



Resumo Expandido

Título da Pesquisa (Português): Desenvolvimento de um secador automático para produtos agrícolas com recirculação do ar de exaustão		
Título da Pesquisa (Inglês): Development of an automatic dryer for agricultural products with exhaust air recirculation		
Palavras-chave: secagem, automação, controle, sistema de supervisão, arduino, microcontroladores		
Keywords: drying, automation, control, supervision system, microcontrollers, arduino		
Campus: Ouro Preto	Tipo de Bolsa: PIBIC Jr.	Financiador: IFMG/CNPq
Bolsista (s): João Paulo Reis Alvarenga e Mateus Antônio Santos Torrecillas Almeida		
Professor Orientador: Cristiano Lúcio Cardoso Rodrigues		
Área de Conhecimento: Automação Industrial	Edital:	005/2011

Resumo: Desenvolveu-se um protótipo de secador de produtos agrícolas e um sistema de controle automático para monitoramento e controle da operação do protótipo. O desempenho do secador foi otimizado por meio de um sistema de controle inteligente e computadorizado, responsável pela aquisição de dados, em tempo real, e pela tomada de decisões e ações de gerenciamento e controle do processo. Para o desenvolvimento do sistema de supervisão e controle, foram utilizadas as plataformas Delphi 7 e Elipse E3, além de aplicações externas desenvolvidas na linguagem C# para plataformas Windows. Para o controle de temperatura do ar de secagem, utilizou-se um controlador de processos Therma TH91D, com ação de controle PID auto adaptativa. Para o controle do fluxo de ar de secagem, utilizou-se um inversor de frequência da WEG, modelo CFW-08, de forma a controlar a velocidade de rotação do motor acoplado ao ventilador centrífugo e consequentemente a vazão do ar de secagem. A comunicação do programa de supervisão com os equipamentos foi feita utilizando-se o meio físico serial RS-485 e o protocolo de comunicação ModBus. Os sistemas de supervisão e controle desenvolvidos, tanto em Delphi quanto em Elipse, tornaram possíveis o controle e monitoramento, em tempo real, das condições de secagem, principalmente da temperatura e do fluxo de ar. A utilização da rede de dispositivos utilizando o protocolo de comunicação Modbus mostrou-se eficiente e adequada ao controle do funcionamento do secador.

Abstract: A prototype of an automatic dryer for agricultural products and an automatic control system were developed to monitor and control the prototype operation. The dryer performance was optimized by a smart control system, responsible by the data acquirement, in real time, and by the decisions and management actions of the process control. For the development of the supervisory and control system were used the software Delphi 7 and Elipse E3, in addition to another applications developed in C# language for Windows platforms. For the air-drying temperature control was used the Therma TH91D process controller, with PID self-adapted action. For the air-drying airflow control was used the WEG CFW-08 frequency inverter in order to control the rotation speed of the motor coupled to the centrifugal fan and consequently to the drying airflow. The communication of the supervision software with the other equipment was made using the RS-485 interface and the ModBus communication protocol. Both the supervision and control systems developed in Delphi and Elipse allowed the control and monitoring, in real time, of the drying conditions, mainly the temperature and airflow. The using of these network devices with the ModBus communication protocol was efficient and suitable to the air-drying operation control.

INTRODUÇÃO:

Uma das primeiras ações pós-colheita, visando à manutenção da qualidade dos produtos agrícolas, é o processo de secagem. A secagem de produtos agrícolas consiste na remoção da água contida nesses produtos, até que atinjam um teor de água que possibilite uma armazenagem durante longo tempo, sem que ocorra deterioração do produto (LACERDA FILHO e MELO, 2001).

Desenvolveu-se um protótipo de secador de produtos agrícolas e um sistema de controle automático para monitoramento e controle da operação do protótipo. O desempenho do secador foi otimizado por meio de um sistema de controle inteligente e computadorizado, responsável pela aquisição de dados, em tempo real, e pela tomada de decisões e ações de gerenciamento e controle do processo. Para realizar a aquisição de dados, as ações de gerenciamento e de controle, foi implementado um programa computacional desenvolvido especificamente para este fim.

Para o desenvolvimento do sistema computacional de supervisão e controle do secador de produtos agrícolas, foram estudadas duas formas de implementação: Ambiente de desenvolvimento integrado Delphi 7 (BORLAND, 2014) e o Software de supervisão e Controle Elipse E3 (ELIPSE,2014a).

METODOLOGIA:

Para o desenvolvimento do sistema de secagem, fez-se inicialmente um estudo sobre este processo, atentando-se ao funcionamento dos dispositivos e melhores estratégias de controle a serem utilizadas.

Após realizado o estudo sobre os equipamentos e todo o processo em si, foi utilizada a plataforma Elipse E3 para desenvolvimento de um sistema de supervisão e controle. A utilização desse tipo de programa possibilitou a criação de aplicações gráficas a partir da utilização de programação de objetos do próprio ambiente de desenvolvimento integrado (IDE). Além disso, fez-se a comunicação do software com os instrumentos sensores, atuadores e controladores do processo, por meio da interface serial do microcomputador e do protocolo de comunicação MODBUS (ELIPSE,2014b; MECATRÔNICA ATUAL, 2014).

Foi desenvolvido inicialmente na aplicação, uma interface para o monitoramento e controle do processo de secagem. A Figura 1 ilustra a tela do programa desenvolvida para o controle de temperatura do ar de secagem. Utilizou-se, para o controle de temperatura do ar de secagem, o controlador universal de processos da empresa Therma, modelo TH91D. Configurou-se o controlador de temperatura para atuar no modo PID (Proporcional, Integral e Derivativo), onde os parâmetros do controlador, P_b (faixa proporcional), D_t (tempo derivativo) e I_r (ganho integral) podem ser alterados diretamente por meio do sistema de supervisão e controle, utilizando o protocolo MODBUS. Para medição de temperatura do ar de secagem, o sensor usado foi um termopar tipo K, que cobre temperaturas entre -150 e 1370°C. Para variar a temperatura do ar de secagem, foram utilizadas quatro resistências elétricas internas ao secador.

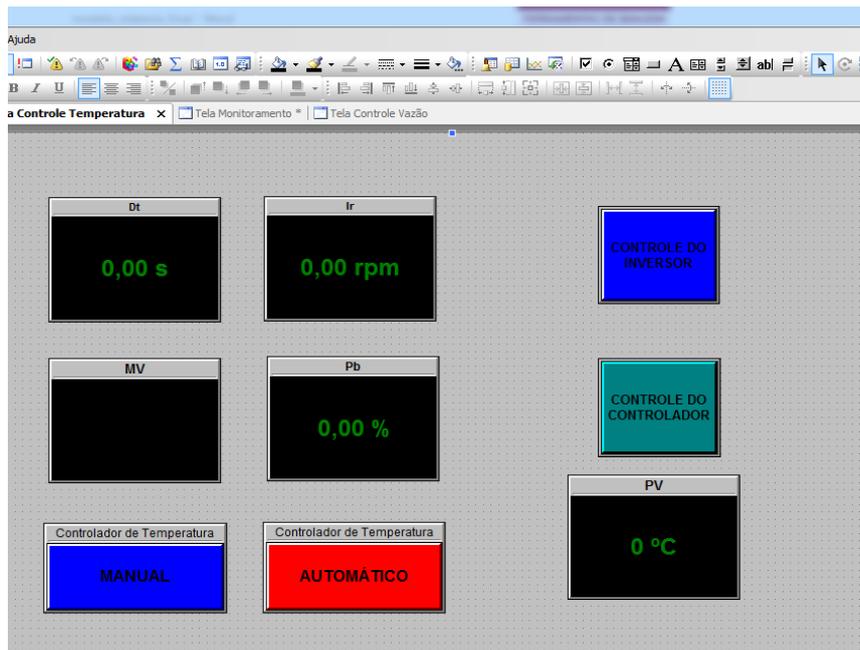


Figura 1 - Tela para monitoramento e controle de temperatura do ar de secagem utilizando o software Elipse E3

Para o controle do fluxo de ar de secagem, utilizou-se um inversor de frequência da WEG, modelo CFW-08 (WEG, 2014) de forma a controlar a velocidade de rotação do motor acoplado ao ventilador centrífugo e consequentemente o fluxo de ar de secagem. A variação do fluxo de ar de secagem foi obtida por meio da variação da frequência imposta ao motor do ventilador. A Figura 2 ilustra a interface desenvolvida para controle e monitoramento da vazão de secagem utilizando o inversor de frequência.

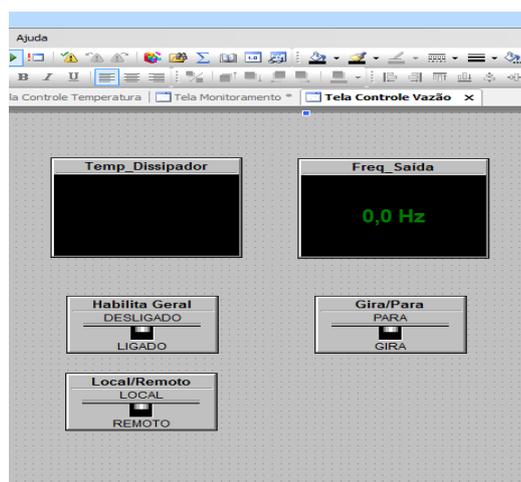


Figura 2 - Tela para monitoramento do controle do fluxo de ar de secagem.

Para exaustão, recirculação e entrada de ar no secador foram instaladas três válvulas do tipo borboleta, acionadas eletronicamente por meio de servo motores. A válvula de exaustão foi instalada na tubulação de saída de ar. Próximo à entrada de ar, foram instaladas outras duas válvulas, sendo uma responsável pelo controle da entrada de ar ambiente e a outra, pela recirculação de parte do ar de exaustão.

Durante o aprimoramento do protótipo de secagem, afim de transformá-lo em um sistema mais eficiente e autônomo e permitir a reaproveitamento do ar de exaustão, foi desenvolvido um sistema de controle baseado em microcontrolador, para os servo motores responsáveis pela abertura e fechamento das válvulas borboleta. O protótipo desse sistema de controle foi feito utilizando a plataforma Arduino Uno Rev3 baseada no microcontrolador Atmega, que além de ser responsável pelo envio dos sinais de controle para os três servo motores, mostrou-se bastante adequada na comunicação com o programa de monitoramento e controle, uma vez que essa plataforma utiliza o protocolo de comunicação Modbus. Afim de facilitar a comunicação, testes com o protótipo foram realizados com o sistema de controle ligado direto ao computador de controle, uma vez que seria necessário a utilização de um pequeno circuito para converter a comunicação utilizada pelo Arduino(RS232) para a rede industrial(RS485), utilizado no protótipo de secagem.

Com o objetivo de se obter o teor de água do produto durante o processo de secagem, foi desenvolvido um sistema automático de pesagem, baseado em células de carga. Cada uma das bandejas do secador, estava apoiada sobre duas células de carga. A massa de produto a cada instante foi obtida pelo sistema de pesagem automática, utilizando o módulo de aquisição M-7016D, da empresa ICPDAS. Quando deformadas, as células de carga produzem sinais analógicos de tensão proporcionais ao peso do produto. Os terminais de saída das células de carga foram conectados diretamente aos canais de entrada do módulo de aquisição de dados M-7016D, sem nenhuma amplificação. Como esse módulo possui interface serial RS485 e protocolo de comunicação MODBUS, pôde-se ler os valores de suas entradas analógicas, armazená-las em registradores, utilizando o programa de supervisão e controle e assim obter a massa instantânea do produto durante a secagem.

Fez-se a comunicação do software supervisor com os equipamentos utilizando-se o meio físico serial RS-485 e o protocolo de comunicação ModBus. Como o microcomputador utilizado não possui interface RS-485, foi utilizado um conversor RS-485 para USB, modelo USB-i485, da empresa Novus, para a comunicação de todos os equipamentos com o sistema de supervisão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

O sistema de supervisão e controle desenvolvido possibilitou o controle e monitoramento das condições do processo, que incluem o controle e monitoramento da temperatura e o do fluxo do ar de secagem, a medição da massa instantânea de produto e controle das válvulas de circulação de ar de secagem. Apresentou-se, na tela principal desse software, a leitura das grandezas desejadas para o monitoramento do processo (Figura 3).

O sistema de medição de massa do produto a ser seco em cada uma das bandejas funcionou perfeitamente, onde a massa de produto foi calculada utilizando os valores das tensões elétricas produzidas nas células de cargas. Como as células de carga suportavam todo o peso da bandeja, a massa da bandeja vazia (peso morto) foi descontada da massa total medida, para medição instantânea da massa de produto.

Para abertura e fechamento das válvulas borboletas, foi construída uma placa dedicada que se configuraria e comunicaria através da rede MODBUS, controlando os servo motores dessas válvulas pela mesma rede, sendo possível fazer o controle automático dessas, à medida que o processo necessitasse. A

Figura 4 ilustra os resultados obtidos no desenvolvimento do primeiro projeto, utilizando a plataforma Arduino Uno Rev3. Nessa figura, o sistema de controle das servos foi desenvolvido como se fosse uma espécie de módulo para a plataforma Arduino. A Figura 4a ilustra o esquema lógico/eletrônico entre o Arduino e os circuitos integrados. Já a Figura 4b indica o modelo final da placa de circuito impressa desenvolvida.

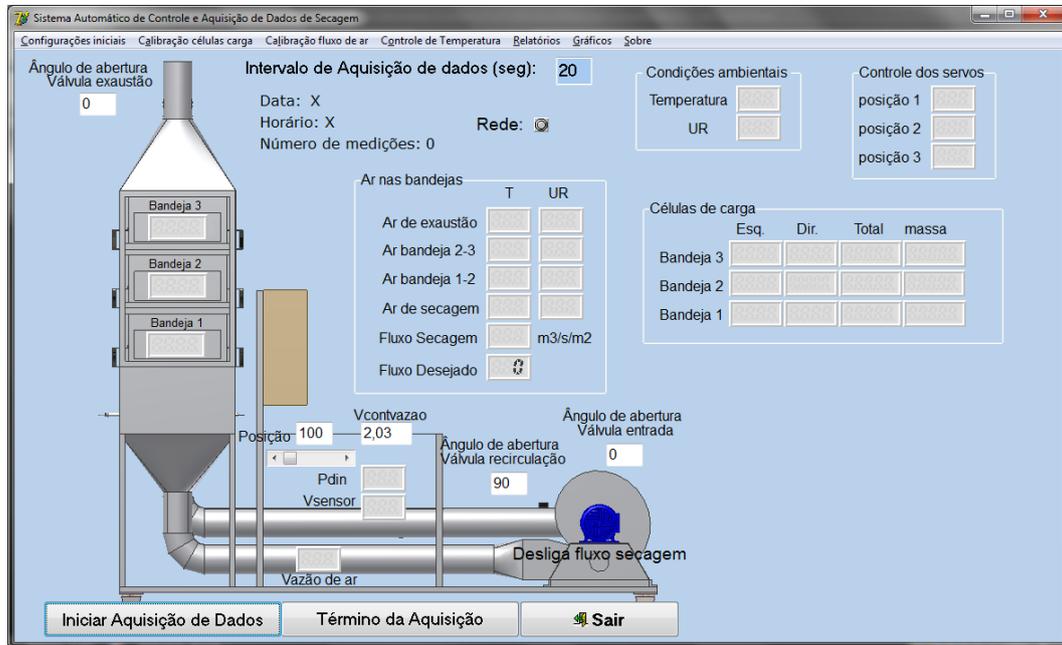


Figura 3 - Tela principal do programa desenvolvido para controle e aquisição de dados.

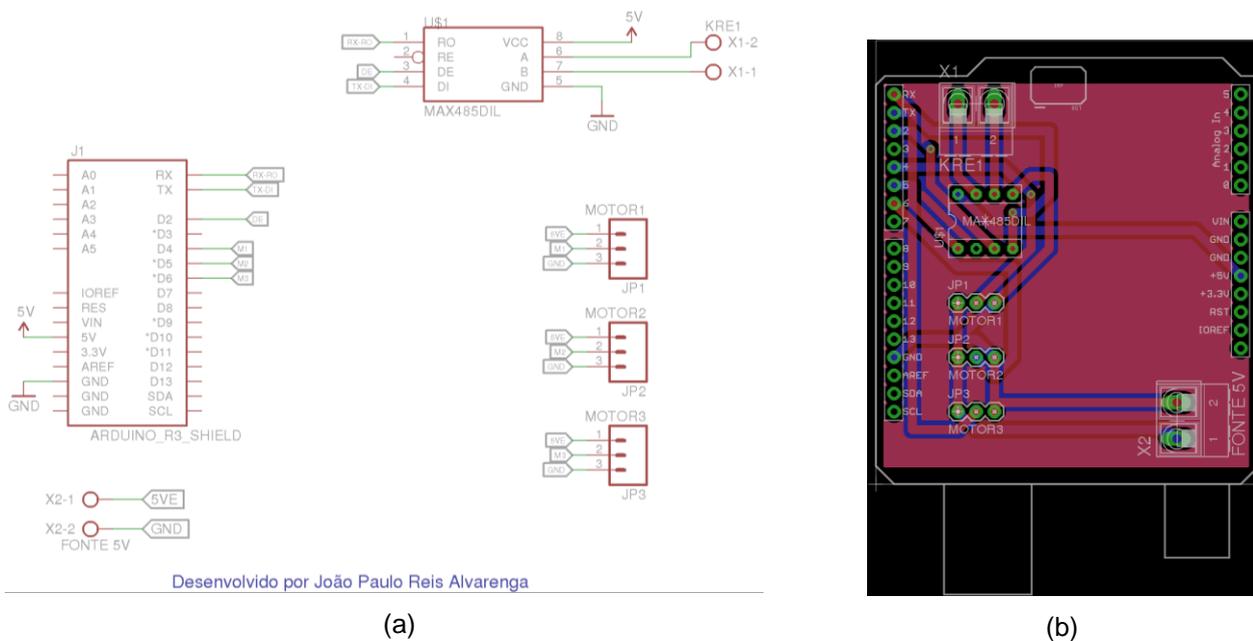


Figura 4: Projeto do sistema de controle dos servo motores utilizando plataforma Arduino e protocolo Modbus: a) Diagrama lógico/eletrônico; b) Placa de circuito impressa desenvolvida

A Figura 5 ilustra os resultados obtidos no desenvolvimento do segundo projeto desenvolvido para controle dos servo motores das válvulas. Essa figura ilustra o projeto do controlador standalone, ou seja, independente do Arduino, sendo esse um produto pronto para controle dos servo motores das válvulas, o qual pode ser conectado diretamente a rede MODBUS-RS485 já existente no secador. O diagrama esquemático da Figura 5a representa sua estrutura lógica/eletrônica, utilizando um microcontrolador 8bits como interpretador e atuador das atividades solicitadas através da rede MODBUS, que em questão é convertida para o microcontrolador de RS485 para RS232, através do CI MAX485, fazendo com que o microcontrolador possa interpretar e se comunicar através da rede MODBUS já empregada no secador. A placa de circuito impresso desenvolvida está ilustrada na Figura 5b.

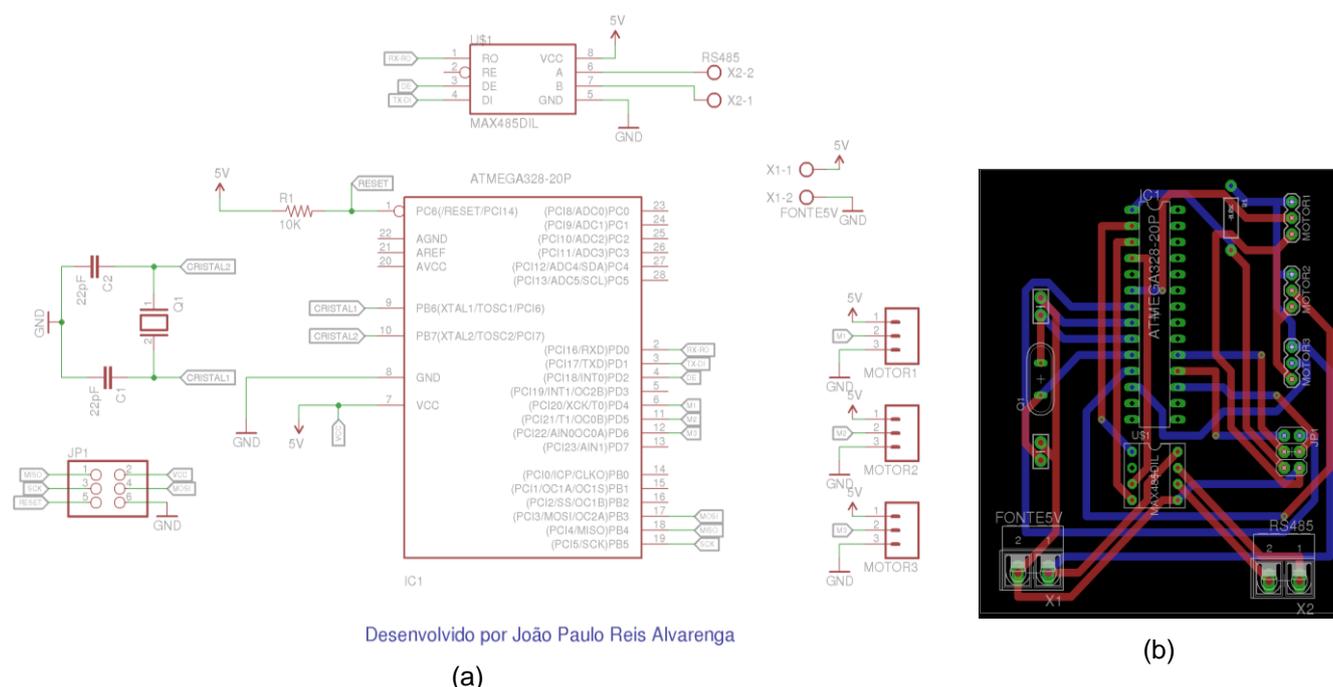


Figura 8: Projeto do sistema de controle dos servo motores utilizando microcontrolador Atmega: a) Diagrama lógico/eletrônico; b) Placa de circuito impresso desenvolvida

CONCLUSÕES:

Durante o aprimoramento do protótipo de secagem, uma das principais dificuldades foi dada pela imobilidade de alguns dispositivos que necessitavam de alguma estabilidade mecânica para se manter funcionando em ordem, além de algumas manutenções a serem realizadas em fios, que em alguns casos eram extensos e diversificados. Este problema foi um tanto eliminado, por conta do aprimoramento, facilitando a manutenção posterior da secadora.

O desenvolvimento do sistema computacional de supervisão e controle do secador de produtos agrícolas possibilitou um grande acúmulo de novas informações, além de abrir espaço para atualização de dispositivos que compunham o protótipo do secador com novas tecnologias disponíveis. Isto possibilitou maior simplificação e aprimoramento do sistema de controle criado.

Foi possível apresentar, na tela principal do programa computacional desenvolvido, as leituras de todas as grandezas envolvidas no processo de secagem.

A utilização da rede de dispositivos utilizando o protocolo de comunicação MODBUS mostrou-se eficiente, de fácil implementação e adequada ao controle do funcionamento do secador.

Além disso, pode-se vislumbrar outros aspectos positivos no desenvolvimento do presente projeto: (i) desenvolvimento da linha de pesquisa do proponente; (ii) consolidação do Grupo de Instrumentação, Controle e Automação do IFMG – campus Ouro Preto, cadastrado no Diretório Nacional de Grupos de Pesquisa do CNPq, e do qual o proponente é integrante e (iii) formação em metodologia de pesquisa para os alunos do curso técnico.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

LACERDA FILHO, A.F.; MELO, E.C. **Racionalização de Energia no Processo de Secagem de Café**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Teconologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, 2001, p.527-564.

BORLAND. **Site Borland**. Disponível em: <http://www.borland.com/> .acesso em 9/6/2014.

ELIPSE. **Manual do Elipse E3**. Disponível em: http://downloads.elipse.com.br/port/download/e3/v4.6/b162/e3manual_ptb.pdf . Acesso em: 30/03/2014.

ELIPSE. **Documentação do driver ModBus**. Disponível em: http://www.elipse.com.br/port/download_drivers.aspx acesso em 7/11/2013b.

WEG. **Manual do inversor CFW08**. Disponível em www.weg.net/br. Acesso em 01/05/2014.

MECATRÔNICA ATUAL. **Rede Modbus RTU**. Disponível em: <http://www.mecatronicaatual.com.br/artigos/1149-rede-modbus-rtu>. Acesso em 7/11/2014.