

## **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PRODUTIVO DE GÁS DE SÍNTESE E BIO-ÓLEO.**

Gabriel Junior Leal <sup>1</sup>; Júlia Maria Leal Firme <sup>2</sup>; Reginaldo Gonçalves Leão Junior <sup>3</sup>;

1 Gabriel Junior Leal, Bolsista (CNPq, FAPEMIG ou IFMG), Bacharelado em Engenharia Mecânica, IFMG Campus Avançado Arcos, Arcos - MG; gabriel.leal6201@gmail.com

2 Júlia Maria Leal Firme, Bacharelado em Engenharia Mecânica, IFMG Campus Avançado Arcos, Arcos - MG; lealjulia2900@gmail.com

3 Orientador: Reginaldo Gonçalves Leão Junior, IFMG Campus Avançado Arcos, Arcos - MG; reginaldo.junior@ifmg.edu.br

### **RESUMO**

A utilização da biomassa como fonte de energia, além de possuir o potencial energético desejado, contribui de forma simultânea para a produção de energia limpa e solução de problemas ambientais. A produção de gás de síntese e bio-óleo, obtida por meio de degradação térmica, ao que parece, permite não só a produção de energia através da biomassa, bem como a redução da degradação ao meio ambiente, uma vez que esse material não será mais descartado ou utilizado como fertilizante. Atualmente a biomassa vem sendo usada para diferentes processos termoquímicos, como por exemplo, a gaseificação. Nessas circunstâncias, o conhecimento da composição química e propriedades físicas da biomassa, são fundamentais para determinar a viabilidade da produção dos subprodutos de interesse, a partir de determinada amostra ou tipo de biomassa. Neste projeto foi proposto o desenvolvimento de simulação computacional do fenômeno de gaseificação, com o objetivo de auxiliar na determinação do potencial energético da biomassa estudada, bagaço de cana de açúcar, que é abundantemente encontrada na região de desenvolvimento do projeto. Por meio da análise BET foi possível obter a área superficial das amostras, sendo que estas foram divididas em cinco granulometrias diferentes, sendo elas <2 mm, 2 mm, 4.75 mm, 8 mm e 16 mm, que foram preparadas e secas em estufa de modo a se ter a possibilidade de armazenamento destas por um maior período. Devido a problemas de degradação no processo de desgaseificação da amostra no qual foram usadas temperaturas de 120°C e 150°C, as análises BET apresentaram resultados inconsistentes, sendo necessário a realização de novos testes considerando temperatura de desgaseificação de 80°C. A análise BET permite que a simulação computacional resolva os problemas de química de superfície da biomassa de modo a modelá-la em estado condensado, para assim se ter as áreas superficiais das amostras para aplicação na simulação computacional.

### **INTRODUÇÃO:**

Estudos e pesquisas voltadas para fontes alternativas e renováveis de energia, foram necessárias, de modo a buscar estabilidade energética, após a crise do petróleo nos anos 70 (PAGEL et al. 2018). Seguindo a tendência da época, o Brasil desenvolveu alguns programas voltados a diversificar a matriz energética do país, dentre eles está o PROÁLCOOL (Programa Nacional do Alcool), com o objetivo de substituir em larga escala os derivados do petróleo, além de permitir a redução considerável da emissão de gás carbônico na atmosfera. Ainda assim, os subprodutos da produção do álcool, estão associados a um significativo impacto ambiental, dessa forma, com as atuais demandas ecológicas e busca constante por fontes renováveis de energia, o reaproveitamento destes subprodutos também como fonte de energia se torna essencial.

Considerando a crescente demanda por fontes de energias renováveis, bem como o crescimento contínuo do uso de biocombustíveis, que em sua produção acabam por gerar um valor considerável de biomassa, se faz necessário o desenvolvimento de métodos e tecnologias que permitam o uso eficiente destes subprodutos, de forma que a energia produzida reduza a degradação do meio ambiente.

O bagaço de cana, proveniente da produção de açúcar e álcool, já é amplamente aplicado na produção de energia há algum tempo, por meio da queima deste em caldeiras, no entanto essas atividades acabam por possuir um valor agregado baixo. Por outro lado, o bagaço de cana é capaz de gerar hidrogênio verde e gás

de síntese, que possuem maior valor agregado, além de permitir uma melhora relativa do potencial calorífico (RISETO et al. (2013)).

Processos termoquímicos como gaseificação e pirólise, permitem que a biomassa seja derivada em subprodutos com significativo potencial energético. Porém esse tipo de processo depende de fatores que impactam na cinética das reações e qualidade dos subprodutos. Características como umidade e quantidades estequiométricas, por exemplo, são fundamentais para a determinação do potencial energético da biomassa estudada.

O presente trabalho propõe o desenvolvimento de simulação computacional do fenômeno de gaseificação, de modo a auxiliar na determinação dos principais parâmetros do potencial energético da biomassa.

O trabalho incrementará o modelo numérico *BioMass-Mech 1.0* em desenvolvimento no GESESC (Grupo de Estudos em Sistemas Energéticos e Simulação Computacional.), utilizando a área BET para possibilitar que o modelo resolva problemas de química de superfície modelando a biomassa em estado condensado, ao contrário da versão atual, capaz de simular seus componentes apenas em fase gasosa.

## **METODOLOGIA:**

Como forma de identificar a melhor temperatura para retirar a umidade do bagaço de cana, houve a crivagem das amostras em cinco granulometrias diferentes, sendo elas, <2mm; 2mm; 4,75mm; 8mm; 16mm, após esse processo foram separados três grupos com as amostras de ambas as granulometrias que foram levadas a estufa, cada grupo em uma temperatura, sendo as temperaturas respectivamente 45°C, 60°C e 70°C.

As amostras submetidas a temperatura de 75°C, ficaram na estufa por aproximadamente 4:15h, sendo retiradas a cada meia hora de modo a medir a massa das amostras até que ocorresse estabilização. O mesmo critério foi adotado para as demais temperaturas variando apenas o tempo de estufa, sendo de aproximadamente 8:00h na temperatura de 45°C e aproximadamente 5:30h para a temperatura de 60°C.

O processo de gaseificação é de suma importância para o desenvolvimento do trabalho, uma vez que fenômeno se dá por meio de um conjunto de reações energeticamente induzidas, que envolvem compostos orgânicos e atmosfera redutora, com quantidades sub-estequiométricas de oxigênio molecular componente. Essa oxidação térmica produz um gás que é composto por diversos componentes, como monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano, hidrogênio, nitrogênio, hidrocarbonetos, além de pequenas quantidades de carvão, cinzas e componentes condensados (por exemplo, alcatrão e óleos). A mistura gasosa é denominada gás de síntese e constituída basicamente por monóxido de carbono e hidrogênio, pode ser utilizada para geração de energia, como matéria prima para a indústria e na região Centro-Oeste de Minas Gerais, muito utilizada para a calcinação (Anjos et al. 2016). Portanto, procura-se maximizar a conservação das propriedades desejadas no gás de síntese, como o hidrogênio, monóxido de carbono e em alguns casos metano, de forma a se reduzir as emissões de gases nocivos ao meio ambiente e utilizar estes de modo a se propiciar um maior valor agregado.

O ensaio de área superficial, conhecido como BET, sigla em homenagem aos pesquisadores que a desenvolveram *Brunauer, Emmett e Teller*, é utilizado para mensurar a área específica de amostras. A análise da área superficial das amostras se baseia na adsorção de gases, que consiste na atração física entre as moléculas individuais dos gases e os átomos da amostra. Através da quantidade de gás que foi adsorvida é possível determinar a área superficial.

O teste BET foi realizado em parceria com o Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, por meio do uso dos equipamentos e laboratórios da instituição, além do apoio técnico do Doutorando em Química da instituição. Para análise das amostras, utilizou-se o equipamento

AUTOSORB-1 da marca *Quantachrome*. O processo em questão é realizado , através das seguintes etapas:

i) **desgaseificação da amostra:** , neste processo são utilizados vácuo e aquecimento para a remoção dos componentes gasosos que originalmente preenchem os interstícios porosos do material;

ii) **análise da absorvância:** após a desgaseificação, o adsorvente, ou seja, a mostra, é levada para uma célula de condutividade térmica, onde o adsorbato, que neste estudo foi o gás nitrogênio, transita pela amostra e retorna a célula, passando por um potenciômetro que determina a quantidade de gás adsorvida. (Como a quantidade de gás retida impacta na determinação da área ?) A partir da área superficial encontrada, torna-se possível considerar a biomassa em estado condensado, de modo que se tenha a simulação com informações mais completas (Silveira(2023)).

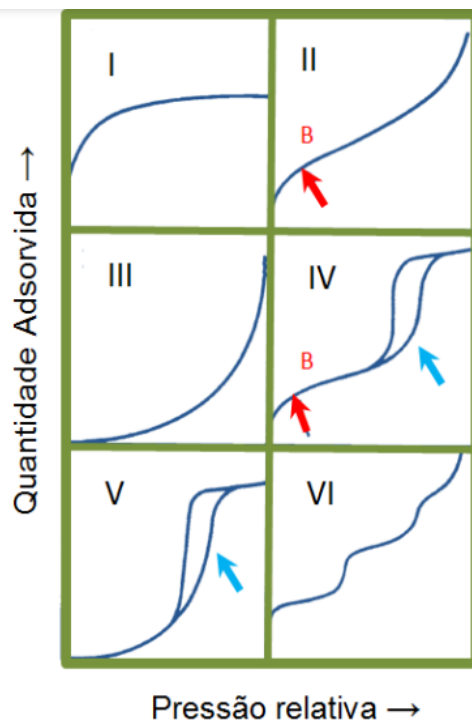
## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

A primeira amostra a ser submetida à análise BET, foi a amostra de granulometria de 16mm, a temperatura utilizada para a desgaseificação foi de 150°C. Ao término do processo de desgaseificação, foi possível perceber que a amostra em questão havia se degradado, indicando que a temperatura utilizada estava acima do adequado para o tipo de material ensaiado. Logo para as granulometrias de 8mm , 4.75mm e 2mm, a temperatura de desgaseificação foi reduzida para 120°C. Para a granulometria de 16 mm, obteve-se uma área superficial de 140.580 m<sup>2</sup>/g , é oportuno destacar que esse valor obtido, encontra-se dentro da margem de erro do equipamento. Para as demais granulometrias, analisadas até o momento, os valores para área superficial encontrados, foram iguais a zero.

Com a análise BET, é possível obter gráficos das isotermas de adsorção e dessorção, ou seja, a quantidade adsorvida nas diferentes pressões de equilíbrio do gás, cuja forma está associada às propriedades da superfície e porosidade.

As isotermas são curvas de volume de nitrogênio adsorvido, sendo a unidade de medida cm<sup>3</sup>/g, *versus* pressão relativa  $p/p_o$  (medida em atm), sendo a  $p$  a pressão de vapor do nitrogênio e  $p_o$  a pressão de saturação de nitrogênio adsorvido, durante o processo de adsorção e dessorção. De forma geral, as isotermas apresentam formato de S. Caso a isoterma possua um patamar horizontal, revela uma área superficial externa muito pequena. (CALPA(2011))

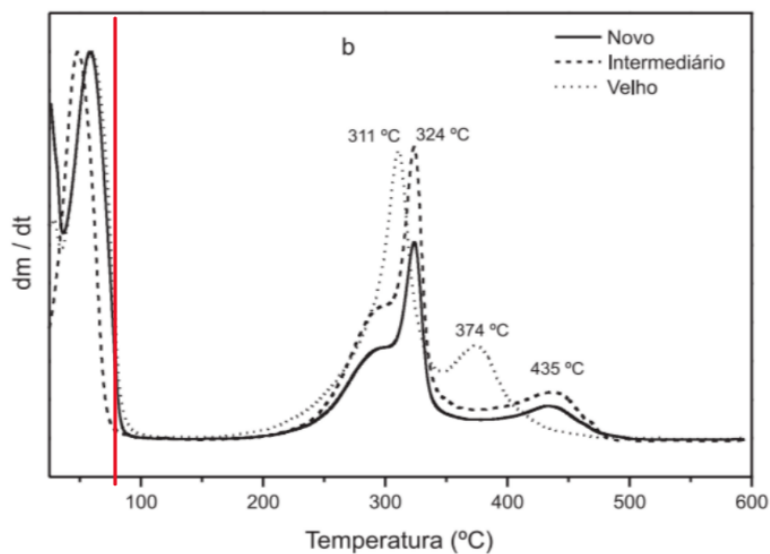
Analisando as isotermas obtidas com a análise BET, das amostras de bagaço de cana de açúcar e comprado aos tipos existentes de isoterma de adsorção, que dependendo do tipo de porosidade ou ausência, pode apresentar geometrias diferentes como mostra a figura 1 ,concluiu-se que houve falha no processo da análise BET, provavelmente provocadas pela degradação térmica da amostra e volatilização de componentes orgânicos durante a desgaseificação.



**Figura 1:** Representação esquemática dos seis tipos de isotermas de adsorção. Setas azuis indicam laços de histerese, setas vermelhas, começo de multicamadas..

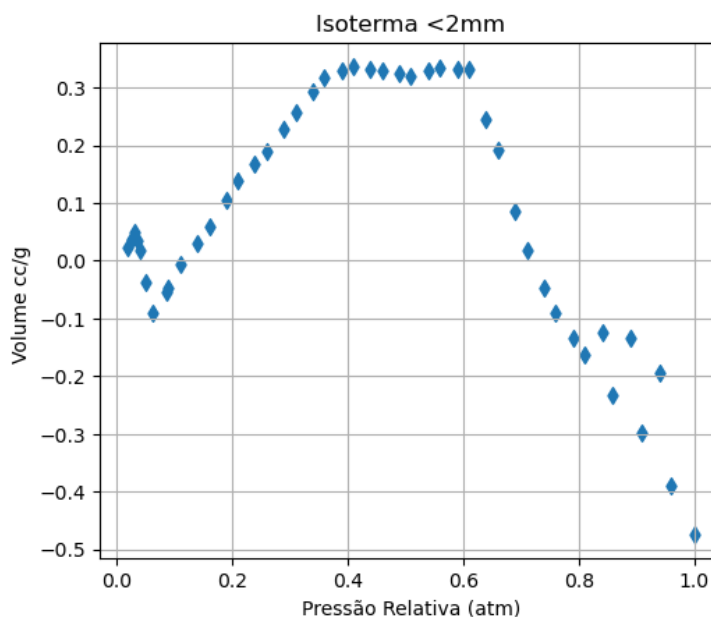
**Fonte:** (CALPA(2011))

Diante disso, foi realizado um estudo de um diagrama termogravimétrico (TG), que determina a perda de massa em função da temperatura ou tempo. Na figura 2, pode ser observado o diagrama DTG, que não fornece informações além das que são fornecidas no diagrama TG, apenas demonstra os dados de uma forma mais clara, após análise, foi possível observar que a temperatura de desgaseificação ideal para as amostras de bagaço de cana, seria de 80°C.



**Figura 2:** Gráfico DTG Bagaço de Cana de Açúcar

Logo a demanda foi repassada ao operador do equipamento na UFMG, para que a análise BET da amostra com granulometria <2 mm, fosse realizada com a temperatura de 80°C. A isoterma resultante da análise, pode ser observada na figura 3, a área obtida para amostra com granulometria <2 mm, foi de 0.715 m<sup>2</sup>/g, sendo um resultado promissor, indicando a necessidade de uma nova análise com ambas as amostras já testadas com temperatura superior a 80°C.



**Figura 3:** Isoterma para granulometria <2 mm.

Mediante as dificuldades orçamentárias encontradas durante o processo de desenvolvimento do trabalho, houve a impossibilidade de aquisição de alguns itens necessários para realização dos testes no campus, de modo que para o presente trabalho, será feito a simulação computacional do processo de gaseificação da biomassa, sendo que devido a realização das análises BET, será possível considerar a biomassa como um componente condensado, permitindo assim que a simulação computacional trabalhe com informações mais realistas

## CONCLUSÕES:

Diante as necessidades globais de adequar e aprimorar as fontes de energia de forma renovável, viu-se em meio aos processos produtivos de produção de açúcar e etanol a possibilidade de aprimorar o aproveitamento energético dos subprodutos, em especial o bagaço de cana, de modo a se ter novas formas de produção de energia mais adequados e eficientes, e que possuam maior valor agregado .

Até o presente momento foram realizados inúmeros ensaios em laboratório, tanto no campus, como nos laboratórios da UFMG, que vêm permitindo o avanço das pesquisas e possibilitando entender um pouco mais sobre as propriedades da biomassa, bem como as melhores maneiras de manuseio destas para se ter o desenvolvimento de metodologias que permitam o uso eficiente e sustentável do potencial energético destas.

Para o prosseguimento do trabalho, ainda demanda-se a análise BET das amostras de casca de café, bem como realizar novas análises com as amostras de bagaço de cana seguindo a temperatura de desgaseificação de 80°C. Posteriormente os dados serão tratados de modo a se ter uma base de dados

com a separação em granulometrias de modo que esses dados possam ser inseridos no programa para as simulações da gaseificação.

Por fim deverá ser feito a incrementação e adaptação do modelo numérico BioMass-Mech 1.0 em desenvolvimento no GESESC (Grupo de Estudos em Sistemas Energéticos e Simulação Computacional.) ,de modo que com a utilização da área superficial obtida no BET de modo a possibilitar que o modelo resolva problemas de química de superfície modelando a biomassa em estado condensado.

Destaca-se as dificuldades de avanço mais céleres na aquisição e avaliação dos dados devido a baixa disponibilidade de uso dos equipamentos e espaços de pesquisa, tanto no campus de realização das atividades quanto nos laboratórios do ICEX/UFMG.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANJOS, A. R. ROSA, A. A., NAKAI, D. K., SCHULTZ, E. L., PIGHINELLI, A. L., MACHADO, F., & GAMBETTA, R. (s.d.). Produção de gás combustível por meio de processo de gaseificação de *Eucalyptus grandis* em reator de leito fluidizado.

Soluções, A. (4 de Outubro de 2021). *O que é o Ensaio de Área Superficial (BET)?* Fonte: [https://afinkopolimeros.com.br/o-que-e-o-ensaio-de-area-superficial-bet/#:~:text=O%20ensaio%20de%20C%81rea%20Superficial%20\(BET\)%20onde%20a%20sigla%20foi.a%20C%3%A1rea%20espec%20das%20amostras](https://afinkopolimeros.com.br/o-que-e-o-ensaio-de-area-superficial-bet/#:~:text=O%20ensaio%20de%20C%81rea%20Superficial%20(BET)%20onde%20a%20sigla%20foi.a%20C%3%A1rea%20espec%20das%20amostras).

SILVEIRA, Gabriel. “O que é o Ensaio de Área Superficial (BET)?” *Afinko*, 4 October 2021, <https://afinkopolimeros.com.br/o-que-e-o-ensaio-de-area-superficial-bet/>. Accessed 21 June 2023.

CALPA, Leydi del Rocío Silva. **Estudo Preliminar da Sinterização de Membranas Macroporosas de Óxido de Magnésio**. 2011. Tese de Doutorado. PUC-Rio.. Acesso em: 13 jun. 2023.

PAGEL, Uonis Raasch, et al. “Análise dos principais desafios ao desenvolvimento das energias renováveis no Brasil.” *XICBPE - Congresso Brasileiro de Planejamento Energético*, 2018

RISETO, Carolina Gonçalves; CASTRO, Gabriel Wasniewski de; TAMIOZZO, Natalia Nascimento. Análise técnico-econômica da integração de uma biorrefinaria de lignina Kraft por método LignoBoost.

SANTOS, Moacyr L. dos et al. Estudo das condições de estocagem do bagaço de cana-de-açúcar por análise térmica. *Química nova*, v. 34, p. 507-511, 2011.