



DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR DE BAIXO CUSTO PARA TEMPERATURA DO AR EM SECADOR DE BANDEJAS

Guilherme de Figueiredo Furtado¹ (EALI/UNEMAT) – guilherme.sartori@hotmail.com

Philippe dos Santos² (EALI/UNEMAT) – ph_sinop@hotmail.com

Tadeu Miranda de Queiroz³ (DEPA/UNEMAT) – tdmqueiroz@hotmail.com

Camilla Rodrigues de Paula⁴ (EALI/UNEMAT) – cami_rodrigues8@hotmail.com

Elayne Vicente Siqueira⁵ (EALI/UNEMAT) – elayne_vs@hotmail.com

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo construir um sistema de controle automático de baixo custo e simples operação, capaz de controlar a temperatura de um secador de bandejas. O secador descontínuo de bandejas em escala de bancada, utilizado nos estudos, é constituído basicamente de um sistema de ventilação, composto por um ventilador axial acoplado dentro do secador e um sistema de aquecimento, composto de seis resistências elétricas de 500 watts. Para o controle da potência das resistências foi utilizado um sistema que tem dupla etapa defasadora, a qual permite, através do potenciômetro, variar com acuidade o ponto em que o TRIAC (BTA41) entra em condução. A partir da montagem do sistema controlador de potência foi desenvolvido um sistema de engrenagens responsável pelo controle da posição do potenciômetro. Na montagem do controlador foi utilizado o microcontrolador Basic Step 1. O sensor de temperatura utilizado foi o LM35, fabricado pela National Semiconductor. Para o microcontrolador Basic Step 1, foi desenvolvido um aplicativo que funciona como um "Loop" infinito e é iniciado toda vez que o microcontrolador for ligado. De forma geral, o controlador atendeu adequadamente a finalidade pelo qual foi construído.

Palavras-chave: secador de bandejas; LM 35; Basic Step 1.

1. Introdução

Os processos existentes nas indústrias químicas, petroquímicas, alimentícias, entre muitas outras, constituem um campo vasto para aplicações de técnicas de controle automático dos processos. Por volta da década de 40 a maioria das plantas industriais eram operadas basicamente em modo manual, o que exigia a utilização de muita mão de obra. Nos dias de hoje, em razão das exigências de qualidade dos produtos e de redução do custo de produção, é

¹ Graduando em Engenharia de Alimentos pela Universidade do Estado de Mato.

² Graduando em Engenharia de Alimentos pela Universidade do Estado de Mato.

³ Graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Mestre em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem pela Universidade de Federal de Lavras. Doutor em Agronomia – Irrigação e Drenagem pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Professor do Departamento de Engenharia de Produção Agroindustrial da Universidade do Estado de Mato Grosso. Áreas de atuação: Irrigação e Drenagem; Instrumentação Eletrônica; Acionamento e Controle de Motores; Pesquisa e Desenvolvimento de Sistemas Automáticos Para Irrigação.

⁴ Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Universidade do Estado de Mato.

⁵ Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Universidade do Estado de Mato.



essencial a utilização de controle automático na operação dos processos (BRISTOT, 2002).

Dentre os processos industriais podemos citar a secagem. Na secagem ou desidratação, o material úmido entra em contato com ar insaturado resultando uma diminuição da umidade do material e a umidificação do ar. Nesse processo, o calor é requerido para evaporar a umidade durante a secagem do produto e a água evaporada na superfície externa do produto é removida e transferida para o meio de secagem que, normalmente, é o ar (BROOKER et al., 1992; STRUMILO & KUDRA 1986).

Os limites da temperatura do ar de secagem são determinados em função da sensibilidade dos componentes químicos e da estrutura de armazenagem (MARTINS et al., 1994). Portanto deve-se ter um controle rigoroso da temperatura do ar de secagem, evitando que a mesma degrade a matéria-prima. Em estudos da cinética de secagem o controle da temperatura é essencial, pois as variações ao longo do processo afetarão as taxas de secagem, consequentemente levarão a um erro nas análises da cinética, desperdiçando tempo e material de pesquisa.

Um microcontrolador é definido como sendo um sistema computacional integrado, devido ao fato de possuir unidade de processamento, memória e entradas e saídas de dados em um único chip. Dentre os microcontroladores existentes no mercado, o Basic Step se destaca devido ao baixo custo, produto nacional, e facilidade de utilização. Atualmente diversos trabalhos têm sido desenvolvidos nas áreas de controle e automação a partir do uso do Basic Step, evidenciando trabalhos como de VILELA et al. (2003) e REBELLO JUNIOR (2004), que desenvolveram, a partir do microcontrolador Basic Step 1, um manômetro digital e sistema de aquisição de dados agrometeorológicos, respectivamente.

As técnicas mais comuns de medida da temperatura consistem na utilização de resistências dependentes da temperatura, vulgo RTD's, termopares, termistores e sensores monolíticos. A escolha correta para uma determinada aplicação depende de muitos fatores tais como a gama de temperatura a medir, linearidade, precisão, custo, características e facilidade de projeto de todo o circuito suporte (SANTOS, 1998).

Dentre os sensores de temperatura encontrados no mercado, podemos citar o sensor LM 35, no qual se trata de uma família de circuitos destinados ao preciso sensoramento de temperatura e calibrados internamente para fornecer tensões de saída diretamente proporcional e numericamente semelhantes à temperatura na escala Celsius. As principais vantagens de tal sensor são o baixo custo, a ampla faixa de operação, boa precisão e fácil operação (NAKAMURA et al., 1996).

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo construir um sistema de controle automático de baixo custo e simples operação, capaz de controlar a temperatura de um secador de bandejas.

2. Materiais e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia e Processamento Agroindustrial e Laboratório de Física Experimental do Campus Universitário Dep. Estadual Renê Barbours, na cidade de Barra do Bugres, pertencente à Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

O secador descontínuo de bandejas em escala de bancada, utilizado nos estudos, é constituído basicamente de um sistema de ventilação, composto por um ventilador axial

acoplado dentro do secador e um sistema de aquecimento, composto de seis resistências elétricas de 500 watts (seis resistências ligadas em paralelo).

Foram utilizados na montagem do controlador os equipamentos descritos abaixo.

Para o controle da potência das resistências foi utilizado um sistema que tem dupla etapa defasadora, a qual permite, através do potenciômetro, variar com acuidade o ponto em que o TRIAC (BTA41) entra em condução (em relação ao instante em que a tensão da rede passa pelo valor zero). Essa rede de controle é formada por capacitores C1, C2, C3, resistências R1 e R2, potenciômetro, um DIAC, um TRIAC e um filtro para interferência e para proteção (XRF) do DIAC e TRIAC. O DIAC conduz abruptamente quando a tensão em C3 atinge uma amplitude determinada e isso faz o TRIAC conduzir potência para a o conjunto de resistências, conforme a Figura 1.

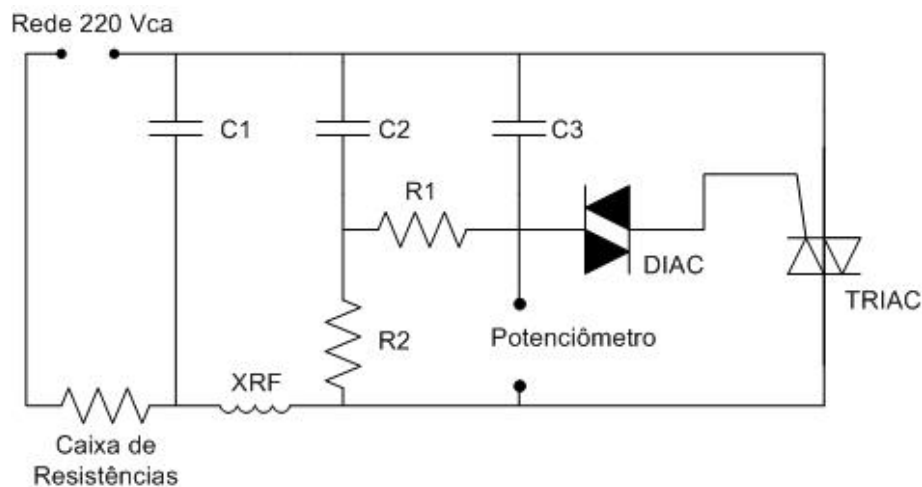


Figura 1 – Circuito esquemático do controlador de potência.

O reator XRF foi confeccionado enrolando-se 40 espiras de fio de cobre esmaltado de diâmetro 1 mm, duas camadas de 20 espiras, sobre um pequeno bastão de ferrita de 6,3 mm de diâmetro (1/4"). No restante, esse controlador é bastante convencional e, como tal, explora a variação do ângulo de condução de um tiristor, no caso um TRIAC (BTA41).

A partir da montagem do sistema controlador de potência foi desenvolvido um sistema de engrenagens responsável pelo controle da posição do potenciômetro, no qual é constituído dos seguintes dispositivos: uma engrenagem de 30 mm, uma engrenagem de 15 mm e um servo posicional. A engrenagem de 30 mm foi conectada a haste do servo e a engrenagem de 15 mm conectada a haste do potenciômetro, conforme a Figura 2.

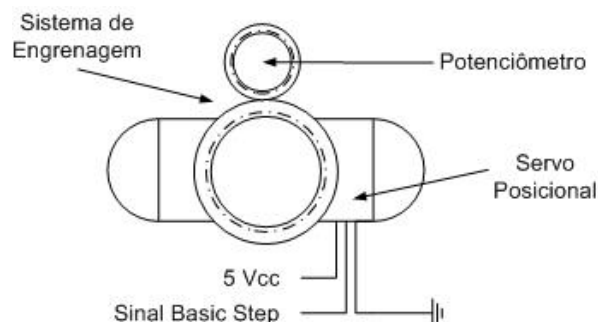


Figura 2 – Sistema de controle posicional do potenciômetro.

Na montagem do controlador foi utilizado o microcontrolador Basic Step 1, comercializado pela Empresa Tato Equipamentos Eletrônicos LTDA, no qual trabalha com um microcontrolador PIC16F628 e numa única placa engloba esse microcontrolador, uma memória com interpretador PBASIC e um regulador de tensão. Possui 8 portas configuráveis para entrada e saída (I/O). Suas vantagens são: fácil programação, encaixe perfeito na matriz de contato, o que facilita os testes e baixo custo.

O sensor de temperatura utilizado foi o LM35, fabricado pela National Semiconductor, apresenta uma saída de tensão linear relativa à temperatura, tendo em sua saída um sinal de 10 mV para cada Grau Celsius de temperatura, sendo assim, apresenta uma boa vantagem com relação aos demais sensores de temperatura calibrados em Kelvin, não necessitando nenhuma subtração de variáveis para que se obtenha uma escala de temperatura em Graus Celsius. O sensor foi colocado a uma das extremidades de um tubo de vidro de diâmetro externo de 8 mm e 15 cm de comprimento, de modo que sua carcaça permaneça exposta. Finalmente a extremidade aberta de cada tubo foi selada com cola de silicone, ao redor do fio condutor de três vias utilizado para conectar o sensor ao controlador, conforme representado na Figura 3.

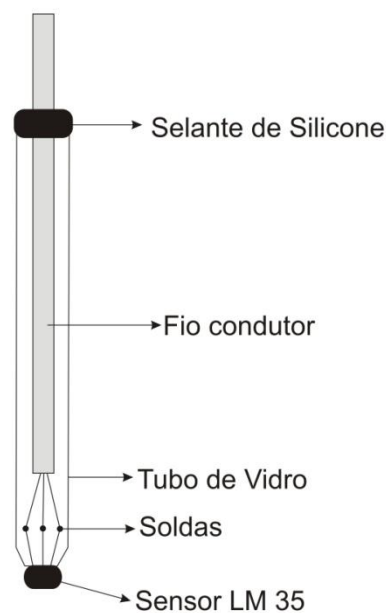


Figura 3 – Montagem do sensor LM 35.

Foi utilizado para a visualização dos valores de leitura A/D durante os testes de calibração do sensor de temperatura um “display” de cristal líquido do modelo LCD 16 x 2 sem “back light”, que permite escrever, no total, 32 caracteres, 16 em cada linha. Tal “display” foi escolhido devido ao seu baixo custo e a facilidade de programação.

Para a gravação dos programas desenvolvidos no Basic Step 1 foi utilizado o kit básico de gravação comercializado pela Empresa Tato Equipamentos Eletrônicos LTDA, no qual é composto de uma fonte reguladora de tensão, um cabo de comunicação RS 232 e uma placa Step Lab.

A elaboração do software de controle foi através do compilador Basic Step SP-1. O compilador permite edição de texto do código fonte, possui compilador, debug para erros de digitação, download para transferência do programa ao microcontrolador e ajuda para consulta de instruções. Atualmente, o software está na versão 1.2.2.1 e pode ser executado no Windows 95, Windows 98, Windows Me e Windows XP.

3. Resultados e Discussão

Após a montagem do circuito do sensor e do atuador, os primeiros resultados foram satisfatórios, pois o dispositivo projetado atendeu consideravelmente a necessidade de controle da temperatura do secador de bandejas.

Na montagem do controlador foi desenvolvido um aplicativo para o microcontrolador Basic Step 1 que funciona como um “Loop” infinito e é iniciado toda vez que o microcontrolador for ligado. O aplicativo permanece fazendo a leitura do sensor LM 35 (em mV), conectado a entrada A/D do microcontrolador, convertendo a mesma em Grau Celsius, bem como exibe o valor da temperatura no display. O mesmo aplicativo faz as atuações necessárias, através do servo posicional e o potenciômetro, para atingir os valores de set point pré-estabelecidos no algoritmo. A Figura 4 representa o fluxograma utilizado para o controle da temperatura do secador de bandeja.

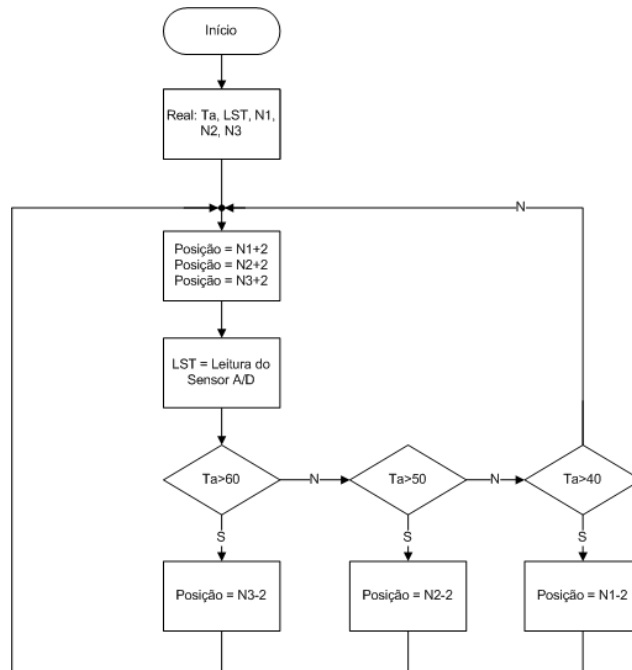


Figura 4 – Fluxograma utilizado para o controle da temperatura do secador de bandeja.

O aplicativo desenvolvido para o controle da temperatura do secador de bandeja trabalha com três temperaturas, 40, 50 e 60°C, tais temperaturas foram pré estabelecidas no algoritmo. Para cada temperatura foi estabelecida um posição do ponteiro do potenciômetro, aproximadamente. Assim sendo, o atuador, servo posicional, controlava a posição do ponteiro do potenciômetro.

Para observar a histerese obtida pelo controlador foram feitos testes para o controle em 40, 50 e 60°C, notando-se a diferença existente acima e abaixo desses valores de

referência no controle. As Figuras 5, 6 e 7 demonstram a variação de temperatura ao longo do tempo para as temperaturas de 40, 50 e 60°C, respectivamente.

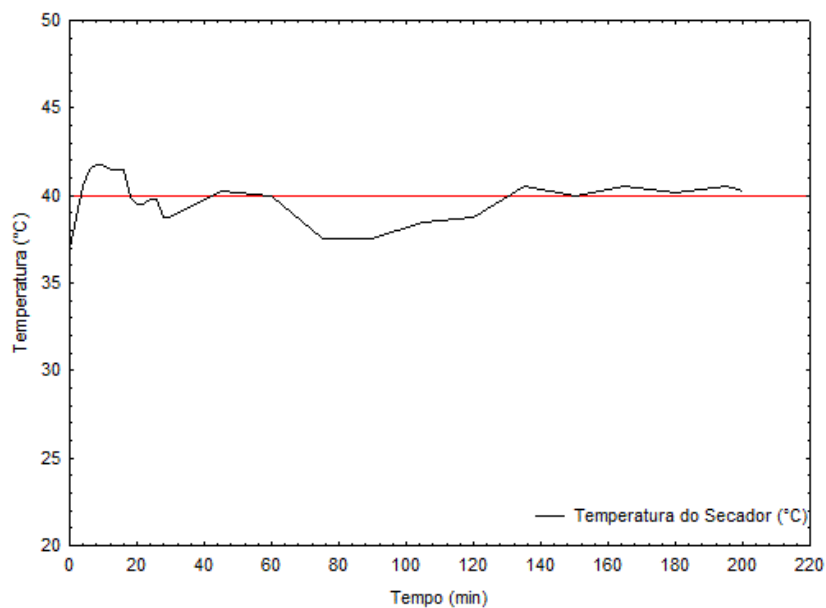


Figura 5 – Variação da temperatura do ar de secagem (40°) em função do tempo.

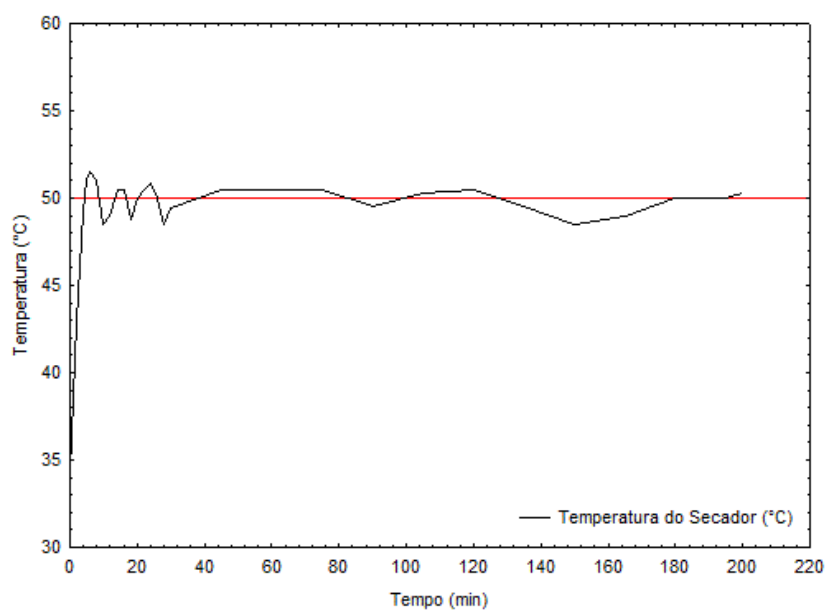


Figura 6 – Variação da temperatura do ar de secagem (50°C) em função do tempo.

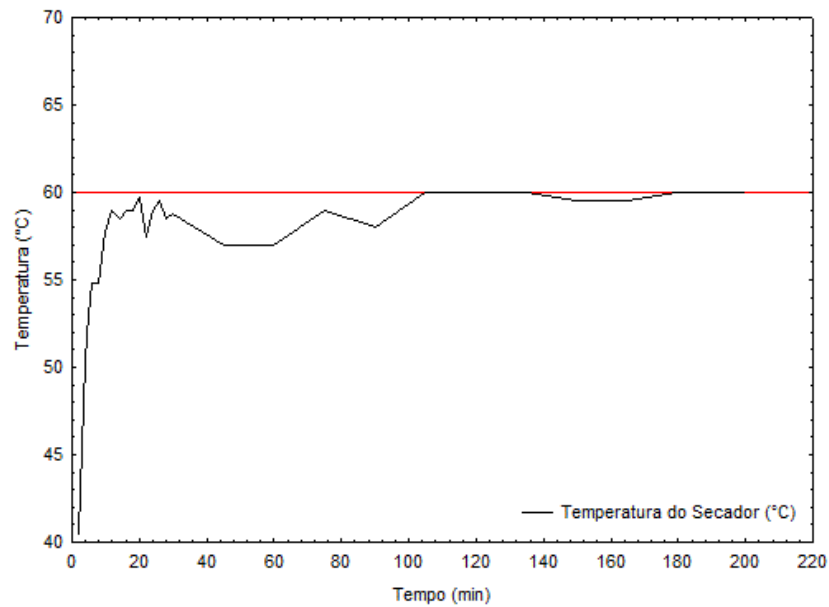


Figura 7 – Variação da temperatura do ar de secagem (60°C) em função do tempo.

Pode-se observar, a partir das Figuras 5, 6 e 7, o comportamento da temperatura do secador de bandejas ao longo do tempo, sendo que alguns pontos pode-se constatar uma variação grande, isso se deve principalmente a perturbações na temperatura externa.

De uma forma geral o controlador mostrou precisão no ajuste da temperatura de secagem. Na Figura 8 é apresentado o controlador desenvolvido para o controle da temperatura do ar de um secador de bandeja, designado com Controlador e Indicador de Temperatura (CIT versão 1.0).



Figura 8 - Controlador e Indicador de Temperatura (CIT versão 1.0).



4. Conclusão

- O uso do microcontrolador, Basic Step 1, no controle da temperatura do ar no secador de bandejas mostrou-se adequado, tendo em vista que o mesmo era feito de forma manual;
- O sensor de temperatura LM 35 mostrou-se eficiente em frente às variáveis do processo, aferindo-as com uma boa precisão;
- O algoritmo desenvolvido apresentou funcionamento satisfatório para o que foi proposto;
- De forma geral, o controlador atendeu adequadamente a finalidade pelo qual foi construído.

5. Agradecimentos

A equipe executora do trabalho agradece a Tato Equipamentos Eletrônicos pelo fornecimento do microcontrolador Basic Step 1.

Referências

- BRISTOT, V. M. Controle de temperatura de secadores de revestimentos cerâmicos alimentados com gás natural. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2002. 109 p.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. Westport. AVI, 1992. 450 p.
- FIGUEIREDO JÚNIOR, L. G. M., DIAS, N. S., DUENHAS, L. H., BOTREL, T. A. Construção e calibração de um manômetro de leituras digital microprocessado. Revista de Irrigação. v. 11, p. 492-499, Botucatu-SP. 2006.
- NAKAMURA, M. S.; LI, R. W. C.; GRUBER, J. LM 35: Um sensor de temperatura de precisão. Projeto e construção de um termômetro digital multicanal. Revista Química Nova. v. 4 p.426-428, 1996.
- RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; ROCHA, R. P.; SANTOS, R. H. S. Secagem de guaco (*mikania glomerata sprengel*) em secador de bandejas. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Salvador-BA. Anais, 2002. CD-ROM.
- REBELLO JUNIOR, C.J. Sistema de aquisição de dados agrometeorológicos baseado no microcontrolador "Basic Step". Monografia. Lavras: UFLA, 2004. 53p.
- SANTOS, R. M. P. M. Estação Multisensorial para Estufas Agrícolas. Dissertação de Mestrado. Universidade Do Minho - Escola de Engenharia. Braga-PT. 1998.
- STRUMILO, C.; KUDRA, T. – Drying: Principles, Applications and Design. In: Hughes, R. Topics in Chemical Engineering. v. 3, Universidade de Salford, UK. 1986.
- VILELA, L.A.A.; CARVALHO, H.P.; PRADO, G.; BOTREL, T.A. Construção e calibração de um manômetro digital microprocessado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003. Goiânia. Anais, 2003. CD-ROM.