ISSN: 2594-6153

Estimação de potássio na combustão de bagaço de cana-de-açúcar utilizando espectrometria na faixa da região de luz visível

Paulo Roberto Tazinazo Cândido, Carlos Teofilo Salinas Sedano.

Universidade Santa Cecília (Unisanta), Santos-SP, Brasil

E-mail: prtcandido@hotmail.com

Resumo: Estimar a concentração de potássio liberada na combustão é importante para a operação e manutenção de caldeiras que queimam biomassa para geração de energia elétrica. Estimar tais concentrações é o primeiro passo para adoção de contramedidas que visem a redução da corrosão desencadeada por este metal alcalino e o aumento da eficiência operacional da caldeira. No Brasil, o resíduo de biomassa que é mais utilizado nas usinas é o bagaço de cana-de-açúcar. Foi utilizado um espectrômetro na faixa de luz visível para coleta de espectros da chama durante a combustão de amostras de bagaço de cana-de-açúcar, possibilitando estimar a concentração de potássio liberado utilizando as intensidades de radiação das linhas de emissão características do potássio. Concentração média obtida foi 0,381ppm.

Palavras-chave: Potássio, Biomassa; Combustão; Cana-de-Açúcar; Espectrografia.

Flame temperature estimation in sugarcane biomass combustion using visible wavelength spectrography

Abstract: Estimating the concentration of potassium released in combustion is important for the operation and maintenance of boilers that burn biomass to generate electricity. Estimating such requirements is the first step towards adopting measures aimed at reducing the corrosion triggered by this alkali metal and increasing the operational efficiency of the boiler. In Brazil, the biomass residue that is most used in power plants is sugarcane bagasse. A spectrometer in the visible light band was used to collect flame spectra during the combustion of sugarcane bagasse, making it possible to estimate the concentration of potassium released using radiation intensities of the emission lines characteristic of potassium. Average concentration obtained was 0.381ppm.

Keywords: Potassium, Biomass, Combustion; Sugarcane; Spectrography.

Introdução

O uso de fontes renováveis de energia ganhou importância nos últimos anos contribuindo para o atendimento das demandas crescentes por energia (em média 3,0% ao ano, globalmente) e para redução dos impactos ambientais gerados pelo uso de combustíveis fósseis. A produção de energia no Brasil é principalmente por usinas hidroelétricas, sendo 7,93% de sua matriz energética constituída por outras fontes renováveis, incluindo biomassas provenientes da agricultura e cidades [1].

A produção de energia elétrica por meio da combustão de biomassa em caldeiras, dentre elas o bagaço e palha de cana-de-açúcar, tem sido incentivada por meio de novas

legislações no Brasil. Os lucros provenientes das vendas da energia gerada contribuem para a estabilidade financeira das usinas em períodos de oscilação nos preços do açúcar e do álcool. A queima das biomassas reduz os custos para destinação final dos resíduos produzidos pela agricultura e cidades, além de reduzir a emissão de metano e CO_2 devido a decomposição da biomassa em aterros sanitários e aumentando a vida útil dos aterros [1,2].

Na Europa e Ásia, diferentes tipos de biomassa são utilizados para geração de calor, sendo conhecidos os efeitos nocivos dos metais alcalinos, principalmente o potássio (K), para a operação e manutenção das instalações, pois produz corrosão e o aparecimento de incrustações e escória em mais baixas temperaturas [3]. O bagaço de cana de cana-de-açúcar, foco deste estudo, é rico em potássio, formando compostos gasosos durante a combustão nas caldeiras, gerando corrosão em altas temperaturas e produzindo depósitos nos trocadores de calor que reduzem sua eficiência. Recentemente, tem-se estudado a utilização de aditivos químicos que são insuflados aos gases da combustão de resíduos sólidos de biomassa antes de entrar a zona dos tubos da caldeira, para converter elementos inorgânicos voláteis como potássio e cloro em compostos menos agressivos às instalações. Assim, a estimação da concentração de gases alcalinos nos gases da combustão de resíduos sólidos de biomassa é indispensável no dimensionamento dos volumes de aditivos utilizados [4,5].

Para os estudos, foram queimadas amostras de bagaço de cana-de-açúcar em câmara de combustão e usado espectrômetro de faixa de luz visível. Temperaturas de chama foram estimadas utilizando as intensidades de radiação dos espectros eletromagnéticos coletados durante a combustão em diferentes pares de comprimento de onda (método das duas cores) [6]. As concentrações de potássio foram obtidas correlacionando as intensidades de radiação das linhas de emissão características do potássio nas temperaturas estimadas com as intensidades obtidas em processo de calibração utilizando soluções salinas com diferentes concentrações de potássio e em temperaturas conhecidas e controladas [3,4].

Objetivo

O objetivo deste trabalho foi estimar, usando espectrografia, as concentrações de potássio liberado na combustão de bagaço de cana-de-açúcar em câmara de combustão experimental do laboratório de processos térmicos e de diagnóstico da combustão da Universidade Santa Cecilia. Os resultados contribuirão para aumentar a eficiência operacional e reduzir os custos de manutenção de usinas termoelétricas que utilizam bagaço de cana-de-açúcar como combustível.

Material e Métodos

Os experimentos para coleta dos espectros eletromagnéticos de combustão do bagaço de cana-de-açúcar foram realizados na câmara de combustão experimental apresentado na figura 1.a. A câmara de combustão foi construída utilizando tubos de aço inox de 100mm de diâmetro com chama produzida por bico de Meker e Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). O tubo inferior tem comprimento de 120mm e uma grelha na parte superior para retenção da biomassa. Furos longitudinais no tubo superior com diâmetro de 10mm e distância entre centros de 15mm permitem a inserção da lente do espectrômetro para coleta dos dados espectrais (figura 1.b).

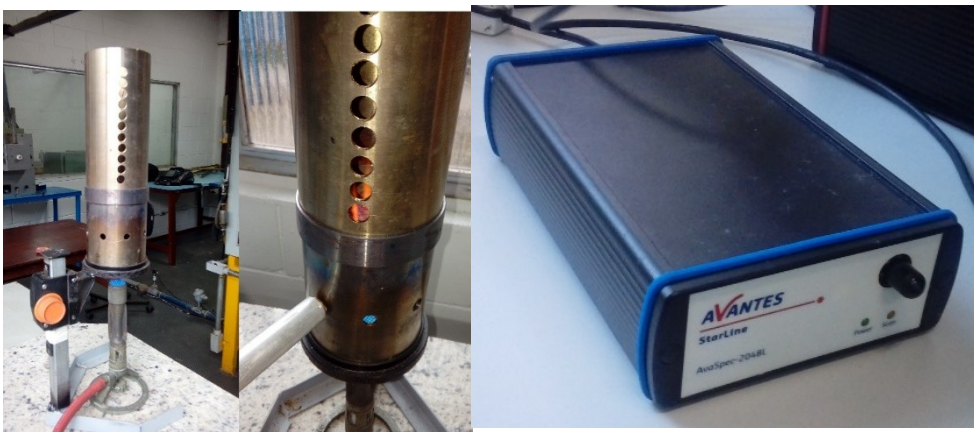


Figura 1. a) Câmara de Combustão Experimental, b) Espectrômetro

A temperatura é estimada usando a equação (1) (método das duas cores) [7],

$$T_{i,j} = \frac{C_2\left({}^{1}/_{\lambda_j} - {}^{1}/_{\lambda_i}\right)}{\left(Ln\left({}^{I_i}/_{I_j}\right) + 5Ln\left({}^{\lambda_i}/_{\lambda_j}\right)\right)} \qquad (1)$$

onde, $T_{i,j}$ é a temperatura estimada para o par de comprimentos de onda i,j. C_2 é $hc\ /\ k$ (h é a constante de Plank; k é a constante de Boltzmann; c a velocidade da luz). $\lambda_i\ e\ \lambda_j$ são os comprimentos de onda. $I_i\ e\ I_j$ são as potências térmicas irradiadas nos comprimentos de onda $i,j\ em\ (W.m^{-2}.nm^{-1})$). As emissividades nos comprimentos de onda i,j foram desconsideradas na equação, pois foram usados $\lambda_i\ e\ \lambda_j$ distantes menos de 128nm [7].

Para estimação das concentrações de potássio, são medidas, usando o espectrômetro, as intensidades de radiação nos comprimentos de ondas característicos do potássio para soluções salinas com diferentes teores conhecido de potássio, vaporizadas e misturadas aos reagentes da combustão (etileno e oxigênio). As temperaturas de chama são conhecidas e controladas mantendo-se constantes as vazões dos reagentes. Por meio do método dos

mínimos quadrados, os valores de a_{mn} da equação (2) são calculados, estabelecendo a função de correlação entre intensidade de radiação (I), concentração (C) e temperatura (T) [4].

$$I = \sum_{0}^{m}\sum_{0}^{n} a_{mn} C^m T^n \qquad (2)$$

Nos experimentos realizados neste trabalho, I é medido com o espectrômetro, estimamos T usando o espectro de radiação eletromagnética da chama e o método das duas cores e estimamos C usando a equação (2) com os a_{mn} determinados na calibração.

Resultados

A tabela 1 apresenta os resultados estatísticos referente a concentração de potássio na combustão de bagaço de cana-de-açúcar de 128 experimentos, correspondendo à quantidade de experimentos restante do total de experimentos (181) quando retirados os pontos fora da curva (outliers). Outliers foram removidos em duas etapas: (i) retirada dos experimentos com 10% dos menores e maiores valores; (ii) retirada complementar de experimentos pelo método dos quartis.

Tabela 1 – Valores estatísticos para as concentrações de potássio

Média (ppm)	Desvio Padrão (ppm)	Mediana (ppm)	Menor (ppm)	Maior (ppm)
0,381	0,486	0,165	0,1	1,830

Discussão

Como descrito em [3], a combustão de biomassa ocorre em fases, gerando variações na concentração de potássio nos gases liberado. Na fase de volatilização da biomassa de cânfora, por exemplo, em experimentos realizados por [3], variações de 0,2 a 1,96ppm foram encontradas. Na fase de combustão do carvão, houve variações entre 0,2 e 3,05ppm.

As variações encontradas nos experimentos deste estudo foram menores quando comparadas com outras biomassas, por exemplo, com a biomassa de cânfora. Entretanto, houve compatibilidade entre os resultados.

A mediana menor que a média na tabela 1 pode ser explicada pela fase de formação de cinzas, última fase da combustão e mais duradoura, onde há declínio na emissão de potássio devido a sua incorporação em componentes das cinzas [3].

O uso de métodos de análise com maior resolução de valores no tempo pode complementar este trabalho, separando mais claramente as fases de combustão e corroborando os resultados aqui obtidos.

Conclusões

A concentração média de 0,381ppm de potássio nos gases de combustão do bagaço de cana-de-açúcar estimada neste estudo é um importante parâmetro para planejamento do uso de aditivos visando o aumento da eficiência operacionais e a redução dos custos de manutenção de caldeiras que utilizam este tipo de combustível para produção de energia elétrica renovável e outros fins.

Agradecemos a Companhia de Saneamento Básico do Estados de São Paulo (Sabesp) pelo aporte financeiro e material.

Referências

1. Ribeiro MCP, Nadal CP, da Rocha WF, Fragoso RMD, Lindino CA. Institutional and Legal Framework of the Brazilian Energy Market: Biomass as a Sustainable Alternative for Brazilian Agribusiness. Sustainability. 2020;12(4):10.

2. dos Santos PSB, Ramos RAV. INCREASED ENERGY COGENERATION IN THE SUGAR-ENERGY SECTOR WITH THE USE OF SUGARCANE STRAW, ELECTRIFICATION OF DRIVES, AND HIGH-DRAINAGE ROLLERS IN THE EXTRACTION. Engenharia Agricola. 2020;40(2):249-57.

3. He Z, Lou C, Fu J, Lim M. Experimental investigation on temporal release of potassium from biomass pellet combustion by flame emission spectroscopy. 2019. ELSEVIER.

4. Lou C, Tian Y. ONLINE DETECTION METHOD OF CONCENTRATION IN BOLER BURNING. United States Patent No.: US 9,651,48. 2017.

5. Barisic V, Mahanen J, Zabetta EC. Role of Sodium vs. Potassium on Agglomeration and Corrosion in CFB Boilers. 2016, Prague, Czech Republic. IMPACTS OF FUEL QUALITY ON POWER PRODUCTION, the 26th international conference September 19-23, 2016, Prague, Czech Republic.

6. Salinas CT, Puc Y, Lou C, Santos DB. Experiments for combustion temperature measurements in a sugarcane bagasse large-scale boiler furnace. 2020. ELSEVIER.

7. Rossow, RA. Blackbody temperature calculations from visible and near-ir spectra for gas-fired furnaces. Dissertation. Columbia: Faculty of the Graduate School University Of Missouri-Columbia; 2005.