

Uso de concentrador solar para secagem de bagaço de cana-de-açúcar

Wellington Rangel dos Santos¹, Felipe Brandão de Paiva Carvalho²,
Larissa Andreani³, Leonardo Fonseca Valadares⁴

Resumo

O setor sucroalcooleiro energético fornece importantes produtos como o açúcar, o álcool combustível e a bioeletricidade. A bioeletricidade é a energia elétrica gerada a partir da queima do bagaço de cana-de-açúcar. Assim, o bagaço é uma importante biomassa para uso industrial responsável por mover as usinas e ser comercializada como eletricidade. Apesar do bagaço de cana ter um papel muito importante na matriz energética nacional, normalmente essa biomassa é conduzida às caldeiras com alto teor de umidade, acarretando em perda de eficiência no processo de cogeração. Este trabalho propõe o uso de concentrador solar para a secagem do bagaço de cana-de-açúcar, a fim de aumentar a eficiência de cogeração. Para tanto, um concentrador solar de 1 m² foi utilizado para aquecer um forno ventilado. A massa, a temperatura interna, a temperatura externa e a potência solar foram medidas. Os resultados mostram que o teor de umidade do bagaço industrial é de 42,72%. Os melhores resultados mostraram que é possível remover 82% da umidade inicial de 100 g de bagaço de cana-de-açúcar após 45 minutos de exposição ao sol.

Palavras-chave: bagaço de cana-de-açúcar, concentrador solar, energia heliotérmica, cogeração de energia, secagem.

Introdução

A matriz energética nacional tem elevada contribuição de fontes de energia renováveis. Em 2017, dentre as fontes de energia renováveis, os produtos de cana-de-açúcar tiveram a maior contribuição, de 17,0%, seguido da energia hidráulica (12,0%), lenha e carvão vegetal (8,0%), lixívia (3,0%), biodiesel (1,1%) e outras fontes (1,8%), totalizando 42,9% da repartição da oferta interna de energia (Bem, 2018).

Como exposto, o setor sucroalcooleiro energético tem grande importância para a geração de energia no Brasil, pois, além do açúcar alimentar, este setor produz o álcool anidro e álcool hidratado, tão como a bioeletricidade, que é gerada a partir da queima do bagaço de cana-de-açúcar nas usinas.

Assim, o bagaço de cana é uma importante biomassa de uso industrial. No entanto, o bagaço possui elevado teor de umidade quando gerado e conduzido às caldeiras – em média a composição do bagaço é 50% de água, 48% fibras e 2% sólidos solúveis (Lobo, 2013) –, o que ocasiona uma perda de eficiência das caldeiras. Da mesma forma, a

¹ Cientista da Computação, mestre em Educação Física, analista da Embrapa Agroenergia, wellington.santos@embrapa.br

² Engenheiro Bioquímico, mestre em Tecnologias Química e Biológica, analista da Embrapa Agroenergia, felipe.carvalho@embrapa.br

³ Química, doutora em Físico-Química, analista da Embrapa Agroenergia, larissa.andreani@embrapa.br

⁴ Químico, doutor em Química, pesquisador da Embrapa Agroenergia, leonardo.valadares@embrapa.br

umidade traz problemas para a armazenagem do bagaço, pois o material pode sofrer ataques microbiológicos e apodrecimento devido à presença de água.

Uma possibilidade de aumentar a eficiência de cogeração de energia do bagaço de cana-de-açúcar é secar este material. Entretanto, é importante ressaltar que processos industriais de secagem apresentam elevado consumo energético pois para tanto é necessário calor e fluxo de gás seco.

Uma alternativa para a secagem de biomassa, sem consumo intensivo de energia é a utilização da energia solar radiante para aquecer e secar o bagaço.

Raios solares podem ser concentrados pelo uso de espelhos a fim de gerar calor. Os raios são concentrados em um receptor, que aquece e utiliza a energia térmica para diversos fins como: aquecimento de água, purificação de água por destilação, geração de energia elétrica, condução de reações químicas, etc.

O concentrador solar é uma tecnologia bastante desenvolvida, entretanto, o Brasil não utiliza amplamente esta forma de energia apesar do seu grande potencial (Pereira, 2017). A irradiação solar no Brasil permite o aproveitamento da energia heliotérmica em todo o território, a não ser em eventos como o inverno no Sul, sendo que as regiões mais próximas do equador podem aproveitar melhor esta forma de energia.

Existem diversos exemplos de estudos internacionais que propõem a aplicação da energia heliotérmica para geração direta de energia elétrica nas torres solares (*solar power towers*), tão como propostas para aumento de eficiência de usinas termoelétricas (Keck et al., 2017). Exemplos interessantes de tratamentos e/ou transformações da biomassa foram encontrados na literatura para a gaseificação de biomassa (Müller et al., 2017) e reforma de biogás (Agrafiotis et al., 2014). Entretanto, não foi encontrado na literatura o emprego de concentradores solares para densificação energética da biomassa, como no processo de secagem, torrefação e carvoejamento do bagaço de cana-de-açúcar.

Deste modo, este artigo tem como objetivo a utilização de concentradores solares para a secagem do bagaço de cana-de-açúcar, gerando uma biomassa agroindustrial beneficiada. Para tanto foi utilizando um concentrador solar de 1 m², acoplado a um forno de secagem com fluxo de gás. A massa, a temperatura interna, a temperatura externa e a irradiação solar foram monitoradas ao longo tempo.

Material e Métodos

O bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) foi gentilmente doado pela Empresa AlBioma (Usina Jalles Machado) (Goianésia, GO) para a realização da pesquisa. Amostras de bagaço foram pesadas, colocadas em bandejas metálicas e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 105 °C. Após 24 horas a massa das amostras foram novamente medidas para determinar o seu teor de umidade.

Para o estudo de densificação energética do bagaço de cana-de-açúcar, foi utilizado um concentrador solar construído com 25 espelhos planos de 200 x 200 x 4 mm. A Figura 1 mostra fotografias do concentrador solar construído com materiais baratos e acessíveis comercialmente como: espelhos, compensado marítimo, barras de aço de perfil quadrado, perfil “L” e perfil chato, rodas com travas, parafusos com porcas, chapa de aço fina, cola para espelhos, chapa de aço fina, lona de plástico e tinta para acabamento.

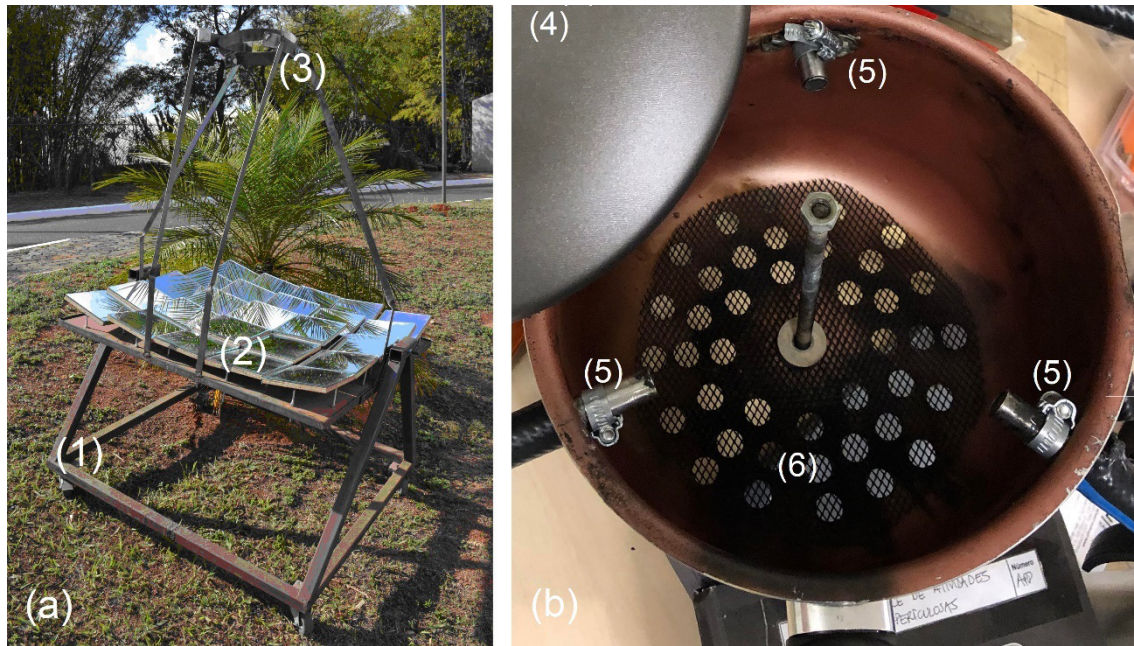


Figura 1. Fotografias mostrando (a) o concentrador solar e (b) o forno de secagem. O concentrador possui as seguintes partes (1) base móvel, (2) painel móvel com 25 espelhos de 20 x 20 cm e (3) suporte para o forno. O forno possui: (4) uma tampa metálica, (5) três entradas de gás e (6) saídas de gás.

A construção do concentrador solar não é o foco principal deste trabalho, ainda assim ressalta-se que esta construção deve ser realizada por profissional serralheiro e soldador e consultando documentos apropriados. Os operadores do concentrador solar devem passar protetor solar e usar óculos escuros.

Para a determinação de eficiência do concentrador foi usado um receptor de alumínio com massa de 597 g contendo 1820 g de água destilada, resultando em um corpo de capacidade térmica (C) de 8175 J/°C, considerando o calor específico (c) do alumínio de 0,92 J/g.°C e c da água de 4,19 J/g.°C

A Figura 1b mostra o forno de secagem. O forno foi construído a partir de panela de alumínio recoberta com teflon, que teve o seu fundo perfurado, para possibilitar a vazão do gás. Uma tela foi alocada no fundo do recipiente para evitar perda do bagaço e em parafuso metálico foi usado para fechar o forno. Para a entrada de gás, três tubulações foram colocadas na parte do forno que fica exposta à reflexão do sol. Um fluxo de ar comprimido foi obtido a partir de 0,5 bar de pressão antes das tubulações, com fluxo dentro do reator estimado em cerca de 100 L/min.

A irradiação solar foi medida com o piranômetro InstruFiber, modelo MES-200, com dados registrados a cada segundo. Para tanto o sensor de irradiação foi acoplado ao concentrador solar de forma a ficar apontado diretamente para o sol.

A temperatura externa foi monitorada com termômetro infravermelho, medindo a temperatura na lateral do forno e no receptor.

Resultados e Discussão

O bagaço de cana-de-açúcar utilizado neste trabalho apresentou teor de umidade médio de 42,47% com desvio padrão de 0,23%.

A Figura 2 apresenta o gráfico utilizado para a determinação de eficiência do concentrador.

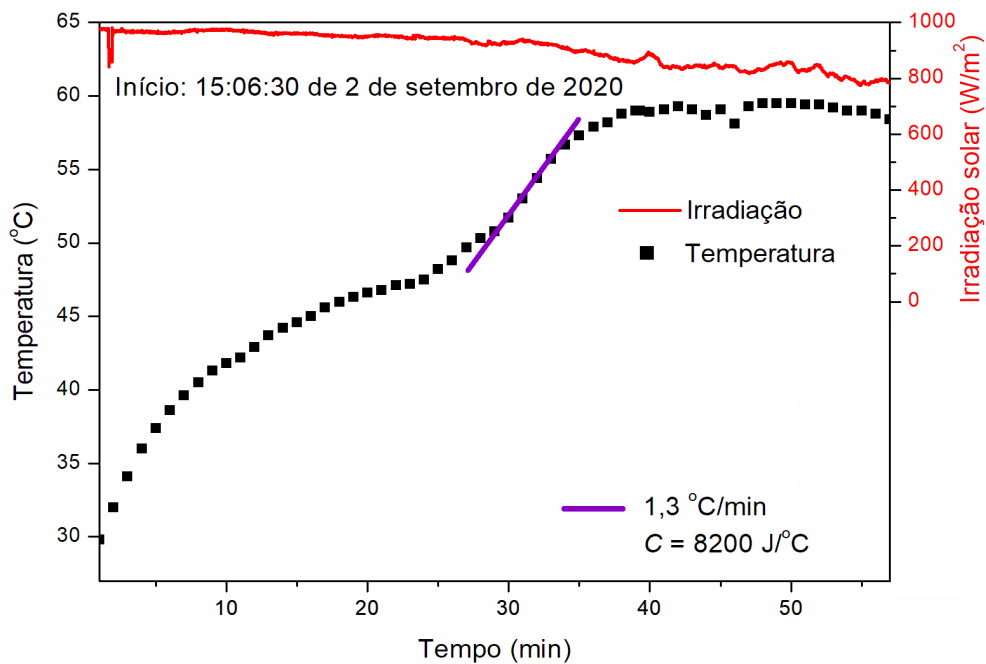


Figura 2. Gráfico utilizado para a determinação de eficiência do sistema. Os quadrados pretos representam a temperatura de 1830 g de água em recipiente de alumínio de 597 g, registrada ao longo do tempo de exposição ao sol, em concentrador solar de 1 m². A irradiação solar é mostrada em vermelho.

A Figura 2 mostra a evolução da temperatura ao longo do tempo de exposição do reator ao sol utilizando o concentrador de 1 m². A temperatura sobe e atinge um platô de temperatura máxima de 59 °C a partir de 39 minutos de exposição. Quando a temperatura chega a 59 °C o sistema entra em equilíbrio, onde a energia fornecida ao sistema é a mesma energia perdida para o ambiente. A irradiação solar variou pouco, entre 800 a 1000 W/m², com o clima ensolarado. A irradiação solar decresceu ao longo do tempo, como é esperado para este horário.

A região entre 30 e 33 minutos foi escolhida por apresentar alto aquecimento, de 1,3 °C/min e irradiação solar média de 929 W/m². No caso ideal, com 100% de eficiência, a potência de 929 W (55740 J/min) aqueceria um corpo de 8200 J/°C a 6,8 °C/min. Assim, neste experimento o sistema apresentou máxima de eficiência de 19%.

Considerando todo o tempo para chegar ao platô, partindo de 30 °C e chegando a 59 °C após 39 minutos, tem-se a taxa de aquecimento de 0,74 °C/min. Obtendo-se eficiência de 10,7%, com irradiação média de 943 W/m².

A Figura 3 mostra gráficos representando a perda de umidade do bagaço de cana-de-açúcar, a irradiação solar, em conjunto com temperatura lateral e da fonte de calor do forno de secagem (receptor de luz).

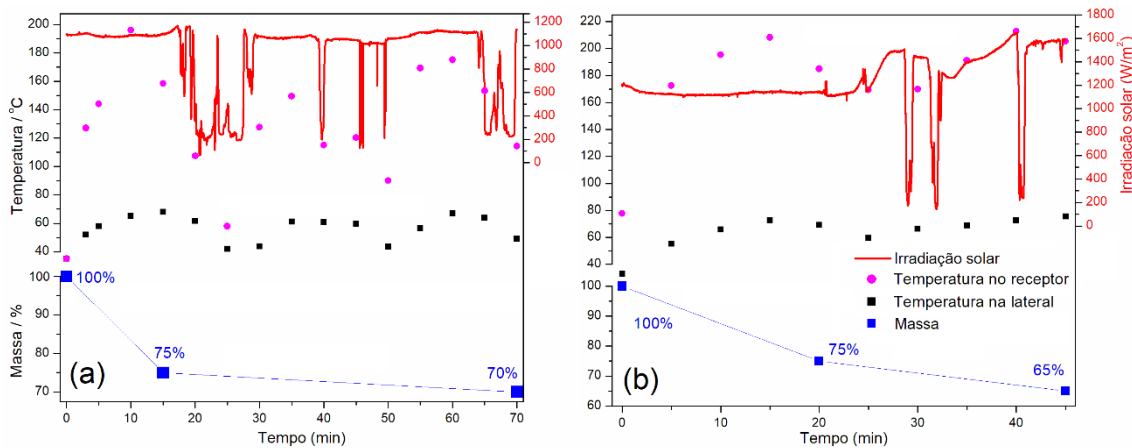


Figura 3. Experimento de secagem de bagaço de cana-de-açúcar utilizando concentrador solar de 1 m². (a) Massa inicial igual a 200 g de bagaço, começando às 14:49 de 16 de setembro de 2020. (b) Massa inicial igual a 100 g de bagaço, começando às 10:58 de 17 de setembro de 2020. Os gráficos mostram a irradiação solar, a temperatura na lateral do forno, a temperatura no receptor e massa da amostra.

A irradiação solar permaneceu acima de 1000 W/m² durante os experimentos, entretanto, quedas bruscas de irradiação são observadas devido à presença de nuvens. A temperatura da lateral do forno varia com a irradiação solar, diminuindo nos momentos nublados. A temperatura do receptor sobe rapidamente quando exposto ao sol, chegando a 200 °C em alguns momentos.

Maior taxa de perda de massa ocorre no início do experimento. O experimento com 200 g de bagaço resulta em 70% da massa inicial após 70 minutos de exposição. O experimento com 100 g de bagaço resulta em 65% da massa inicial após 45 minutos de exposição.

Maior perda de umidade foi obtida utilizando pequenas quantidades de bagaço de cana-de-açúcar. Utilizando 100 g de bagaço foi possível obter 65 gramas de material após 45 minutos de exposição ao sol. Considerando que essa perda de massa ocorre pela evaporação da água, fomos removidos 82% da umidade do material, visto que a amostra inicial possui 42,72% de água. Com quantidades maiores de bagaço, a secagem ocorre de forma heterogênea, sendo que a região mais próxima à fonte de calor seca primeiro.

Conclusão

O concentrador solar apresenta eficiência máxima de 19% para transformar irradiação solar em calor.

Foi possível remover 82 % da umidade de 100 g de bagaço de cana após 45 minutos de exposição ao sol, com fluxo de ar comprimido de 100 L/min em concentrador solar de 1 m². Estes resultados demonstram que é possível remover umidade do bagaço de cana-de-açúcar utilizando concentrador solar, gerando um combustível sólido de maior densidade energética.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Juarez Silva pela montagem do concentrador solar.

Esta pesquisa foi financiada pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF), Processo 0193.001631/2017 – TOA 1628/2017.

O bagaço de cana-de-açúcar utilizado neste trabalho foi gentilmente cedido pela Empresa AlBioma.

Referências

AGRAFIOTIS, C.; STORK, H.; ROEB, M.; SATTLER, C. Solar thermal reforming of methane feedstocks for hydrogen and syngas production – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 29, p. 656-682, 2014.

BEN. **Balanco Energético Nacional** 2018, Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>> Acesso em agosto de 2020.

KECK, T.; BALZ, M.; BLUMENTHAL, Y. Large is Beautiful – Progress of HelioFocus 500 m2 Dish. *Energy Procedia*, v. 69, p. 1597-1602, 2015.

LOBO, C. S. **A importância da cogeração utilizando bagaço de cana-de-açúcar como forma de diversificação da matriz elétrica**. 2013. 113 f. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Orientadora: Carmen Lucia Tancredo Borges. (Mudar essa ref.)

MÜLLER, F.; POZOVIL, P.; EYK, P. J.; VILLARRAZO, A.; HAUETER, P.; WIECKERT, C.; NATHAN, G. J.; STEINFELD. A pressurized high-flux solar reactor for the efficient thermochemical gasification of carbonaceous feedstock. *Fuel*, v. 193, p. 432-443, 2017.

PEREIRA, E. P.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; FRANCISCO J. LOPES de LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; de ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. L.; de SOUZA J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos, SP. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2.ed. 2017. 80 p.