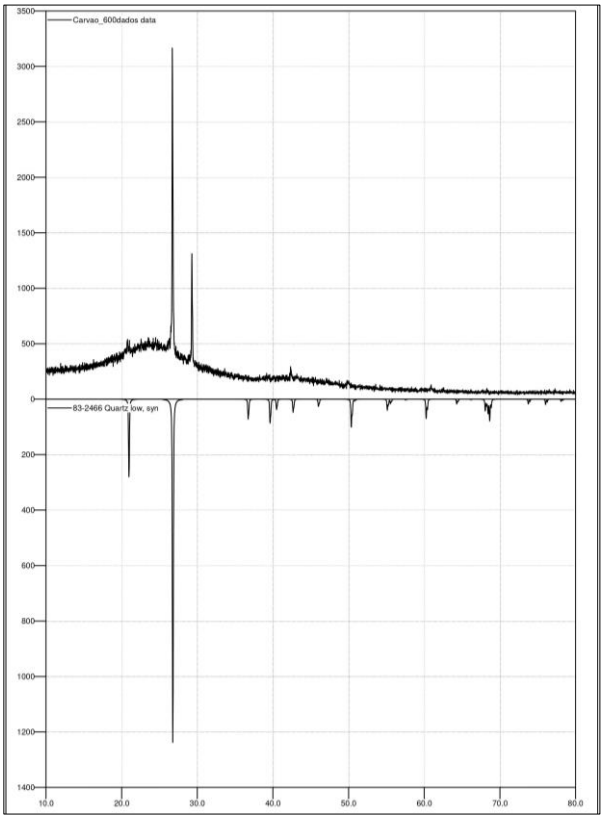
Fonte: Os autores (2020).

Figura 10. Análise de difração de Raio-X pirolisada a 500°C.



Fonte: Os autores (2020).

Figura 11. Análise de difração de Raio-X pirolisada a 600°C.



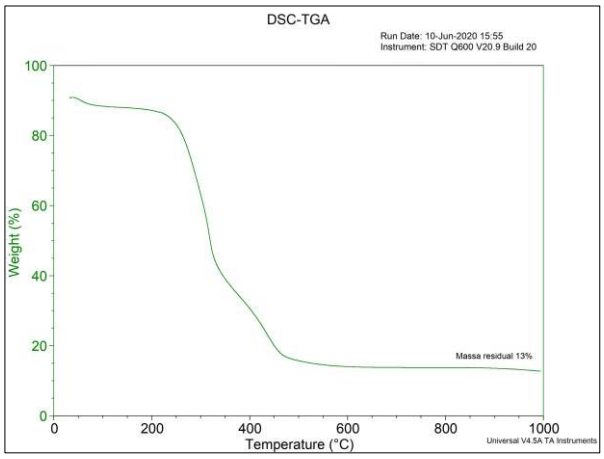
Fonte: Os autores (2020).

3.5 Análise termogravimétrica

3.5.1 Perda de massa

Na Figura 12 são mostradas a curva TGA para o lodo de linha verde. Pode-se observar a presença de três estágios de perda de massa. O primeiro, que ocorre a temperaturas inferiores a 200 ºC, é relacionado à perda de umidade. O segundo estágio, entre 200 e 350 ºC, pode ser relacionado à decomposição da matéria orgânica com geração de material carbonizado, que finalmente é queimado na faixa de 350 a 600 ºC. Os dois primeiros estágios representam uma perda de massa de 50% em relação à amostra inicial.

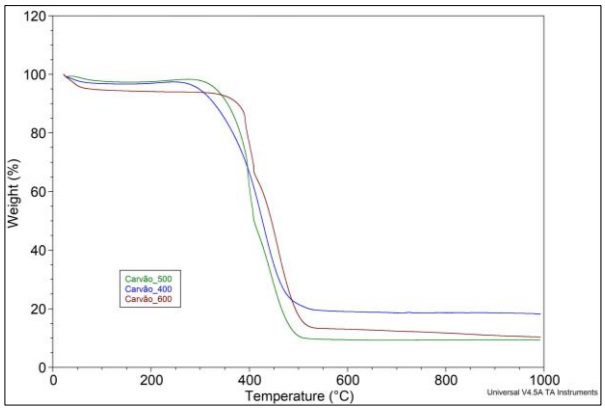
Figura 12. Perda de biomassa.



Fonte: Os autores (2020).

Na Figura 13, por se tratar de um material recém pirolisado, não continha quantidades significativas de umidade, representada pelo primeiro estágio, que ocorreu anteriormente ao 100ºC e no segundo estágio a queima ocorreu na faixa de 300ºC a 550ºC.

Figura 13. Perda de massa das amostras de biocarvão pirolisadas a 400°C, 500**°C e 600°C.**



Fonte: Os autores (2020).

3.5.2 Energia liberada na combustão

Na análise térmica, foi possível realizar os testes de 3 amostras. Foi utilizado o aparelho SDT Q 600, com a taxa de aquecimento de 10°C por minuto, o recipiente utilizado foi um cadinho de alumina (Figura 14).

Figura 14. Amostra do biocarvão no recipiente cadinho de alumina.



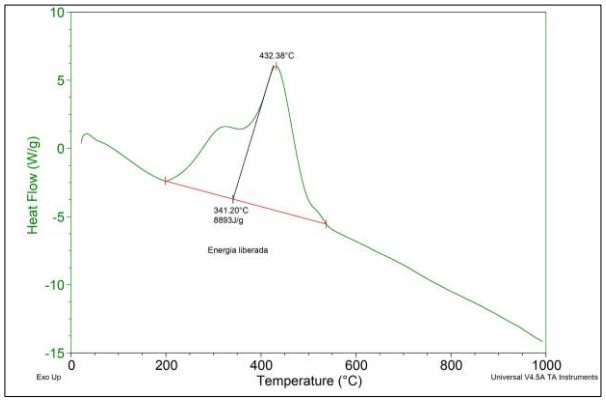
Fonte: Os autores (2020).

Os gráficos Figuras 15, 16 e 17 mostram o pico de temperatura máxima que a amostra do biocarvão alcançou e quantificam o quanto de massa da amostra restou após a queima. Estes gráficos trazem também no eixo das abcissas, o valor das temperaturas, no eixo das ordenadas apresenta do lado esquerdo a energia fornecida em Watts por grama.

Os dados pontuados, são em relação a quantidade de resíduos e seu respectivo percentual (representado pela linha verde) ao fim do processo de combustão realizado para conhecer o poder calorífico do material. Na parte superior do gráfico, têm-se o pico máximo de temperatura que o material foi submetido. E, no centro do mesmo, ainda apresenta a temperatura e respectivo poder calorifico (representado pela linha vermelha).

No gráfico da figura 15, avaliou-se o biocarvão pirolisado a 400ºC. O biocarvão atingiu a temperatura máxima de 432,38°C. E o poder calorifico, ao atingir 341,20°C foi de 2125,4 Kcal/Kg para o biocarvão.

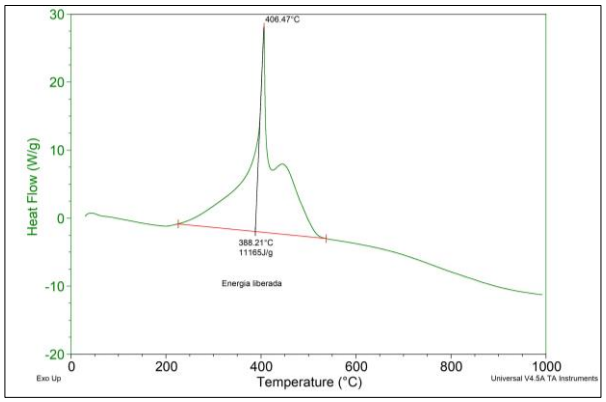
Figura 15. Liberação de energia na amostra pirolisada a 400°C.



Fonte: Os autores (2020).

No gráfico da figura 16, avaliou-se o biocarvão pirolisado a 500ºC. O biocarvão atingiu a temperatura máxima de 406,47°C. E o poder calorifico, ao atingir 388,21°C foi de 2668,5 Kcal/Kg para o biocarvão.

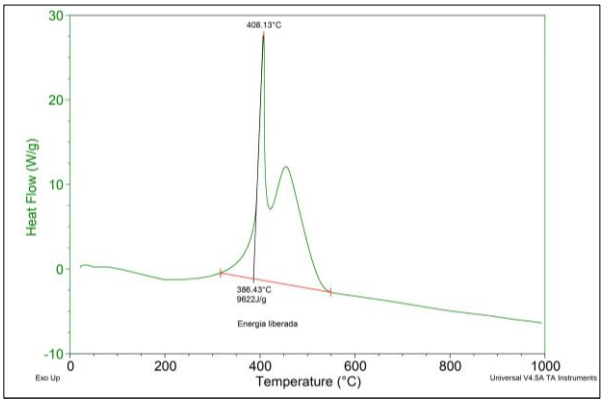
Figura 16. Liberação de energia na amostra pirolisada a 500ºC.



Fonte: Os autores (2020).

No gráfico da figura 17, avaliou-se o biocarvão pirolisado a 600ºC. O biocarvão atingiu a temperatura máxima de 408,13°C. E o poder calorifico, ao atingir 386,43°C foi de 2299,7 Kcal/Kg para o biocarvão.

Figura 17. Liberação de energia na amostra pirolisada a 600°C.



Fonte: Os autores (2020).

A madeira e o bagaço de cana, são as biomassas mais convencionais para o uso em caldeiras. A madeira, considerando um teor de umidade de 20%, tem seu PCI = 3853,75 Kcal/Kg, considerando a queima completa e com ar seco estequiométrico (CAETANO; DUARTE JUNIOR, 2004). Já do bagaço de cana, considerando também um teor de umidade de 20%, tem seu PCI em aproximadamente 3888,6 Kcal/Kg (OLIVEIRA, 2014).

No lodo de linha verde pirolisado a 500ºC, o PCI foi de 2668,5 Kcal/Kg, apesar de ser inferior aos materiais usuais, apresenta poder calorífico significante, podendo ser utilizado tambem como co-combustivel, barateando o funcionamento de uma caldeira.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse trabalho foi propor uma alternativa para ao uso do efluente de frigorífico. Observamos a necessidade de dar um destino correto ao efluente, devido à grande quantidade gerada diariamente no processo e sua destinação exigir uma grande área para deposição, tornando-a inutilizável e podendo haver contaminação do solo.

Através da técnica de pirólise, não é possível obter o biocarvão do lodo de linha vermelha, devido suas características físicas mudarem de sólido para líquido quando exposto a temperaturas acima de 200ºC e para gasoso acima de 350ºC. O biocarvão em questão apresentou grande quantidade de

carbono, sendo assim, com grande potencialidade energética de combustíveis.

Há também grandes quantidades de elementos que são interessantes para o crescimento, frutificação com maior qualidade, correção do solo e combate de pragas em plantas, indicando que merece ser melhor estudado o uso como fertilizante.

REFERÊNCIAS

AKHTAR, S.S. *et al*. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. **Agric. Water Manag**, v.138, p. 37e44, 2014. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.02.016

ANDRADE FILHO, M. **Aspectos técnicos e econômicos da produção do biodiesel:** o caso do sebo bovino como matéria-prima. 2007. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) - Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Salvador, Salvador, BA, 2007

ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira 2018**. São Paulo: AgraFNP, 2018, 360 p.

BEESLEY, L. *et al.* A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. **Environmental Pollution**, n. 159, p. 3269–3282, 2011. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.07.023

BLISKA, F.; GONÇALVES, J. R. **A cadeia produtiva da carne bovina no Brasil.** Campinas: ITAL, 1998.

BLISKA, F.M.; GONÇALVES, J. R. **Estudo da cadeia produtiva de carne bovina no Brasil**. Cadeias produtivas e sistemas naturais. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1998. p. 157-183

BRAGA, F. T. *et al.* Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 128-132, 2009. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000200003

CAETANO, L.; DUARTE JUNIOR, L. A. Estudo Comparativo da Queima de Óleo BPF e de Lenha em Caldeiras–Estudo de caso. *In*: CREEM, 11., 2004 Nova Friburgo. **Anais** [...]. Nova Fribrugo: ABCM, 2004.

COOPER, J. M., BUTLER, G., LEIFERT, C.. Life cycle analysis of greenhouse gas emissions from organic and conventional food production systems, with and without bio-energy options. **NJAS-Wagen. J. Life Sci**. v.58, p. 185-192, 2011. https://doi.org/10.1016/j.njas.2011.05.002

DE NOVAIS, R. F. *et al.* Absorção de fósforo e crescimento do milho com sistema radicular parcialmente exposto a fonte de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 7, p. 749-754, 1985.

EMBRAPA. **Sebo bovino é segunda matéria-prima na produção de biodiesel.** Brasília: EMBRAPA, 2019. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/47881589/sebo-bovino-e-segunda-materia-prima-na-producao-de-biodiesel. Acesso em: 03 mar. 2020.

FOLHA DE PERNAMBUCO. **Tecnologia é aliada da agropecuária**. Recife, 14 nov. 2019. Cad. Economia. Disponível em: https://www.folhape.com.br/ECONOMIA/2373-TECNOLOGIA-ALIADA-AGROPECUARIA/116308/.Acesso em: 02 mar. 2020.

FREDDO, A.; CAI, C.; REID, B. J. Environmental contextualisation of potential toxic elements and polycyclic aromatic hydrocarbons in biochar. **Environmental Pollution**, v. 71, n. 01, p. 18–24, 2012. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.009

FRITZ, A. G. N. C.; VIEIRA, G. E. G.; SANTOS JÚNIOR, R. K. Reaproveitamento e

caracterização do lodo de esgoto para produção de energia renovável. **Biomassa & Energia**, v. 4, n. 2, p. 121-130, 2011.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D.; GOUSSAIN, M. M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 547-551, nov./dez. 2005. https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000600006

HARUMI IMAI, M. **Aproveitamento energético do lodo de ETEI de indústria de papel no município de Correia Pinto/SC**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/124491/204.pdf?sequence=1. Acesso em: 20 mar. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Número de bovinos abatidos, segundo os meses - Brasil - 2018 - 2019**. Comunicação Social. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9203-pesquisas-trimestrais-do-abate-de-animais.html?edicao=26356&t=downloads. Acesso em: 02 mar. 2020.

JARVIS, S. C. The uptake and transport of silicon by perennial ryegrass and wheat. **Plant soil**, Dordrecht, v. 97, n. 2/3, p. 429-437, 1987. https://doi.org/10.1007/BF02383233

JEFFERY, S. *et al.* A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. **Agric. Ecosyst. Environ**, v.144, p. 175-187, 2011. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.015

JENKINS, B. M. **Physical properties of biomass**. In: KITANI, O.; HALL, C. W. (Eds.). Biomass Handbook. New York: Gordon & Breach, p. 860-891, 1989.

KLOSS, S. et al. Characterization of slow pyrolysis biochars: effects of feedstocks and pyrolysis temperature on biochar properties. **Journal of Environmental Quality**, n. 41, p. 990–1000, 2012. https://doi.org/10.2134/jeq2011.0070

LABORSOLO. **Análise química de solo, análise de tecido foliar**. 2013. Disponível em: https://laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/macronutrientes-conhecendo-o-calcio. Acesso em 20 mar. 2020

LEHMANN, J. A handful of carbon. **Nature**, v. 447, p.143–144, 2007. https://doi.org/10.1038/447143a

LEHMANN, J. *et al.* Biochar effects on soil biota – a review, **Soil Biology & Biochemistry**. v. 43, n. 01, p. 1812–1836, 2011. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022

LEVY, G. **A inserção do sebo bovino na indústria brasileira do biodiesel: análise sob a ótica da Economia dos Custos de Transação e da Teoria dos Custos de - Mensuração**. 2011. Tese .(Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MULTITÉCNICA. **Fertilizantes:** Conheça um pouco da sua história. 2018. Disponível em: https://multitecnica.com.br/historia-dos-fertilizantes. Acesso em: 03 mar. 2020.

OLIVEIRA, S. F. A. *et al.* Avaliação energética da biomassa de cana-de-açúcar em diferentes indústrias sucroenergéticas. **Revista Processos Químicos**, v. 8, n. 16, p. 43-51, 2014. https://doi.org/10.19142/rpq.v8i16.220

RAIJ, B. V. **Potássio:** necessidade e uso na agricultura moderna. Piracicaba: POTAFOS. 1990. 45 p.

ROBERTS, D. A. *et al*. From waste water treatment to land management: conversion of aquatic biomass to biochar for soil amelioration and the fortification of crops with essential trace elements. **J. Environ. Manag**, v.157, p.60-68, 2015. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.04.016

SAITO, M. L. **O uso do lodo de esgoto na agricultura:** precauções com os contaminantes orgânicos. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, . 2007. Disponível em: https://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_64.pdf. Acesso em: 02 mar. 2020.

SCHULZ, H.; GLASER, B. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. **J. Plant Nutr. Soil Sci**, v.175, p.410-422, 2012. https://doi.org/10.1002/jpln.201100143

SILVA, E. C.; PAOLA, M. V. R. V.; MATOS, J. R. Análise térmica aplicada à cosmetologia. **Rev. Bras. Cienc. Farm.**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 347-356, Set 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322007000300004#:~:text=A%20an%C3%A1lise%20t%C3%A9rmica%20%C3%A9%20definida,%3B%20Wendlandt%2C%201986%3B%20Brown%2C. Acesso em: 24 jun. 2020.

SPOKAS, K. A. *et al*. Biochar: a synthesis of its agronomic impact beyond carbon sequestration. **Journal of Environmental Quality**, n.41 p. 973–989, 2012. https://doi.org/10.2134/jeq2011.0069

STEINBEISS, S.; GLEIXNER, G.; ANTONIETTI, M.. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. **Soil Biol. Biochem,** v. 41, p. 1301-1310, 2009. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.03.016

VALVERDE, O. **Geografia da pecuária no Brasil**. Finisterra, v. 2, n. 4, 1967. https://doi.org/10.18055/Finis2524

YANAI, Y.; TOYOTA, K.; OKAZAKI, M.. Effects of charcoal addition on N_2O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments. Soil Sci. **Plant Nutr.**, v. 53, p. 181-188, 2007. https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00123.x

YANG, X. *et al*.. Influence of biochars on plant uptake and dissipation of two pesticides in na agricultural soil. **J. Agric. Food Chem**, v. 58, p.7915-7921, 2010. https://doi.org/10.1021/jf1011352