

CONTROLE DA TEMPERATURA DE SECAGEM ARTIFICIAL DE GRÃOS¹

**Saul Vione Winik², Vanessa Faoro³, Rodolfo França De Lima⁴, Oleg Khatchatourian⁵,
Cristiano Osinski⁶.**

¹ Projeto de Iniciação Científica

² Bolsista PIBIC/CNPq, Estudante do Curso de Engenharia Elétrica, do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias do Centro Acadêmico de Engenharia Elétrica

³ Professora Mestre do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias

⁴ Mestre em Modelagem Matemática

⁵ Orientador, Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias

⁶ Estudante do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias

Introdução

A principal dificuldade de se realizar um experimento prático são os erros. Eles podem ser gerados na fase de preparo, durante e ao término do experimento. No entanto quando existem mais de uma fonte de incertezas no experimento, seus erros se multiplicam, fazendo com que altere consideravelmente os resultados obtidos, afastando este da solução mais apropriada para o problema. No processo de secagem de grãos de soja realizado, existem vários focos que geram três tipos de erro. O primeiro tipo de erro é intitulado por erro grosseiro, que é ocasionado pela falha humana na operação do equipamento. O segundo tipo de erro são os erros sistemáticos que são gerados pelos equipamentos utilizados no processo e as condições do ambiente. E os erros aleatórios, que tem sua origem dificilmente explicável.

O objetivo desse trabalho é diminuir os erros dos experimentos práticos, fazendo com que seus resultados sejam mais precisos. Para diminuir o erro dos experimentos de secagem artificial de grãos de soja foi desenvolvido um equipamento microcontrolado para realizar o controle da temperatura do ar de secagem.

Metodologia

A partir da necessidade de controlar as condições iniciais de experimentos práticos, foi projetado e montado um circuito eletrônico para automatizar esse controle. Foi determinado 05 passos na elaboração do equipamento, onde a primeira foi a realização de uma pesquisa bibliográfica em livros e folha de dados (datasheet's). Em seguida houve o desenvolvimento do programa do microcontrolador em linguagem C++ no software PCWHD Compiler versão para estudante e também a simulação do circuito eletrônico do equipamento em conjunto do programa do microcontrolador. Nesse passo foi simulado em software o circuito eletrônicos e do programa do

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

microcontrolador. A Figura 1 mostra na forma de diagrama de blocos o processo de funcionamento do equipamento.

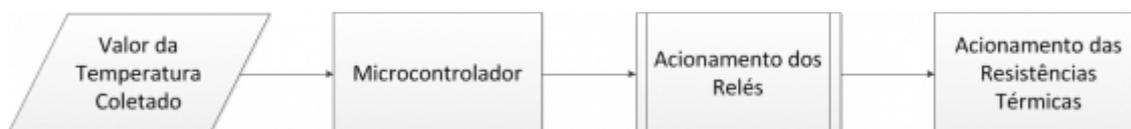


Figura 1. Fluxograma do equipamento

A partir das simulações, foi realizada a montagem do circuito simulado sobre uma protoboard, a gravação do programa no microcontrolador e também a realização dos testes práticos. O quarto passo foi delineado o protótipo de circuito impresso. Nesse passo foi utilizado um software livre para o planejamento das trilhas do circuito eletrônico. A primeira versão do equipamento foi montada de forma manual, sem a utilização de equipamentos automatizados nem de custo elevado. E, por fim, o quinto passo foi a soldagem dos componentes na placa final do equipamento. A Figura 2, mostra o circuito confeccionado, operando em fase de testes.



Figura 2. Fotografia do Protótipo desenvolvido pelo autor

Ao desenvolver o equipamento buscou-se fácil manuseio e utilização. Portanto, o mesmo funciona da seguinte maneira, ao ligá-lo em seu computador com um cabo USB-A o equipamento apresenta mensagens no display, nele inserido: nome do equipamento, nome do desenvolvedor e a faixa de operação. Logo em seguida ele exibe na tela uma mensagem pedindo para inserir a temperatura desejada para o experimento. Para inserir esse valor existe um teclado numérico acoplado na placa, onde o valor da temperatura deve ser inserido com 03 dígitos. Após a inserção do valor da temperatura no equipamento, ele controla as resistências termoeletricas ligando e desligando-as, estabilizando a temperatura do sistema a partir da inserida no dispositivo. O secador utiliza seis

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

resistências térmicas para aquecer o ar mandado pelo motor. Porém o acionamento das resistências térmicas é realizado por um circuito separado. Confeccionado em uma segunda placa, composta basicamente por seis resistores, transistores e relés.

Para coletar os dados da temperatura foi utilizado o circuito integrado LM35 por ser um sensor de temperatura eletrônico, de fácil configuração e baixo custo. Para aumentar sua faixa de operação e precisão nos valores coletados, foi projetado um circuito amplificador de sinal, com o amplificador operacional LM324N, para o sinal enviado pelo sensor até o microcontrolador PIC18F4220. A Figura 3, mostra a simplificação do amplificador implementado em placa de circuito impresso.

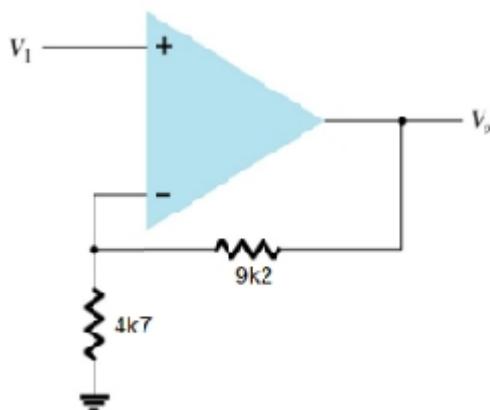


Figura 3. Circuito amplificador

O ganho do circuito amplificador da Figura 3 é descrito pela equação 1 e, embora não linear, é de aproximadamente 2,96.

$$Av_1 = 1 + \frac{R_f}{R_1} \quad (1)$$

Para manter a precisão do equipamento, diminuindo o erro sistemático e dar mais exatidão ao controlador da temperatura, foi inserida ao programa um ajuste linear a partir do método de mínimos quadrados. Essa equação é utilizada nos valores do sensor de temperatura LM35.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

$$y = a_0 + a_1 \cdot x \quad (2)$$

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x^2 \sum_{i=1}^n y - \sum_{i=1}^n x \cdot \sum_{i=1}^n xy}{n \cdot \sum_{i=1}^n x^2 - (\sum_{i=1}^n x)^2} \quad (3)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n xy - \sum_{i=1}^n x \cdot \sum_{i=1}^n y}{n \cdot \sum_{i=1}^n x^2 - (\sum_{i=1}^n x)^2} \quad (4)$$

Foram utilizadas as Equações 3 e 4 para encontrar as constantes da Equação 2, onde $a_0 = -0,3056$ e $a_1 = 0,1649$. Sendo que “x” e “y” são os dados de entrada e saída do microcontrolador, respectivamente. A expressão final da equação do sensor de temperatura é dada pela Equação 5.

$$y = -0,3056 + 0,1649 \cdot x \quad (5)$$

Para validar a aplicação do ajuste linear efetuado foi realizada a avaliação da qualidade do mesmo, utilizando o Coeficiente de Correlação de Pearson dado pela Equação 6. Onde “n” é a quantidade de dados, y_i são os dados de saída desejados e o y_{aj} são os dados de saída encontrados com a Equação 5. Para que o ajuste de curva esteja correto e seja considerado bom o valor de r^2 deve aproximar-se de 1.

$$r^2 = 1 - \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - y_{aj})^2}{n \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2} \quad (6)$$

O Coeficiente de Correlação de Pearson encontrado a partir da Equação 5 foi de 0,99999646, chegando-se a conclusão de que o ajuste efetuado na curva dos dados obtidos pelo equipamento foi bom. A Figura 4, mostra o resultado do ajuste linear implementado.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

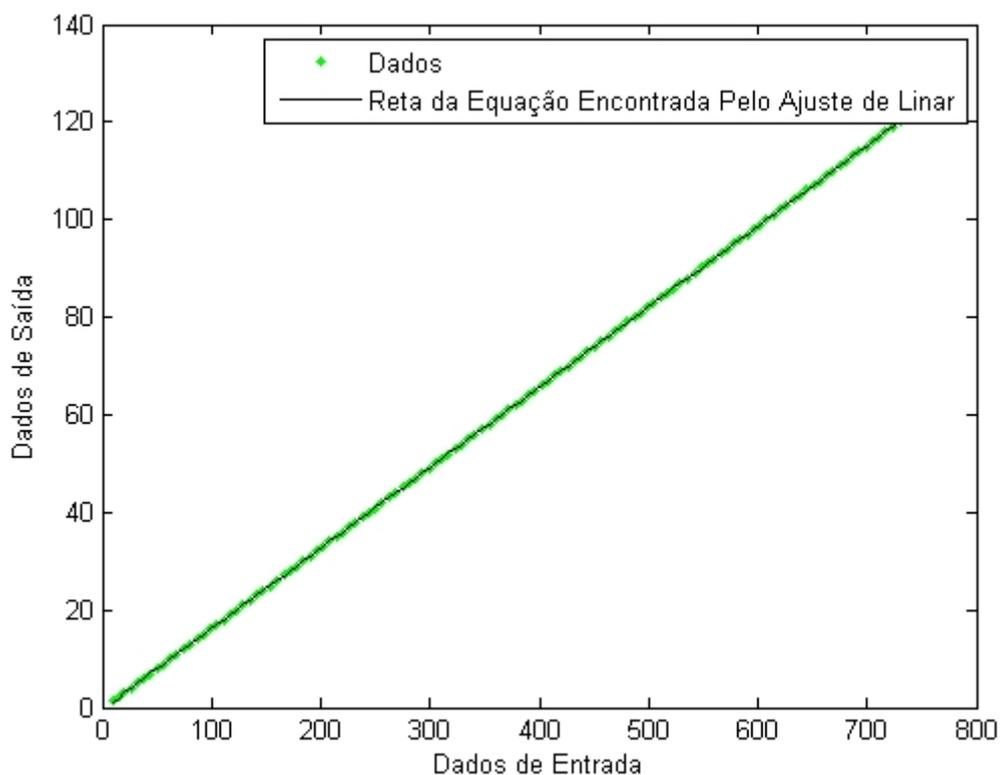


Figura 4. Gráfico dos Dados de Saída x Dados de Entrada

Foi encontrado o erro percentual absoluto da equação entre os dados de saída desejados e os do circuito. A Figura 5, por sua vez, representa graficamente que o maior erro absoluto percentual obtido da ordem de 0,8 pontos percentuais.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

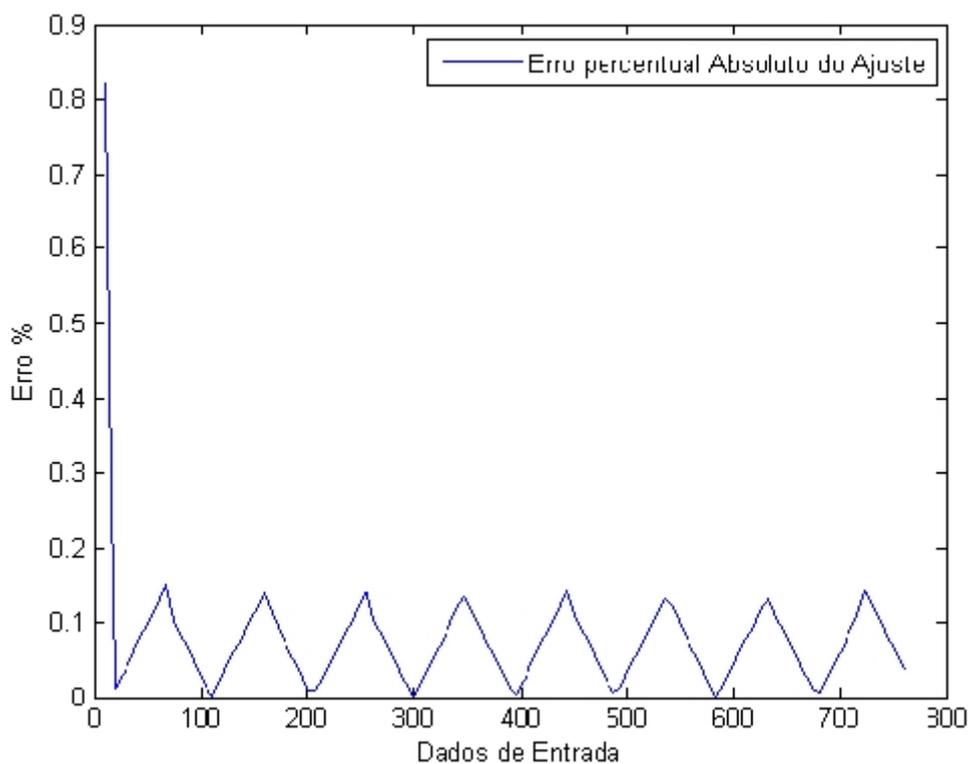


Figura 5. Gráfico do Erro Percentual Absoluto

Para encontrar os dados da Figura 5, foi utilizado a Equação 7, onde “z” é os dados da função, “y” são os dados de saída desejados, “q” é o valor médio dos dados desejados e “N” é a quantidade de dados.

$$Erro = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^N (y - z)^2}}{\sqrt{\sum_{i=0}^N (y - q)^2}} [\%] \quad (7)$$

Resultados e Discussões

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

A Figura 6 mostra o resultado da implementação do protótipo nos experimentos realizados, onde as cores estão diferenciando as camadas da secagem numeradas de 1 a 4. As curvas com linhas contínuas são os dados simulados e ideais. As linhas tracejadas são os dados coletados nos experimentos com o controle da temperatura sendo feito manualmente. E os pontos, plotados com um passo de 1/3 de hora, são os resultados obtidos nos mesmos experimentos com o controle da temperatura sendo realizado pelo equipamento.

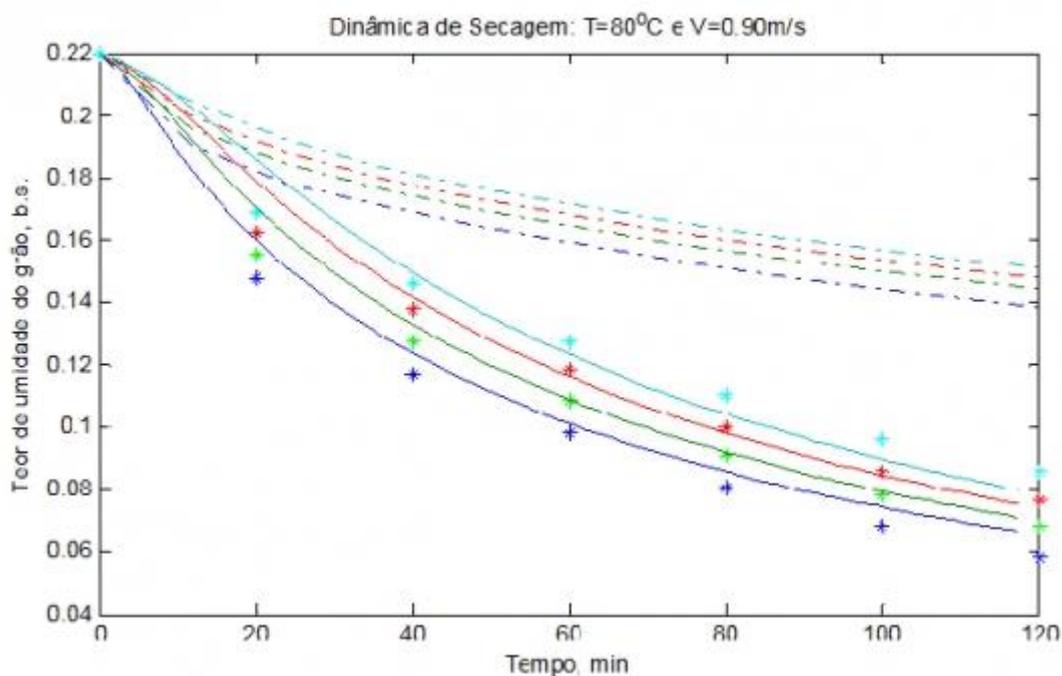


Figura 6. Gráfico da taxa de umidade do grão em relação ao tempo experimento com temperatura de 80°C e com velocidade de 0,9m/s.

Na Figura 6, o erro encontrado foi de 14,20 pontos percentuais entre os resultados ideais e os resultados encontrados nos experimentos realizados com o equipamento.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

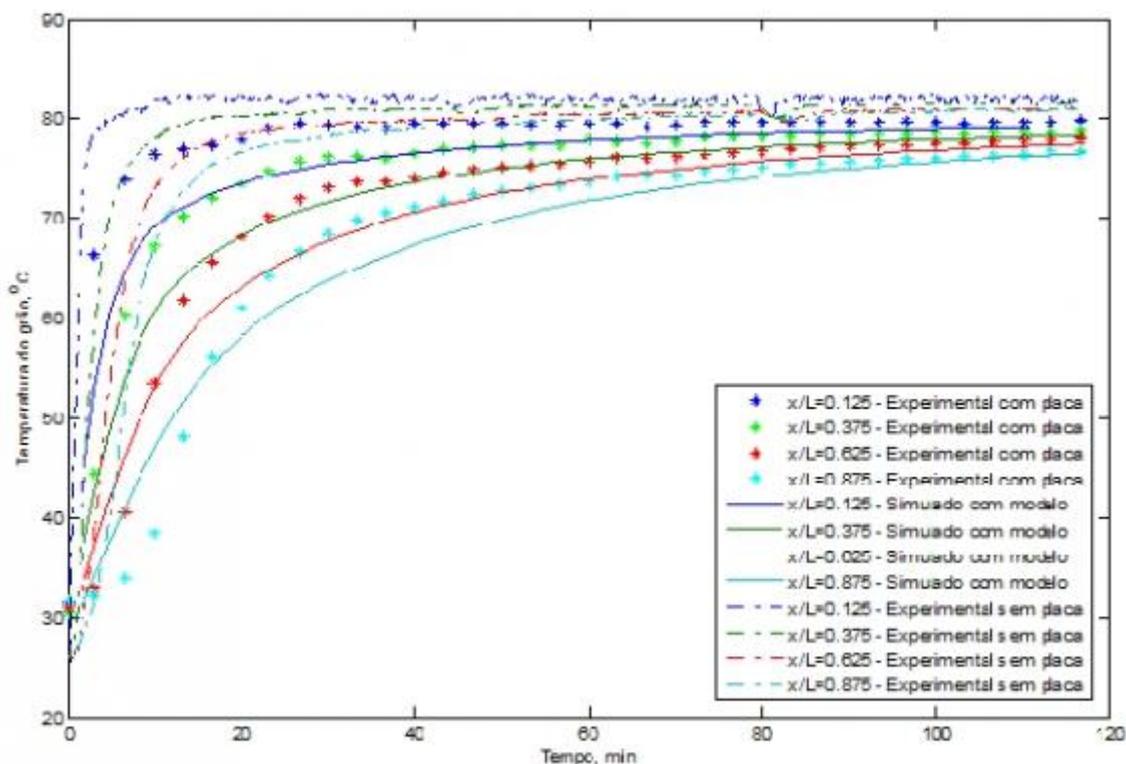


Figura 7. Gráfico para comparação do uso do equipamento para o controle da temperatura nos experimentos de temperatura 80°C e com velocidade de 0,90m/s.

Para poder aumentar o tempo de armazenamento do grão de soja, sua umidade deve estar localizada no gráfico próxima ao valor da umidade da curva de secagem ideal. Pois com um alto teor de umidade o grão mofa em um tempo menor, mas também deve-se garantir que o grão não queime. Comparando os resultados plotados na Figura 6, foi detectada uma redução no erro médio entre os dados encontrados nos experimentos realizados sem o equipamento e os dados encontrados nos experimentos realizados com o equipamento. Anteriormente, com o controle manual, o erro médio dos dados da Figura 6 era de 84,17 pontos percentuais e com a utilização do dispositivos desenvolvido seu erro médio caiu para 14,20 pontos percentuais. Todo esse erro percentual diminuído pode ser classificado como erro grosseiro. Porém tais dados ainda são compostos por erros. Essa percentagem existente está dividida entre os três erros mencionados inicialmente.

Conclusão

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

Após analisar os resultados dos experimentos foi constatado que o erro percentual médio diminuiu consideravelmente. Sendo assim o equipamento teve sua eficácia comprovada comparada com os procedimentos anteriores utilizados.

A Figura 7 ilustra o controle da temperatura dos experimentos, sendo que neste gráfico estão apresentados também o controle esperado e o controle manual da mesma. Concluiu-se que utilizando o equipamento desenvolvido para controlar a temperatura do sistema, obteve-se dados com maior exatidão e precisão do que quando o controle era efetuado manualmente pelo usuário. O custo total do equipamento microcontrolado ficou em torno de 85,00 reais. Também foi constatado que com o equipamento controlando a temperatura de secagem a quantidade de soja perdida com a queima do grão e o apodrecimento do mesmo é menor do que com o controle da temperatura manual.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPQ pelo auxílio financeiro ao projeto, à UNIJUI pelo espaço cedido para realização do projeto e ao Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI Marlon Vinícius Machado pela ajuda no desenvolvimento dos modelos matemáticos.

Bibliografia

- [1] Microchip Technology Inc. (2004). Datasheet PIC18F2420/2520/4420/4520[PDF], Preliminary, USA, Available form: <http://www.alldatasheet.com/> [Accessed 08/06/14].
- [2] National Semiconductor Corporation (2000). Datasheet LM35, USA, Available form: <http://www.alldatasheet.com/> [Accessed 08/06/14].
- [3] Philips Semiconductors (1995). Datasheet LM124/224/324/324A/SA534/LM2902, USA, Available form: <http://www.alldatasheet.com/> [Accessed 08/10/12].