

MONITORAMENTO DA TEMPERATURA NA INCINERAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO UTILIZANDO CONCENTRADOR SOLAR

Lucas Antônio Santos Soares¹, Histéfani Almeida Alves², Iraí Tadeu Ferreira de Resende³

¹Discente de graduação em Automação Industrial - IFS. e-mail: lucas.assoares@yahoo.com.br; ²Professor do Curso de Automação Industrial - IFS. e-mail: histefanialmeida@gmail.com; ³Professor do curso de Automação Industrial - IFS. e-mail: irairesende@gmail.com

RESUMO: A crescente demanda por energia é um fator de grande importância no setor comercial mundial, visto que energia, e seu aproveitamento em diversas formas, é um insumo indispensável na sociedade modernal. Todavia, a maior parte da fonte de energia utilizada no mundo advém de combustíveis fósseis, e sua queima gera compostos que agredem o meio-ambiente. Paralelamente, com o crescimento da população mundial, resíduos sólidos são descartados inadequadamente no meio-ambiente, contaminando-o. Como fonte alternativa de energia, limpa e renovável, para atenuar os malefícios causados pelos combustíveis fósseis e o descarte inadequado de resíduos sólidos está a energia solar. No presente trabalho é utilizado um concentrador solar tipo Scheffler, um forno solar, sensores e aparelhos para medição de temperatura, para estudar os efeitos da incineração de material celulósico utilização da energia solar. O incinerador solar mostrou-se viável reduzindo significativamente a massa das amostras.

Palavras-chave: Consumo; Monitoramento; Arduino; Tomada.

INTRODUÇÃO

Energia é um insumo utilizado em todo mundo, seja para manutenção da vida, transporte de cargas ou mesmo em plantações. A fonte de energia mais utilizada no mundo é o petróleo, tendo grande importância econômica por constituir combustíveis, materiais poliméricos, entre outros. Sua exploração, queima como combustível, ou descarte de materiais poliméricos, contudo, geram grandes problemas ambientais (MARTINS *et al.*, 2015). No Brasil, o cenário de utilização desse insumo é o mesmo do cenário mundial: a oferta de energia interna não-renovável, como petróleo e seus derivados, é maioria, com aproximadamente 60,6% do total em 2014 (BEN, 2014).

Devido a instabilidades comerciais e com intuito de diminuir o impacto ambiental causado pela mesma, pesquisas são realizadas com outras fontes de energia, como a solar, sendo esta limpa e renovável. Segundo SHANKS *et al.* (2016), uma hora de transformação da energia solar em outros tipos de energia seria mais do que suficiente para suprir a demanda energética da terra em um ano.

Uma de suas formas de aproveitamento está no uso de um concentrador solar, que são equipamentos providos de material refletivo, absorvendo e transmitido a radiação, permitindo sua transformação para utilização em aquecimento ou em outro tipo de energia útil (ALTOÉ

& OLIVEIRA FILHO, 2010). Os concentradores podem ser do tipo pontual (torre de concentração ou disco Stirling) ou linear (cilíndrico ou Fresnel) e seu material reflexivo pode ser constituído de vidro, refletor aluminizado ou polímero espelhado. São geralmente formados por três componentes: concentrador, receptor e um seguidor solar (SUKKI *et al.*, 2009; VILLAMIL *et al.*, 2013).

Os resíduos produzidos nas residências, comércio e indústria, são uma séria problemática econômica e ambiental. Diariamente, são coletadas no Brasil entre 180 e 250 mil toneladas de resíduos sólidos urbano e o gerenciamento errado desse montante favorece o entupimento de bueiros, canais pluviais, e o surgimento de vazadouros, que consequentemente gera impactos diretos ao meio-ambiente, comprometendo a qualidade de mananciais, lençóis freáticos e do solo devido à formação de líquido derivado do acúmulo e decomposição de materiais orgânicos (compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio), presença de agrotóxicos, metais pesados, síntese de gases tóxicos, entre outros, e a saúde da população, como proliferação de pragas, doenças pulmonares, anomalias congênitas e câncer. (GIUSTI, 2009; ABRELPE, 2010; GOLVEIA, 2012; KIM & JEONG, 2017).

Segundo o Ministério de Minas e Energia do Brasil (2017), o grupo que contém o papelão é responsável por cerca de 40% dos resíduos sólidos gerados em uma residência. Segundo a NBR 10.004/2004, o papelão é classificado como resíduo sólido da Classe II A: Não inertes, sendo passíveis de combustão e de decomposição moderada.

A radiação solar captada pelo concentrador pode ser utilizada na forma de minorar esses impactos através da redução do acúmulo de resíduos sólidos pela técnica da incineração: processo de tratamento térmico de alta temperatura que objetiva a redução de matéria orgânica de uma amostra ou montante com intuito de torná-la menos tóxica ou atóxica. Essa técnica ainda tem a vantagem de diminuir o volume dos resíduos em cerca de 90% e o peso a massa a 15%.

OBJETIVO

Este trabalho propõe a utilização de um concentrador de foco fixo tipo Scheffler, um forno solar e equipamentos eletrônicos de baixo custo no monitoramento da temperatura interna do forno, para incineração de resíduo sólido celulósico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

O desenvolvimento do trabalho, assim como os testes do equipamento, foi realizado no Laboratório de Catálise, Energia e Materiais, LCEM da Universidade Tiradentes - UNIT.

Foram utilizados nos experimentos um concentrador solar de foco fixo, constituído de aço e espelhos refletores, com área superficial de aproximadamente 2.7m^2 e um forno solar, constituído de aço, fibra cerâmica, lã de vidro e vidro, com volume interno aproximado 0.0128m^3 . Para aquisição dos dados de temperatura interna do forno foram utilizados dois termopares tipo K, dois módulos MAX6675 para leitura dos dados do termopar, Arduino Uno (programado para fazer medições feitas a cada segundo), Termômetro Digital modelo 59 MAX da Fluke e Termocâmara modelo THT47 da HT Instruments. A massa das amostras, no início e no final de cada experimento, foram pesadas em modelo PB 403-S da Mettler Toledo.

Métodos

Inicialmente foi montado o circuito para aquisição de dados de temperatura, com os termopares, o módulo de leitura e o Arduino, conforme a Figura 1.

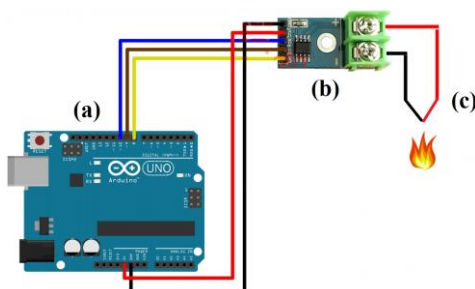


Figura 1: Arduino (a), Módulo MAX6675 (b) e Termopar (c)

Em seguida os termopares foram instalados no forno solar já adaptado para os mesmos. O concentrador foi posicionado para o máximo aproveitamento do foco. A Figura 2a demonstra o sistema de incineração antes do início dos experimentos, enquanto a Figura 2b demonstra o sistema em funcionamento.



(a) concentrador solar, (b) forno solar e (c) termopares.

Foram realizados 4 experimentos com amostras diferentes em dois dias distintos. Aproximadamente 1400g de material celulósico foram destinados à incineração. As amostras foram inseridas no forno e o concentrador posicionado com foco direto no mesmo. Os experimentos duraram em média 15 minutos.

Nos três primeiros experimentos, o foco do concentrador foi fixado no forno do início ao fim dos mesmos, enquanto que no experimento 4 o foco do concentrador foi fixado durante aproximadamente 20 segundos. O último experimento teve como objetivo verificar a continuidade da combustão sem o foco do concentrador solar.

A Tabela 1 demonstra a massa de cada amostra, assim como algumas condições meteorológicas nos dias dos experimentos.

Tabela 1 – Condições experimentais e climáticas

	Massa (g)	Data	Horário	Temperatura Ambiente (°C)	Radiação Solar (kJ/m ²)
Amostra 1	344.76	28/10/2017	11:30 – 12:30	29.60	2935.5
Amostra 2	340.14	16/12/2017	10:30 – 11:30	30.50	2787.5
Amostra 3	362.19	16/12/2017	11:30 – 12:30	30.65	2970.5
Amostra 4	344.18	16/12/2017	11:30 – 12:30	30.65	2970.5

As cinzas foram colhidas depois de todos os experimentos e pesadas com o intuito de se comparar com a massa inicial de cada amostra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Monitoramento da Temperatura Interna do Forno

O resultado do monitoramento do experimento 1 é demonstrado na Figura 3.

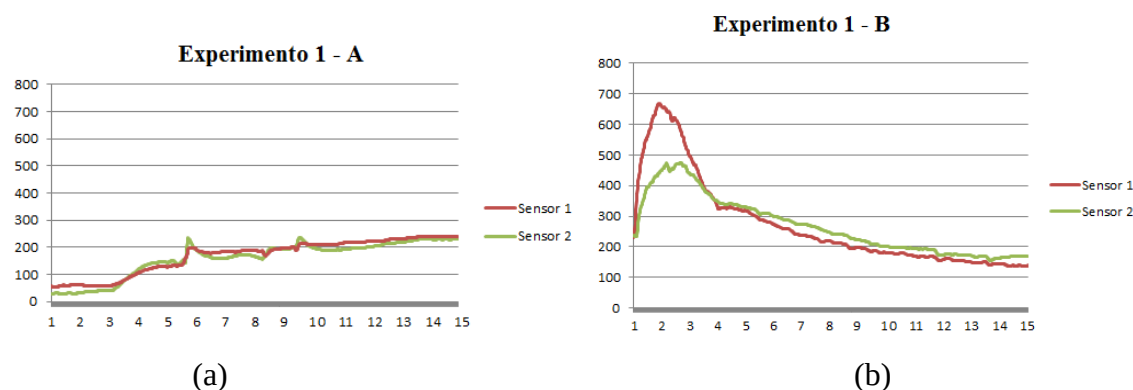


Figura 3: Perfil de temperatura interna do forno solar na realização dos experimentos com vidro temperado (a) e sem o vidro temperado (b)

Desde o início do experimento, é possível observar o através a Figura 3a o aumento da temperatura no forno, partindo de 28.0°C para sua estabilização em aproximadamente 235.0°C, passados 15 minutos. Com a retirada do vidro temperado como anteparo no forno e a incidência direta do foco do concentrador na amostra, houve um aumento de temperatura, atingindo um pico máximo de 667.42°C.

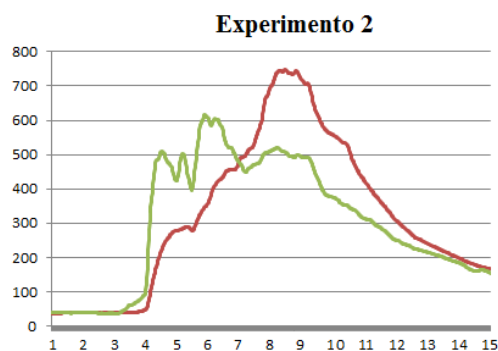


Figura 4: Perfil de temperatura interna do forno no experimento 2.

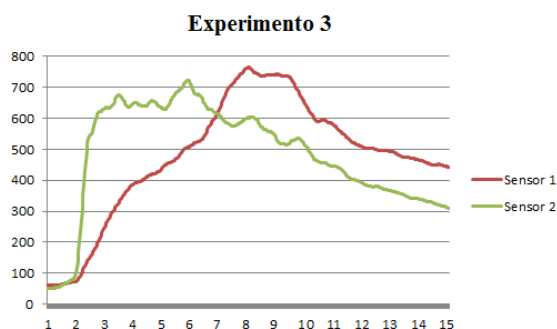


Figura 5: Perfil de temperatura interna do forno no experimento 3.

As Figuras 4 e 5 demonstram o perfil de temperatura dentro do forno durante a incineração das amostras, realizados com a incidência do foco diretamente nas mesmas. As temperaturas máximas foram 746.83°C e 748.13°C, respectivamente.

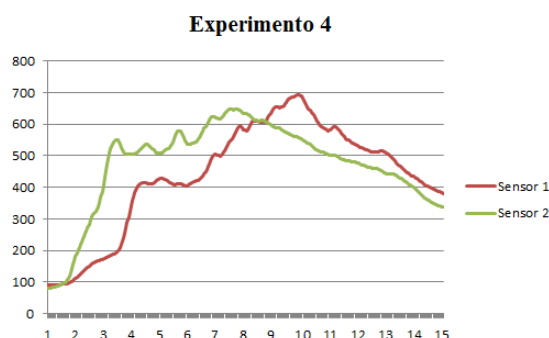


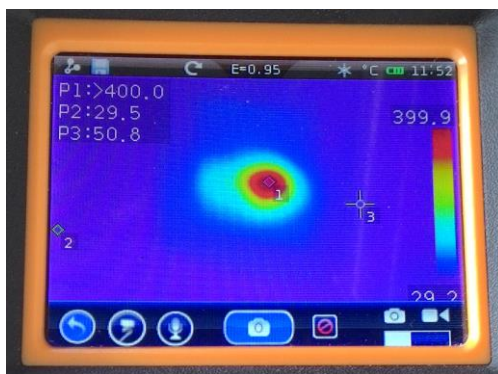
Figura 6: Perfil de temperatura interna do forno sem a incidência de radiação solar direta em todo o experimento.

A Figura 6 demonstra o perfil de temperatura no forno, com combustão do material celulósico depois da incidência de radiação durante os primeiros 20 segundos, apenas, atingindo a máxima temperatura de 693.50°C. Quando comparamos com os perfis de temperatura das Figuras 1, 2 e 3 percebe-se que há necessidade de um maior tempo decorrido para atingir os picos de temperatura.

Quando foram feitas medidas de temperatura, foi possível perceber, como demonstra a Figura 7, que tanto o termômetro digital quanto a termocâmera atingiram os seus valores máximos de escala, 357°C e 400°C, respectivamente.



(a)



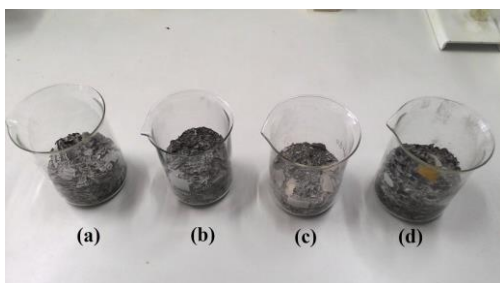
(b)

Figura 7: Medição de temperatura utilizando um termômetro digital (a) e termocâmera (b)

Cinzas Residuais

Após incineração, as cinzas foram recolhidas e pesadas. Na Figura 8 é possível observar as cinzas de geradas pela incineração de cada amostra. Através das cinzas recolhidas, pode-se perceber que ainda continha resquícios de material residual sólido na amostra 4. Na Tabela 2 está o resultado da medição das massas das cinzas residuais. Em todas as amostras, houve redução de no mínimo 93%, aproximadamente, da massa inicial.

Tabela 2 – Massas da cinzas e porcentagem de redução



	Massa da Cinza Residual (g)	% de redução da massa
Amostra 1	15.44	4.48
Amostra 2	22.74	6.68
Amostra 3	17.80	4.91
Amostra 4	18.86	5.48

Figura 8: Cinzas residuais das amostras.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

A incineração de material residual sólido, utilizando concentrador solar de foco fixo tipo Scheffler e forno solar foi feita com sucesso. O concentrador solar forneceu energia suficiente para iniciar e manter a combustão em todo o decorrer dos experimentos. A temperatura máxima atingida foi de 748.13°C na incineração da amostra 3, período onde houve maior incidência da radiação solar no dia. Os equipamentos mediação de temperatura

fizeram a aquisição de maneira satisfatório permitindo estudar os perfis de temperatura dentro do forno.

Em todas as amostras, houve redução da massa de no mínimo 93%, aproximadamente, comprovando a eficácia da incineração na eliminação de resíduos sólidos.

Pretende-se futuramente incinerar outros tipos de materiais orgânicos, como alimentos (derivados de vegetais e animais), assim como fazer adaptações no forno para tratamento do gás resultante da combustão.

AGRADECIMENTOS

Ao coordenador do LCEM, prof. Ph.D. Renan Tavares, por ter cedido o uso do equipamento concentrador/forno solar para realização dos experimentos e ao prof. M.Sc. Diego Coriolano pelo apoio técnico e tecnológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe). *Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil- 2010*. São Paulo: Abrelpe; 2010.

ALTOÉ, L.; OLIVEIRA FILHO, D. Utilização de sistemas fototérmicos com concentradores para higienização de salas de ordenha. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v. 30, n.5, p.799-810, 2010.

Boletim Energético Nacional – BEN. Ministério de Minas e Energia, 2014.

GIUSTI L. A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Manage*, v. 29, n.8, p. 2227-2239, 2009.

GOLVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, n.6, p.1503-1510, 2012.

KIM, J.; JEONG, S. Economic and Environmental Cost Analysis of Incineration and Recovery Alternatives for Flammable Industrial Waste: The Case of South Korea. *Sustainability*, v. 9, p. 1-16, 2017.

MARTINS, S. S. S.; SILVA, M. P., AZEVEDO, M. O, SILVA, V. P. Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. *HOLOS*, v. 6, p. 54-76, 2010.

SHANKS, K.; SENTHILARASU, S.; MALLICK, T. K. Optics for concentrating photovoltaics: Trends, limits and opportunities for materials and design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 60, p. 394–407, 2016.

202 SUKKI, F. M.; INIGUEZ, R. R.; McMEEKING, S.G., STEWART, B. G.; CLIVE, B.
203 Solar Concentrators. *International Journal of Applied Sciences*, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2009.
204 VILLAMIL, A. A.; HORTÚA, J. E.; LÓPEZ, A. Comparison of thermal solar
205 collector technologies and their applications, *TECCIENCIA*, v. 8, n. 15., p. 27-35, 2013.