



DESIGN, CONSTRUÇÃO E AUTOMAÇÃO DE FORNO FOTOELÉTRICO COM UTILIZAÇÃO DE ARDUINO PARA ESTUDOS DE FOTOTERMODECOMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE ALIMENTOS

Giovanni T. TONON¹; Gustavo A. SILVEIRA²; Paulize H. RAMOS³; Kellen M. CARVALHO⁴; Eduardo T. de ALMEIDA⁵; Luís E. SARTO⁶

RESUMO

O ser humano desde sempre utilizou de métodos térmicos para analisar alimentos, porém equipamentos que fazem esse tipo de trabalho, hoje em dia, são muito caros. Este projeto propôs fazer o *design* e construir um forno usando recursos de pouco valor agregado, tornando assim, o equipamento barato e com maior acessibilidade para escolas e universidades, principalmente naquilo que tange o ensino, pois este não requer grande precisão e exatidão nas análises. Para isso foram utilizados o FreeCAD, *software* para projetar peças, e microprocessadores Arduino, automatizando ainda mais o processo. Ao final, espera-se que um forno, tipo termobalança, seja construído e tenha viabilidade para fazer estudos gravimétricos e fototérmicos em alimentos.

Palavras-chave:

Forno Microprocessado; Arduino; Análise Fototérmica; Análise de Alimentos.

1. INTRODUÇÃO

Os métodos térmicos são de grande importância na engenharia dos alimentos, pois por intermédio destes são verificadas diversas propriedades inerentes dos produtos, são realizados estudos sobre a microbiota e métodos de conservação e as substâncias constituintes são testadas. Além destas questões, os seres humanos, desde que controla do fogo, já o utiliza para expandir seus conhecimentos sobre os alimentos.

Infelizmente, equipamentos que realizam estudos térmicos possuem, atualmente, elevado valor agregado e se tornam proibitivos para muitas instituições de ensino e pesquisa em nosso país. Pensando nisso que este projeto se propôs a construir e automatizar um forno que utiliza materiais de baixo custo em sua fabricação, como lâmpadas incandescentes usadas em holofotes, cimento refratário, microcontrolador Arduino, resistores, capacitores, placa de fenolite, sensor de carga (removido de balanças de baixo custo), dentre outros.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Design em Modelador Paramétrico

Foram utilizados para a elaboração dos *sketches* o modelador paramétrico *freeware* de nome FreeCAD, voltado diretamente para uso em engenharia mecânica e design de produto, se aplica a uma

¹Bolsista Jr. Interno, IFSULDEMINAS - Campus Machado. E-mail: giovanni.tonon@alunos.ifsuldeminas.edu.br

²Estudante de Mestrado em Química, PPGQ – UNIFAL-MG. E-mail: gustavo.silveira@sou.unifal-mg.edu.br

³Coorientadora, IFSULDEMINAS - Campus Machado. E-mail: paulize.ramos@ifsuldeminas.edu.br

⁴Coorientadora, IFSULDEMINAS - Campus Machado. E-mail: kellen.carvalho@ifsuldeminas.edu.br

⁵Colaborador Externo, PPGQ – UNIFAL-MG. E-mail: tonon@unifal-mg.edu.br

⁶Orientador, IFSULDEMINAS - Campus Machado. E-mail: luis.sarto@ifsuldeminas.edu.br

ampla variedade de utilizações em outros ramos da engenharia. Este modelador paramétrico permite o total controle na modelagem de figuras 3D, podendo ler e exportar os arquivos em diversos formatos de arquivo.

Construção do Forno Fototérmico

Para a construção do forno foram utilizadas quatro lâmpadas de 220V de tungstênio com 1000 W cada, de forma a atingir altas temperaturas ao mesmo tempo que se incide sobre a amostra uma elevada quantidade de fótons. A amostra é inserida dentro de um tubo de quartzo, com um cadinho de porcelana. O conjunto de lâmpadas e tubo de quartzo estão cercados por um material refratário, para diminuir perda de energia térmica e luminosa. A temperatura do forno será controlada através do desenvolvimento de um *software*, com o auxílio de um microcontrolador de linguagem aberta. A parte refratária do forno, de formato circular, foi modelada com cimento refratário utilizando-se de tubos de PVC de 200 e 50 mm como moldes.

A programação para o controle do forno será desenvolvida em linguagem C#, permitindo ao final do processo desenvolver um *software* que possa ser instalado em diferentes computadores. Além do controle da temperatura e da atmosfera, será obtido o registro dos dados e posterior exportação para a elaboração de imagens gráficas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parte I – Construção do Forno

- ***Projeto dos Sketches***

As placas metálicas utilizadas na construção do travamento do forno foram modeladas com a utilização do programa gratuito FreeCAD (versão 1.0) para o corte em uma fresadora CNC. Nessas chapas há um furo central onde o tubo de quartzo é inserido junto ao cadinho contendo a amostra (uma barca pequena de α -alumina), e outros 4 furos redondos nas pontas da placa onde barras roscadas de suporte foram inseridas com quatro lâmpadas halógenas em seu interior.

- ***Construção do Protótipo***

A instalação elétrica foi feita com cabos de 2,5mm², soldando-os às lâmpadas. Porém, após testes com a potência máxima, as conexões se soltaram por causa das elevadas temperaturas. Para a resolução deste problema, foi feita a compra e instalação de soquetes feitos de material cerâmico, o que aumentou a resistência térmica das conexões, representados na Figura 1.

Figura 1: Forno com instalação elétrica completa



Para a conclusão da parte física do forno, será feito um furo no material refratário para a instalação de um termopar que ficará em contato com o tubo de quartzo presente ao centro. Os dados captados serão processados e analisados em um *software* programado posteriormente.

- ***Elaboração do Esboço em Papelão***

Considerando a parte elétrica exposta muito perigosa para o uso em aulas práticas experimentais, uma proteção de metal foi idealizada. Para uma melhor construção, pedaços de papelão foram dispostos ao redor do forno para retirar medidas e tornar sua construção mais ágil.

A proteção é pensada para ser construída com chapas de metal curvadas em 90° nas quinas e presas em conjunto usando parafusos, tornando mais fácil sua desmontagem em caso de problemas.

Parte II – Desenvolvimento do Software

O desenvolvimento do *software* de controle e de processamento dos dados obtidos já está sendo feita, porém em etapas iniciais, realizadas pelos colaboradores externos da UNIFAL-MG.

Parte III – Ensaios de Testagem

Com o intuito de avaliar o poder de aquecimento do sistema fototérmico, alguns testes de potência foram realizados. Como mencionado anteriormente, um destes foi feito visando a aferição do comportamento do forno em sua potência máxima. Para isso, as lâmpadas foram ligadas em paralelo em uma tomada 220V, com o passar deste teste, porém, uma das soldas se soltou.

Após a conexão ter sido refeita, mais testes foram feitos com apenas 25% da potência, isto é, com as lâmpadas ligadas em série, representados pela Figura 2. Desta vez sem nenhum contratempo e com as soldas permanecendo, aparentemente, íntegras.

Para avaliar o aumento da potência, um experimento foi conduzido. Um circuito com dois sistemas paralelos foi usado, com duas lâmpadas ligadas em série em cada. Não houve danos às conexões. Considerando isso, o sistema foi mantido nesta configuração nos testes que se sucederam.

Com o sucesso do sistema anterior, uma ervilha foi introduzida para a verificação da atuação do forno em materiais orgânicos. Como porta-amostra foi usado uma barca pequena do material cerâmico α -alumina, material resistente a elevadas temperaturas.

Figura 2: Forno em teste de potência



Durante este experimento, o material orgânico foi reduzido apenas a cinzas e a sua fotodecomposição e temperatura foi monitorada utilizando-se de um termômetro digital na entrada do tubo de quartzo. O termômetro utilizado tem limite de aferição de -50°C até 400°C, e obteve-se

um máximo de 422.3°C, o que provavelmente não retrata de forma fidedigna o auge de temperaturas do forno. Com isso, é possível concluir que a temperatura máxima do forno pode ser muito superior em comparação àquela registrada neste primeiro experimento. O detalhamento das temperaturas durante testes e mapeamento em relação a potência das lâmpadas será realizado posteriormente a instalação do termopar.

4. CONCLUSÃO

Considerando os avanços obtidos e a possibilidade de melhorias futuras, como a finalização do design e construção, é possível perceber que o protótipo desenvolvido demonstrou potencialidades para análises de fototermodecomposição de produtos orgânicos, com destaque a análise alimentos, a finalidade pretendida neste projeto. Os objetivos iniciais expostos no cronograma foram cumpridos, assim como o levantamento de novas ideias para melhorias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFSULDEMINAS pela bolsa de fomento interno e recursos para aquisição dos materiais necessários a construção do forno. Também agradecem aos financiadores e pesquisadores que contribuíram de forma indireta para o presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- AREED, M. F. A keyless Entry System based on Arduino board with Wi-Fi technology. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, v. 139, n. February, p. 34–39, 2019.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*, 4ª ed., 1 ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.
- IONASHIRO, M.; CAIRES, F. J.; GOMES, D. J. C. *Giolito: fundamentos da termogravimetria e análise térmica diferencial/calorimetria exploratória diferencial*. São Paulo: Giz, 2005. 80 p.
- MCROBERTS, Michael. *Arduino Básico: tudo sobre o popular microcontrolador arduino*. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015.
- METTLER TOLEDO. *Análise Térmica de Alimentos: aplicações de alimentos e suas técnicas de análise térmica*. Aplicações de alimentos e suas técnicas de análise térmica. Disponível em: <https://www.mt.com/br/pt/home/library/guides/lab-analytical-instruments/thermal-analysis-of-food.html>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- MISA, T. J. History of Technology. In: *A Companion to the Philosophy of Technology*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2009
- PILCHER, J. M. *Food in world history*. New York, NY, USA: Routledge, 2005