

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

**PROTÓTIPO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UM
EXPERIMENTO DE DESIDRATAÇÃO DE FRUTOS EM
NÍVEL DE BANCADA**

ARMINIO ALEXANDRE ARNS

BLUMENAU
2005

2005/1-06

ARMINIO ALEXANDRE ARNS

**PROTÓTIPO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UM
EXPERIMENTO DE DESIDRATAÇÃO DE FRUTOS EM
NÍVEL DE BANCADA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Universidade Regional de Blumenau para a
obtenção dos créditos na disciplina Trabalho
de Conclusão de Curso II do curso de Ciências
da Computação — Bacharelado.

Prof. Antonio Carlo Tavares - Orientador

**BLUMENAU
2005**

2005/1-06

**PROTÓTIPO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UM
EXPERIMENTO DE DESIDRATAÇÃO DE FRUTOS EM
NÍVEL DE BANCADA**

Por

ARMINIO ALEXANDRE ARNS

Trabalho aprovado para obtenção dos créditos
na disciplina de Trabalho de Conclusão de
Curso II, pela banca examinadora formada
por:

Presidente: _____
Antonio Carlos Tavares - FURB

Membro: _____
Miguel Alexandre Wisinteiner - FURB

Membro: _____
Francisco Adell Péricas – FURB

Blumenau, 01 de julho de 2005

Dedico este trabalho aos amigos que entenderam a minha ausência nas confraternizações; aos meus familiares, pelo carinho, amor e principalmente paciência que tiveram comigo durante todo o último semestre; ao meu orientador que muito me auxiliou e a todos aqueles que me ajudaram diretamente na realização deste.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar meu caminho nas horas mais difíceis e por seu imenso amor e graça.

À minha família, que sempre esteve pronta para me auxiliar e por entender a minha ausência em muitos momentos.

Aos meus amigos, pelos empurrões e cobranças.

A minha namorada pelo apoio, ajuda, compreensão e amor.

Ao meu orientador, Antônio Carlos Tavares, por ter acreditado na conclusão deste trabalho e pelas dicas essenciais.

Ao professor José Alexandre do curso de Engenharia Química, que muito contribuiu para o sucesso deste trabalho.

Ao amigo Evandro, que me auxiliou nos momentos de dificuldade no desenvolvimento do protótipo.

Ao amigo Adílson Vahldick, pelas vezes em que lhe consultei.

Ao colega Renato Gozdziejewski Júnior, que me auxiliou na comunicação com o desidratador.

“Desde que o bom pensamento entra em nosso espírito, ele nos traz uma luz que nos faz ver uma quantidade de outras coisas, cuja existência nem sequer imaginávamos antes”.

Chateaubriand

RESUMO

Este trabalho apresenta um sistema de supervisão para um processo de desidratação de frutos em nível de bancada. O sistema faz aquisição das variáveis temperatura, umidade e peso das amostras através de um controlador conectado a porta serial do microcomputador. O sistema, após a leitura das informações, além de mostrá-las na tela, faz o armazenamento para consultas e comparações posteriores.

Palavras-chave: Desidratação. Supervisório. SCADA. Serial.

ABSTRACT

This work presents a process supervision system of dehydration of fruits in group of benches level. The system makes acquisition of the variables temperature, humidity and weight of the samples through a hardwired controller the serial door of the microcomputer. The system, after read the information, besides showing them in the screen, makes the storage for posterior consultations and comparisons.

Key-Words: Dehydration. Supervisory. SCADA. Serial.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de desidratador industrial.....	15
Figura 2 – Reprodução de um equipamento de desidratação convencional.....	17
Figura 3 – Os três estados da água e a nomenclatura para a troca entre eles	18
Figura 4 – Exemplo típico de uma tela de um sistema supervisório	21
Figura 5 – Desidratador de alimentos.....	31
Figura 6 – Visão esquemática do desidratador de alimentos.....	32
Figura 6 – Diagrama do processo físico	33
Figura 7 – Diagrama de Casos de Uso	35
Quadro 1 – Descrição dos casos de uso.....	35
Figura 8 – Diagrama de classe do protótipo	36
Figura 10 – Janela de descrição e configuração	38
Figura 11 – Janela de acompanhamento e gráfico.....	39
Figura 13 – Célula de carga da massa das amostras.....	41
Figura 14 – Janela de configuração da comunicação com o CLP	42

LISTA DE SIGLAS

CI – Circuito Integrado

CLP – Controlador Lógico Programável

DCS – *Distributed Control Systems*

EEPROM – *Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*

EPROM – *Erasable Programmable Read Only Memory*

I/O – *Input/Output*

PCS – *Process Control Systems*

RAM – *Random Access Memory*

ROM – *Read Only Memory*

RPM – Rotação por Minuto

SCADA – *Supervisory Control and Data Aquisition Systems*

TCP/IP – *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*

UCP – Unidade Central de Processamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO / JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	12
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2 DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS.....	14
2.1.1 TIPOS DE DESIDRATAÇÃO	15
3 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS.....	20
3.1 SISTEMAS SCADA	20
3.1.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	25
3.1.2 Monitoração de processos	27
4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	29
4.1 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO.....	29
4.1.1 A situação atual	29
4.1.2 O sistema proposto	30
4.1.3 Requisitos do sistema de aquisição proposto	30
4.2 ESPECIFICAÇÃO DO HARDWARE	32
4.3 ESPECIFICAÇÃO DO PROTÓTIPO	33
4.3.1 Diagrama de Casos de Uso	34
4.3.2 Diagrama de Classes	35
4.4 IMPLEMENTAÇÃO	37
4.4.1 Técnicas e ferramentas utilizadas.....	38
4.4.2 O protótipo	38
4.4.3 A interface	40
4.4.4 Gráfico on-line	40
4.4.5 Comunicação Supervisório/CLP	42
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5 CONCLUSÕES.....	44
5.1 EXTENSÕES	45
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados a contextualização, justificativa, os objetivos e a organização do Trabalho de Conclusão de Curso proposto.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO / JUSTIFICATIVA

Atualmente existem vários estudos para encontrar um procedimento adequado para melhorar e prolongar a conservação de frutas, sem que estas percam suas características nutricionais. Dentre as técnicas utilizadas, a desidratação é uma das mais comuns, por ter custo relativamente baixo e por ser um processo relativamente simples. A desidratação consiste na retirada da água presente nas frutas por meio da exposição das mesmas à temperatura, deslocamento de ar e umidade controlada.

A técnica de desidratação pode ser utilizada em diferentes escalas, desde artesanalmente, experimentos em laboratórios até em escala industrial, que envolve grandes equipamentos e quantidades de frutas, vegetais, etc.

Na desidratação, a fruta é colocada em bandejas e é submetida a um fluxo de ar aquecido. Este ambiente fará com que a fruta perca umidade ao longo do tempo. A perda de umidade se dá em função da vazão de ar, da temperatura do mesmo e da sua umidade relativa, principalmente.

O desidratador a ser utilizado neste trabalho encontra-se no Laboratório de Processamento de Alimentos do Departamento de Engenharia Química da Universidade Regional de Blumenau (FURB) e consiste de um tubo com aproximadamente 3 metros de comprimento e 20 centímetros de diâmetro por onde se faz passar o ar e se colocam as bandejas com o material a ser desidratado. O ar entra em uma extremidade, à temperatura e

umidade ambiente, impulsionado por uma pequena turbina elétrica. Na outra extremidade, onde o diâmetro do tubo é maior, 6 (seis) aberturas permitem que sejam inseridas bandejas contendo o material a ser desidratado.

Com o intuito de facilitar o gerenciamento das informações adquiridas por meio dos sensores, neste trabalho desenvolveu-se um sistema supervisor para permitir o acompanhamento das variáveis de um processo físico através de módulos de visualização e armazenamento. As variáveis disponíveis são temperatura e umidade do ar de entrada, além do peso do material e da velocidade de deslocamento do ar em um processo de desidratação de frutas em bancada.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O trabalho tem por objetivo desenvolver um sistema supervisor para um processo físico de desidratação de frutas em sistema de bancada.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) permitir a descrição do processo e configuração do intervalo de tempo de aquisição dos dados, pelo usuário;
- b) fazer a aquisição das variáveis do processo;
- c) criar uma base de dados do processo;
- d) gerar gráficos das variáveis do processo.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado conforme descrito abaixo.

No capítulo um é apresentada uma introdução do trabalho desenvolvido, os objetivos e a organização do mesmo.

No capítulo dois, são apresentados fundamentos sobre desidratação de alimentos.

No capítulo três, são apresentados fundamentos sobre sistemas supervisórios.

No capítulo quatro, são descritos a especificação, o desenvolvimento e a implementação do software.

O capítulo cinco relata as conclusões assim como as sugestões de continuidade do trabalho.

No capítulo seis, são apresentadas as referências bibliográficas citadas no trabalho.

2 DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS

A primeira máquina para desidratação de frutas e vegetais foi construída na França em 1795. Entretanto, a desidratação somente passou a ser aplicada de forma significativa na Primeira Guerra Mundial, em razão da necessidade de alimentos em grande escala destinado a suprirem as tropas em combate. Idêntica expansão ocorreu de 1939 a 1944, sendo que na Segunda Guerra Mundial havia sido desenvolvido nos Estados Unidos técnicas para desidratação para mais de 160 tipos de vegetais. Neste meio século após a última grande guerra, tanto a ciência quanto a tecnologia se empenharam no sentido de aprimorar novos sistemas na área de preservação de alimentos, tornando possível a desidratação de uma enorme variedade de produtos para fins comerciais.

Atualmente a demanda por produtos naturais, saudáveis, saborosos e à base de frutas tem crescido muito (TORREGGIANE & BERTOLO, 2002). Particular atenção tem sido dada aos processos que preservam características sensoriais e a estrutura física dos alimentos.

Como os hábitos dos consumidores tornaram-se mais sofisticados, a importância da textura como atributo de qualidade vem aumentando significativamente. O comportamento da textura das frutas deve ser estudado com o intuito de estabelecer-se técnicas eficientes de preservação com o mínimo dano ao produto (MASTRANGELO, 2000).

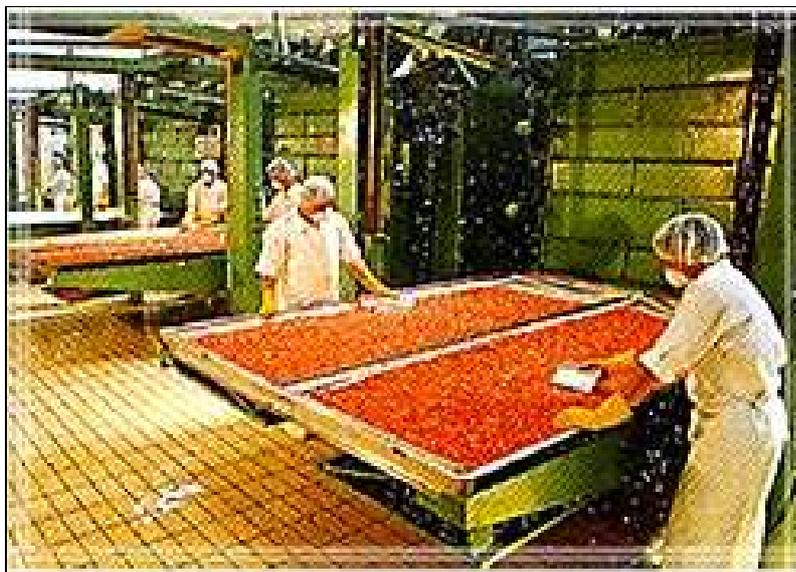
Atualmente existem vários estudos para encontrar um procedimento adequado para melhorar e prolongar a conservação de frutas, sem que estas tenham suas características originais de sabor, coloração e consistência alterados.

Em uma das formas de desidratação, a fruta é colocada em bandejas e é submetida a um fluxo de ar aquecido. Este ambiente fará com que a fruta perca umidade ao longo do tempo. A perda de umidade ocorre em função da vazão de ar, da temperatura do mesmo e da sua umidade relativa, principalmente.

Segundo Rodrigues (2005), se bem feito um produto desidratado não apresenta perdas nutricionais, pois o alimento perde apenas água e a concentração dos seus componentes. Porém a concentração de açúcares favorece a sua conservação.

A desidratação pode ser efetuada em diferentes escalas, podendo-se citar a artesanal, a industrial, envolvendo grandes equipamentos e quantidades de frutas, e experiências em laboratório.

Na figura 1 pode-se visualizar a preparação das frutas para desidratação em escala industrial.



Fonte: Liotécnica (2003?)

Figura 1 – Exemplo de desidratador industrial

2.1.1 TIPOS DE DESIDRATAÇÃO

Existem várias formas de desidratação de alimentos. Dentre os mais utilizados estão a secagem ao sol, *spray-dryer*, *drum-dryer*, desidratação convencional e/ou secadores de bandeja, desidratação a vácuo e liofilização e/ou desidratação a frio. A seguir será feita uma

breve explicação de cada uma destas principais formas de desidratação utilizadas, dando ênfase aos três mais utilizados comercialmente, conforme pode ser visto em Liotécnica (2003?).

A Secagem ao Sol é a forma mais primitiva de desidratação utilizada pelo homem já na antiguidade, sendo dependente das condições ambientais. É ainda utilizada para alimentos como carne de sol, feijão e café.

A desidratação através de *Spray-Dryer* é utilizada para líquidos. Consiste em torres de secagem em que gotículas do produto secam por conta do ar quente. Como exemplos de produtos gerados por este método podemos citar o leite em pó e o café solúvel.

Por sua vez os produtos pastosos são desidratados usando-se o processo denominado *Drum-Dryer*, que é composto por uma esteira transportadora, que alimenta um cilindro de metal aquecido, que seca o alimento por meio do contato.

A Desidratação Convencional consiste na transferência de calor de um meio secante (em geral ar quente) para o alimento através da convecção. O alimento é colocado em bandejas e as mesmas são colocadas dentro do desidratador manual ou automaticamente.

As bandejas com a matéria prima que será seca, que se localizam no lado oposto (base ou topo) de onde é injetado o ar através de uma corrente quente e seca. As bandejas são deslocadas em determinados períodos de tempo na direção da alimentação do ar (ou seja, alimentação contra corrente) até percorrer todo o equipamento, completando assim um ciclo completo. Assim o ar seco remove a água do produto, o qual chega no final do processo com uma umidade máxima de aproximadamente 5%. Na figura 2 é reproduzida esta forma de desidratação.



Fonte: Liotécnica (2003?)

Figura 2 – Reprodução de um equipamento de desidratação convencional

Como vantagem a desidratação convencional possui uma boa relação custo benefício e por isso é indicada sempre que a aplicação final tenha uma etapa de cocção ou cozimento durante o preparo. É indicada para produtos granulados, flocados, fatiados e cortados.

O processo de Desidratação a Vácuo (secadores contínuos a vácuo) é empregado, por exemplo, na desidratação do extrato de malte e também em outros produtos sensíveis a altas temperaturas e ao estresse mecânico, líquidos de alta viscosidade e alto teor de sólidos.

Este processo é totalmente realizado em sistema fechado – desde a preparação da matéria prima até o produto final seco – o que permite a obtenção de produtos com um rigoroso controle microbiológico (LIOTÉCNICA, 2003?).

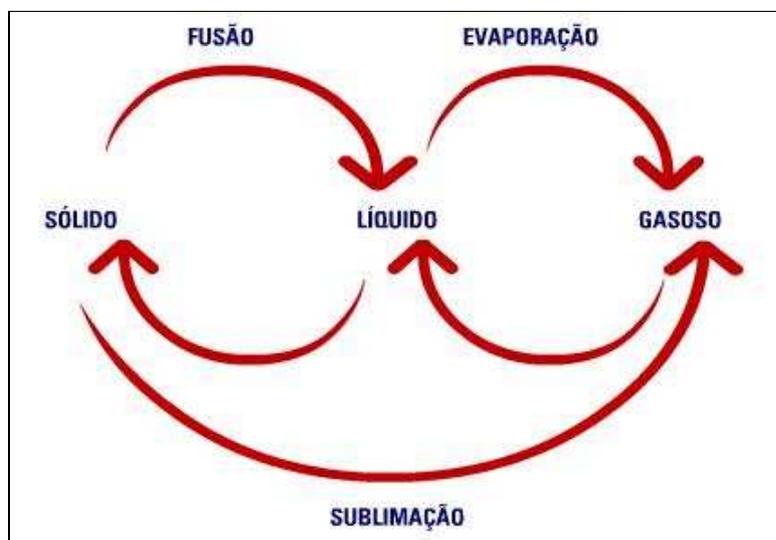
Inicialmente o alimento a ser processado encontra-se na forma de xarope e é distribuído nas esteiras do equipamento de forma contínua. Então o produto é submetido a diferentes condições do processo, onde é gerada a expansão do líquido, que possibilita a obtenção de uma ampla faixa de solubilidade e densidade, devido ao vácuo. Ao final da esteira, o produto seco adquire a aparência de placas quebradiças, que são granuladas, de acordo com as características da matéria-prima.

Algumas vantagens deste processo, em relação aos demais, são a possibilidade de efetuar-se um rígido controle das condições do processo após cada etapa da secagem, levando

a um produto final com maior qualidade. A preservação das características sensoriais devido às baixas temperaturas utilizadas. Ao final do processo obtêm-se produtos de uso instantâneo, de alta solubilidade e por último, a alta produtividade oferecida pelos equipamentos envolvidos neste processo.

A última das seis formas de desidratação mais utilizadas atualmente é a Liofilização. Esta forma se diferencia das demais, pois não se utiliza alta temperatura para a retirada da água dos alimentos.

A água pode ser encontrada em três estados físicos na natureza: sólido, líquido e gasoso. A mudança de um estado físico para outro pode ocorrer conforme pode ser visto na figura 3.



Fonte: Liotécnica (2003?)

Figura 3 – Os três estados da água e a nomenclatura para a troca entre eles

A sublimação é a troca do estado da água de sólido diretamente para gasoso. Esta transformação ocorre a uma determinada temperatura, que varia de acordo com a pressão utilizada.

Quando se trabalha abaixo do ponto triplo da água – que é a coexistência dos três estados a uma temperatura próxima a 0°C e com pressão de 4,7 mm de mercúrio – o processo

de transformação que ocorre é a sublimação. E é nesta transformação que o processo de liofilização é baseado.

Após um processo de preparação (limpeza, corte, cozimento etc) o alimento é congelado a uma temperatura de -40°C (quarenta graus centígrados negativos) e colocados em câmeras de alto vácuo. Com a manutenção da pressão negativa (vácuo) e do aumento progressivo da temperatura atingi-se a temperatura necessária que torna possível a saída da água do alimento por sublimação.

A não exposição da matéria prima a altas temperaturas, permite atingir valores nutricionais no produto final semelhantes ao seu estado *in-natura*. Neste processo a forma original do alimento permanece a mesma, pois a sublimação mantém intacta a sua estrutura. O odor, o sabor e o aroma dos alimentos não são alterados pela liofilização, porque os componentes responsáveis por tais características são termolábeis ou sensíveis ao calor, e não havendo a aplicação deste, são mantidos no processo. Além destas vantagens, a desidratação a frio não permite a desnaturação protéica, assim como a perda de compostos voláteis, migração de sólidos solúveis, para a superfície, dificuldades na rehidratação e a formação de camadas duras.

A supervisão proposta neste trabalho de conclusão de curso é efetuada em um modelo semelhante ao mostrado na Figura 2, onde é representada a desidratação convencional, que é a passagem de ar aquecido e com umidade controlada pelos alimentos.

3 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

Os sistemas supervisórios visam facilitar o acompanhamento de variados processos através da leitura de dados por meio de sensores. Estas informações, após serem processadas, são disponibilizadas aos usuários através de interfaces que representam o processo em questão.

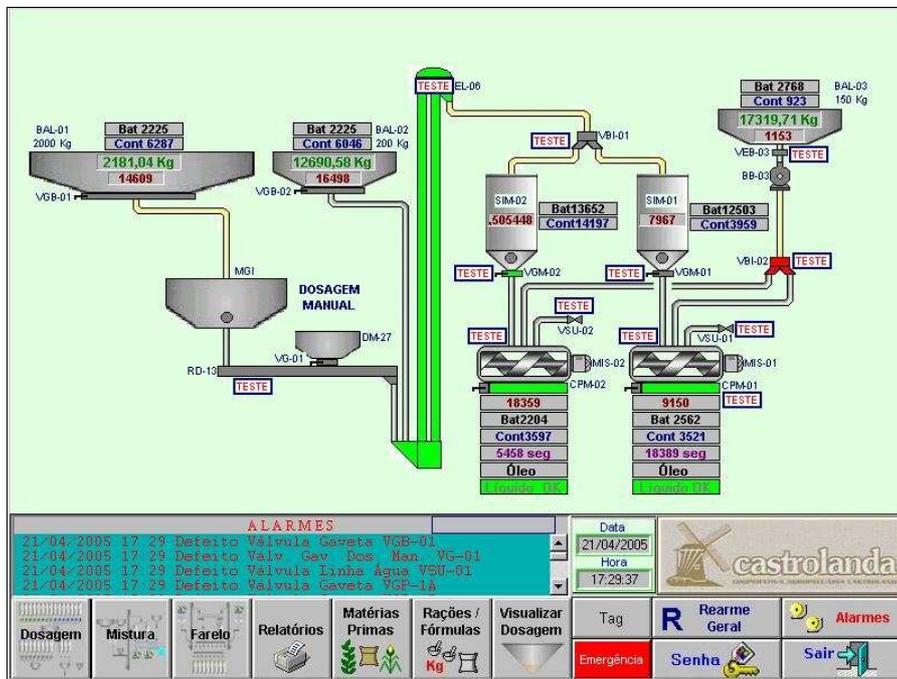
Segundo Araújo (2000, p. 11), os sistemas supervisórios são utilizados visando monitorar e controlar, em tempo real, um sistema já implementado, permitindo ao usuário a visualização ou até mesmo a mudança de parâmetros de controle.

Atualmente existem vários tipos de sistemas sendo utilizados para gerenciar e controlar a produção, sendo os mais difundidos os Sistemas de Controle Supervisório e Aquisição de Dados (SCADA) do inglês *Supervisory Control & Data Acquisition System*, os Sistemas de Controle de Processos, do inglês *Processes Control Systems* (PCS) e os Sistemas de Controle Distribuído, do inglês *Distributed Control Systems* (DCS).

3.1 SISTEMAS SCADA

O monitoramento e rastreamento das informações dos processos produtivos se tornam possíveis através dos sistemas de supervisão ou SCADA. A primeira etapa do processo é adquirir as informações através de equipamentos de coleta de dados, estes são manipulados e analisados, sendo por último apresentados para o usuário. As informações podem ser visualizadas através de interfaces animadas, com indicações em tempo real das variáveis do processo (temperatura, volume, pressão, contagem etc), e armazenadas em bases de dados. A análise dos dados pode ser feita dentro do supervisório através de gráficos de tendências ou tabelas ou fora dele através de aplicativos como Access ou Excel.

Outra função bastante importante deste tipo de sistema, que vale ser citada é a possibilidade de executar determinadas funções através de parâmetros previamente estabelecidos, restringindo a participação humana nos processos apenas para momentos muito específicos. A Figura 4 mostra uma tela típica de um sistema supervisório.



Fonte: ELIPSE (2005)

Figura 4 – Exemplo típico de uma tela de um sistema supervisório

De acordo com Araújo (2000), a estrutura física de um sistema supervisório geralmente apresenta três camadas, como se pode ver a seguir.

Na primeira camada situam-se os equipamentos industriais (leitores de código de barra, sensores, motores etc), os quais estão conectados a um Controlador Lógico Programável (CLP), que é um equipamento micro-processado capaz de gerenciar o acionamento destes componentes, que são ligados em placas de entrada e saída executando um ou mais softwares armazenados em memória. A comunicação entre o controlador lógico programável e o equipamento industrial é feita através de protocolos de comunicação e exige que determinados requisitos sejam cumpridos para o sucesso da mesma. Como exemplos de

protocolos utilizados podemos citar: *ModeBus*, *FieldBus*, entre outros.

Na segunda camada ocorre a comunicação entre o(s) CLP(s) (ou somente os sensores e atuadores, por exemplo, no *FieldBus*) e o microcomputador, no qual o sistema supervisório está sendo executado. Neste ponto os dados são agrupados por equipamento (quando o processo envolve mais de um) pelo CLP, quando não ocorre nenhum erro destes e de seus dados. O CLP possui memória própria para efetuar o armazenamento intermediário de um determinado número de operações executadas pelo equipamento, permitindo que a comunicação com o microcomputador seja restabelecida após uma parada momentânea. A comunicação entre o CLP e o microcomputador normalmente é feita de forma serial ou, nos sistemas mais atuais, através de placas *ethernet*. Nesta camada existe uma relação direta do tipo de CLP com o sistema supervisório, para haver uma comunicação perfeita entre estes, há uma dependência do tipo de *driver* mais adequado para o CLP utilizado. A correta interpretação dos dados recebidos pelo CLP e transmitidos ao supervisório dependerá da adequada configuração de ambos. Dentre as configurações necessárias, estão o endereçamento de posição de memória, tamanho dos bytes, modos de leitura e escrita e a comunicação com outras aplicações.

O microcomputador com o sistema supervisório, os demais sistemas da empresa (administrativos, de fornecedores, de parceiros etc) e o acesso externo à organização compõem a terceira camada. Nesta camada, é possível a interconexão do sistema supervisório com outros sistemas, através do uso do protocolo TCP/IP e de redes *ethernet*. Vista a possibilidade de expansão dos processos da empresa, o supervisório deve estar preparado para se comunicar com outros sistemas supervisórios, local ou remotamente, permitindo a visualização ou atuação do usuário sobre a linha de produção mesmo que este não esteja presente fisicamente na mesma.

A partir da estrutura física, é possível definir os pontos de conexão entre o sistema supervisório e os dispositivos. Estes pontos são denominados *Tags*, que são as variáveis definidas na aplicação supervisória, possuindo ligações com os pontos de entrada e saída do CLP que está monitorando o processo controlado.

As *Tags* são as variáveis numéricas e alfanuméricas envolvidas no aplicativo, elas representam pontos de entrada e saída de dados do processo controlado ou executam funções computacionais (operações lógicas, com vetores ou strings). No primeiro caso, elas correspondem as variáveis do processo real (peso, vazão, temperatura, nível etc), sendo a ligação entre o controlador e o sistema. De acordo com o CLP e o sistema que estiver sendo utilizado, os tipos das variáveis podem modificar-se. Com base nos valores das *Tags* é que os dados serão mostrados para os usuários. As *Tags* mais frequentes são aquelas que permitem realizar operações aritméticas, manipular textos, além da comunicação entre o CLP e o sistema.

Um sistema supervisório deve sempre ter como um de seus objetivos mostrar os dados coletados pelo CLP para o usuário de forma simples e objetiva. Para isto, normalmente são utilizados gráficos, botões e ícones coloridos. De acordo com a variação do valor das *Tags* a apresentação dos gráficos é alterada. Como estas variações em alguns casos são frequentes, elas permitem que se faça uso de animações para representá-las. Por outro lado, os elementos gráficos associados a uma *Tag* podem ser utilizados como ponto de entrada de dados que serão enviados para o CLP, com o intuito de alterar a sua configuração (ARAÚJO, 2000).

A associação das *Tags* com portas de entrada e saída do CLP não é suficiente para suportar a complexidade existente nos sistemas supervisórios. Desta forma existe a necessidade de programar ações para as situações que poderão ocorrer no processo, que serão realizadas pelo sistema supervisório, por intermédio da execução de uma linguagem de programação, armazenada no próprio programa, conhecida como *Scripts*. Esta linguagem

normalmente não é de domínio público, mas segue determinados comandos de uma linguagem conhecida, como o *Basic* e o *C*.

Através dos *Scripts*, os sistemas supervisórios possuem uma maior flexibilidade, pois possibilitam maior proximidade com operações de baixo nível, acesso a dispositivos e ao sistema operacional. Normalmente estão associados às variações das *Tags*, sendo executados diante da variação de seu valor ou se ultrapassarem um limite estabelecido previamente, que necessita de alarme.

Os limites pré-estabelecidos normalmente possuem dois valores para o limite superior e dois valores para o limite inferior, sendo estes denominados por altíssimo, alto, baixo e baixíssimo (*High-High*, *High*, *Low* e *Low-Low*). Os alarmes fazem parte de algumas ações automáticas que podem ser programadas, como por exemplo se o valor *High-High* de um forno cerâmico é atingido, o sistema supervisório pode acionar um sistema de resfriamento.

As variações dos valores das *Tags*, que inicialmente são apenas mostrados, podem também ser arquivados em disco, formando um histórico do que ocorreu no sistema. A existência deste histórico é importante, pois permitirá uma análise periódica dos dados, com o intuito de localizar eventuais erros ou melhorias que podem ser feitas. A manipulação destas informações armazenadas permite ao usuário emitir relatórios, efetuar consultas em períodos pré-definidos e efetuar comparações destes valores com valores atuais em gráficos, por exemplo.

A criação de históricos do sistema está muito próxima a conexão com banco de dados. Conectando o sistema supervisório em um banco de dados este permitirá a recuperação de informações do sistema de forma mais segura e rápida.

3.1.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Este equipamento foi batizado nos Estados Unidos como *Programmable Logic Controller* (PLC), em português Controlador Lógico Programável (CLP) e este termo é registrado pela Allen Bradley, fabricante de CLP's.

Durante a década de 50, os dispositivos eletromecânicos foram os recursos mais utilizados para efetuar controles lógicos de intertravamentos nas linhas de produção e em máquinas isoladas. Tais dispositivos, baseados principalmente em relés, tinham especial importância na indústria automobilística em que a complexidade dos processos produtivos envolvidos exigia, não raro, instalações em painéis e cabines de controle com centenas de relés e, conseqüentemente, um número maior de interconexões deles (WEBB, 1995).

Tais sistemas de controle apresentavam problemas de ordem prática bastante relevantes, dentre os quais pode-se citar: Em caso de alguma falha, era necessário que o sistema ficasse várias horas ou dias para pesquisa ou correção do elemento com problema. Espaço físico necessário excessivamente grande. Caso fosse necessário efetuar alguma alteração na programação lógica, por serem baseadas em interconexões elétricas, estas exigiam interrupções no processo produtivo a fim de reconectar os elementos.

De acordo com Webb (1995), com o advento da tecnologia dos circuitos de estado sólido, desenvolvida a princípio em substituição das válvulas a vácuo, alguns dispositivos transistorizados foram utilizados no início da década de 60, reduzindo bastante os problemas que existiam nos relés. Porém com o surgimento em larga escala dos componentes eletrônicos, novas fronteiras se abriram para a automação industrial.

Desta forma, a primeira experiência de um controle de lógica que permitisse a programação de recursos de software realizou-se em 1968, na divisão de hidramáticos da General Motors Corporation. Juntamente com o uso de dispositivos periféricos, capazes de

realizar operações de entrada e saída, onde um minicomputador com sua capacidade de ser programado, obteve-se vantagens técnicas que supriram o custo que tal implementação representou na época. Neste período deu-se início a era dos controladores de lógica programável, o CLP (SILVEIRA, 1999).

Essa primeira geração de CLP, como poderia ser denominada, recebeu sensíveis melhorias com o advento dos microprocessadores ocorrido nos anos 70. Assim, o uso de computadores de grande porte começou a ser dispensado, tornando-o uma unidade isolada. Foram adicionados ainda recursos importantes tais como interface de operações facilitadas ao usuário, poderosas instruções de aritmética e de manipulação de dados, recursos de comunicação por meio de redes de CLP, possibilidades de configuração específica a cada finalidade por meio de módulos intercambiáveis, dentre outros existentes nos modelos comerciais disponíveis atualmente. Esta geração utilizou componentes discretos como transistores e circuitos integrados (CI) com baixa escala de integração.

No Brasil, somente na década de 80 que o CLP veio a difundir-se na indústria, tendo como um dos principais motivos, a absorção das tecnologias utilizadas pelas matrizes multinacionais.

Atualmente devido à grande quantidade de equipamentos e sistemas para controle industrial disponíveis no mercado, aliada a grande quantidade de recursos que os CLP's vem agregando ao longo do tempo, existe a possibilidade de confundí-lo com outros equipamentos. Para que não ocorra tal engano, deve-se observar duas características básicas, que servem de referência para identificar um equipamento de controle industrial como sendo um controlador lógico programável (JESUS, 2002):

- a) enquanto em funcionamento, o equipamento deve executar uma rotina cíclica;
- b) a forma básica de programação deve realizar-se a partir de uma linguagem oriunda dos diagramas elétricos de relés.

Segundo Salazar (2001), o CLP possui basicamente quatro partes funcionais que são: memória, unidade central de processamento (UCP), módulos de entrada / saída e unidade de programação.

A Unidade Central de Processamento (UCP) é a parte mais importante do CLP, sendo responsável pelo controle e supervisão de todas as operações dentro do controlador, executando as instruções armazenadas na memória que foram programadas previamente.

Para armazenar programas, o CLP utiliza semicondutores e dispositivos de memória, como a memória de leitura/escrita RAM, a memória ROM e as programáveis EPROM ou EEPROM.

Por último, os módulos de entrada e saída (E/S) fazem o elo físico entre a UCP do CLP e o processo externo em que ele está envolvido.

3.1.2 Monitoração de processos

Através do desenvolvimento de diferentes técnicas existe a necessidade de acompanhar as mudanças que ocorrerem em determinados processos. Em virtude desta necessidade a capacidade de observação e acompanhamento evoluiu muito no decorrer dos anos.

Do ponto de vista da análise de amostras (*off-line*), muitas metodologias estão disponíveis.

Tornar possível o acompanhamento de determinados processos de forma *on-line* traz uma série de vantagens. O simples fato de necessitar mudar uma amostra de um determinado ambiente para outro, mesmo que temporariamente, muitas vezes pode prejudicar todo o processo. No caso da desidratação pode-se citar a retirada de uma bandeja do desidratador para pesagem das amostras pode atrapalhar o processo no sentido que o alimento daquela bandeja terá um pequeno resfriamento.

Segundo PETTS (1999), monitoramento é em essência a coleta de dados com o intuito de obter informações sobre uma característica e/ou comportamento de uma variável ambiental. Para tal o monitoramento normalmente é efetuado através de um programa de repetitivas observações, medidas e registros de variáveis e parâmetros operacionais em um período de tempo e com uma justificativa definida.

4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O sistema supervisorio desenvolvido neste projeto foi realizado com o intuito de suprir a necessidade de acompanhamento das alterações ocorridas no processo de desidratação de frutas, realizado no protótipo de um desidratador no Laborat3rio de Processamento de Alimentos do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da Universidade Regional de Blumenau (FURB).

Este capítulo aborda o projeto do protótipo de sistema supervisorio e sua conseqüente implementação.

4.1 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os requisitos do sistema foram obtidos a partir da análise da situação atual e da situação desejável de monitoração.

4.1.1 A situação atual

Atualmente, para efetuar a desidratação e o acompanhamento necessário, os pesquisadores efetuam a escolha do alimento a ser desidratado e separam determinada quantidade (amostras) para serem colocadas no desidratador. Após a colocação das amostras no desidratador, durante o processo, faz-se necessário um acompanhamento das transformações ocorridas com as amostras. Para isto, são coletadas algumas informações que serão armazenadas para estudos e comparações futuras. As informações são coletadas de forma manual durante o processo de desidratação, em períodos pré-determinados, anotando-se a temperatura, umidade e peso das amostras naquele momento, sendo necessário desligar o

desidratador a cada vez.

4.1.2 O sistema proposto

A aquisição de dados deve ser feita de forma automática, evitando a interrupção do processo, através do desligamento do desidratador para a verificação das características das amostras. Para tal as informações de temperatura, umidade e peso, são amostradas em intervalos regulares, conforme configuração efetuada pelo usuário, sendo os valores adquiridos pelo sistema, armazenado e posteriormente disponibilizados para visualização.

4.1.3 Requisitos do sistema de aquisição proposto

Deve-se fazer a comunicação serial entre o microcomputador (protótipo) e o CLP do desidratador para aquisição das variáveis.

Os valores dos pesos das amostras, coletados através da leitura serial, devem ser apresentados ao usuário na forma de um gráfico, em relação ao tempo decorrido da desidratação. Além destes, os valores referentes à umidade e temperatura devem ser apresentados ao usuário, conforme forem coletados no CLP.

O valor da velocidade do ar, após ser calculado, de acordo com a velocidade da turbina (em rpm) informado pelo usuário, e também os tempos de amostragem configurados para a primeira hora e após a primeira hora, devem ser apresentados durante o acompanhamento.

A montagem e automação do desidratador foram efetuadas pela empresa Samrello em conjunto com o professor José Alexandre, que idealizou este equipamento como forma de incrementar a área de pesquisa de processamento de alimentos. O ex-acadêmico do curso de engenharia química Renato Gozdziewski Júnior, foi responsável pela colocação da célula de

carga, que efetua a medição do peso das amostras no desidratador. A Figura 5 mostra uma visão frontal do desidratador.



Figura 5 – Desidratador de alimentos

O aplicativo do supervisor fica instalado em um microcomputador PC destinado para este fim, localizado próximo ao desidratador, conforme pode ser visto na Figura 5. Este computador deve estar em tempo integral conectado ao CLP do desidratador, para que sempre que um processo de desidratação for iniciado, o usuário possa acompanhar as mudanças que ocorrem com as amostras que estiverem sendo estudadas, através do supervisor.

Quando o desidratador não estiver sendo utilizado, será possível efetuar consultas as informações de desidratações realizadas anteriormente, que estarão armazenadas no banco de dados.

Na figura 6 mostra-se uma visão esquemática do desidratador de alimentos.

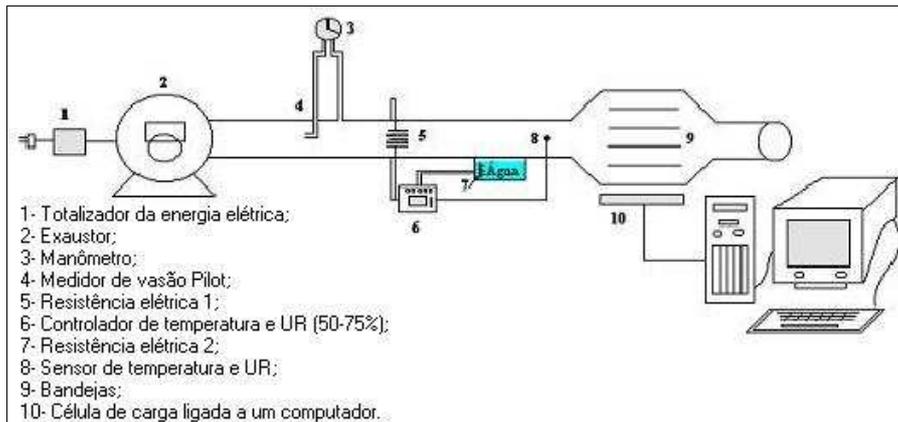


Figura 6 – Visão esquemática do desidratador de alimentos

4.2 ESPECIFICAÇÃO DO HARDWARE

A especificação do hardware foi realizada no projeto do desidratador sendo efetuada pela empresa Samrello em conjunto com professor José Alexandre e pelo ex-acadêmico Renato Gozdziejewski Júnior.

Na Figura 7, é apresentado o diagrama do processo físico, onde é demonstrado o fluxo das informações para o *software*. Primeiramente, o CLP faz a leitura das informações do desidratador e disponibiliza os dados em sua saída serial. No microcomputador, o *software* efetua a leitura dos dados no CLP, apresenta-os na interface e por último grava-os no banco de dados.

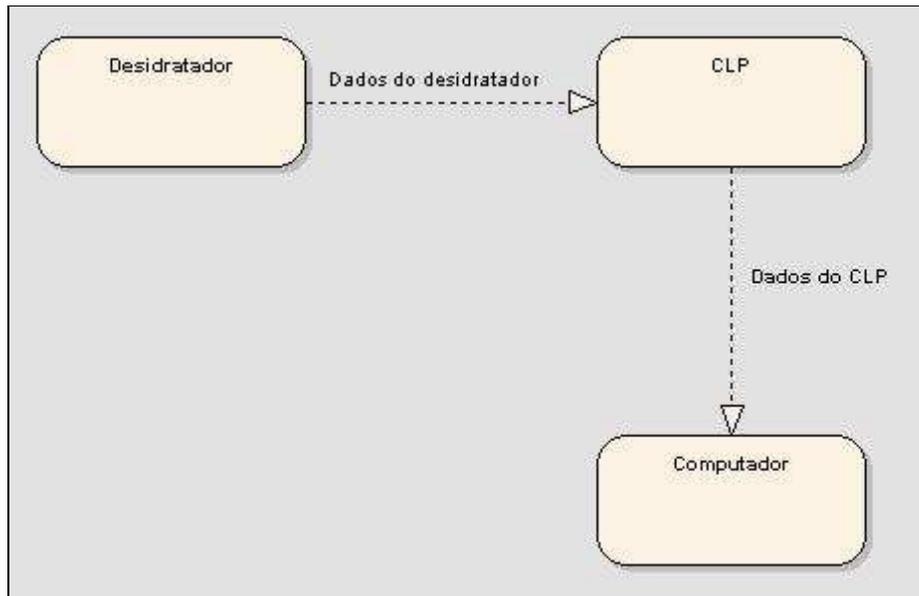


Figura 7 – Diagrama do processo físico

4.3 ESPECIFICAÇÃO DO PROTÓTIPO

Inicialmente o usuário faz uma descrição da desidratação que será realizada, informa a velocidade da turbina em rotações por minuto (RPM) e configura o intervalo de amostragem para os primeiros 60 minutos iniciais e o intervalo de amostragem após a primeira hora. Foi necessário dividir em duas partes o tempo de amostragem porque de acordo com as experiências já realizadas pelos pesquisadores do laboratório de engenharia de alimentos, a perda de umidade e conseqüentemente de massa das amostras, ocorrem mais rapidamente na primeira hora, necessitando de acompanhamento em um intervalo de tempo mais curto. Após este período, como a variação de massa das amostras ocorre mais lentamente, o intervalo de tempo da amostragem pode ser maior, pois senão ter-se-ia o armazenamento de informações repetidas.

O protótipo deve apresentar os valores das medições realizadas dentro do período de

tempo informado pelo usuário nas respectivas variáveis, assim como mostrar no gráfico a variação da massa das amostras de acordo com tempo decorrido. Este gráfico deve ser desenhado de forma constante, após cada medição.

Como o gráfico será desenhado de forma constante, com o intuito de facilitar o desenvolvimento, definiu-se três atividades a serem realizadas após o recebimento das informações através da porta serial. Estas três tarefas são:

- a) interpretar os dados recebidos do CLP e gravar na respectiva tabela;
- b) apresentar os valores lidos nas respectivas variáveis;
- c) desenhar a curva da variação do peso das amostras no tempo.

Além de interpretar, apresentar e montar o gráfico da variação do peso pelo tempo o protótipo armazenará estas informações e ainda o que foi descrito e configurado pelo usuário antes do início do acompanhamento da desidratação, para consultas futuras.

Depois de feita a análise, que é parte do desenvolvimento do protótipo, tendo em vista um modelo de domínio do problema, utilizando-se orientação a objetos e a UML, o presente trabalho foi especificado através da ferramenta *Enterprise Architect* e foi demonstrado através de diagrama de caso de uso e diagrama de classes.

4.3.1 Diagrama de Casos de Uso

De acordo com Furlan (1998), o diagrama de caso de uso é usado para demonstrar o comportamento de uma classe sem revelar a sua estrutura interna. A Figura 8 demonstra o diagrama de caso de uso do protótipo.

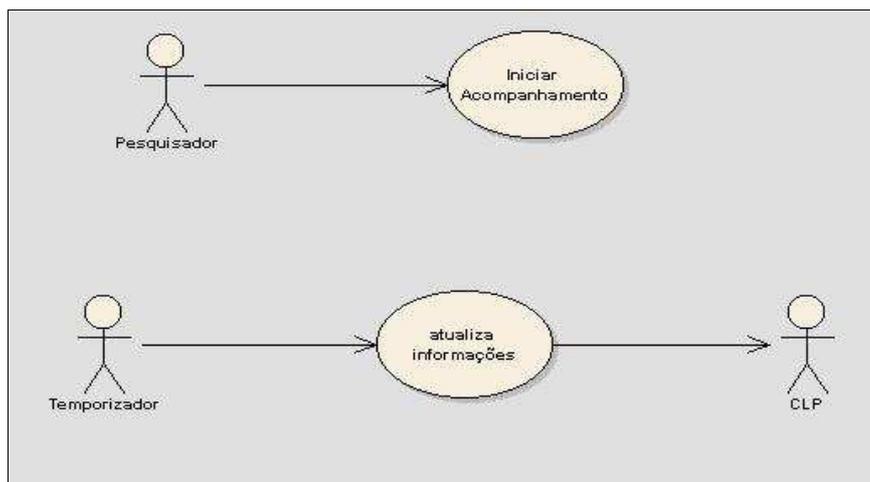


Figura 8 – Diagrama de Casos de Uso

O Quadro 1 descreve os casos de uso do protótipo, indicando o nome do caso de uso, o respectivo ator e a descrição de cada um deles.

Caso de uso	Ator	Descrição
Iniciar acompanhamento	Pesquisador	O pesquisador descreve a desidratação; configura o tempo de amostragem para a 1ª hora e após a 1ª hora e ainda irá informar a velocidade da turbina para calcular a velocidade da vazão do ar.
Atualiza informações	Temporizador	De acordo com os dois tempos de amostragem configurados pelo pesquisador, o protótipo fará a atualização das informações para a montagem do gráfico, apresentação dos valores numéricos, na interface e armazenamento, requisitando-as ao CLP.

Quadro 1 – Descrição dos casos de uso

4.3.2 Diagrama de Classes

Segundo Furlan (1998), o diagrama de classes é usado para mostrar a estrutura lógica, apresentando elementos tais como: classes, tipos, atributos e métodos. A Figura 9 mostra o

diagrama de classes do protótipo.

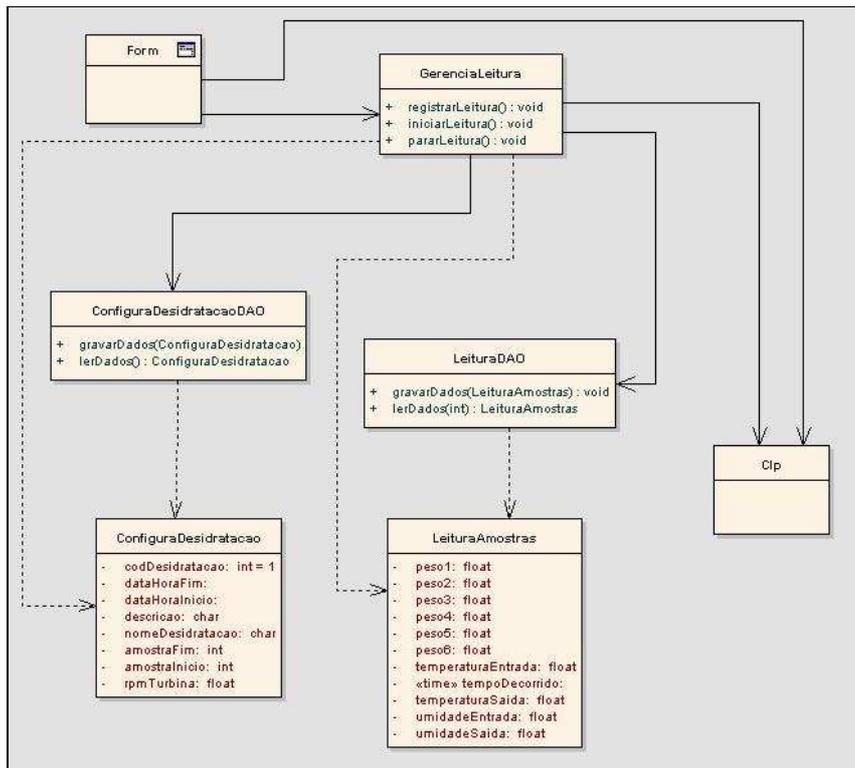


Figura 9 – Diagrama de classe do protótipo

Na Figura 10, abaixo é demonstrado um nível maior de detalhamento do software proposto através do diagrama de atividades da UML.

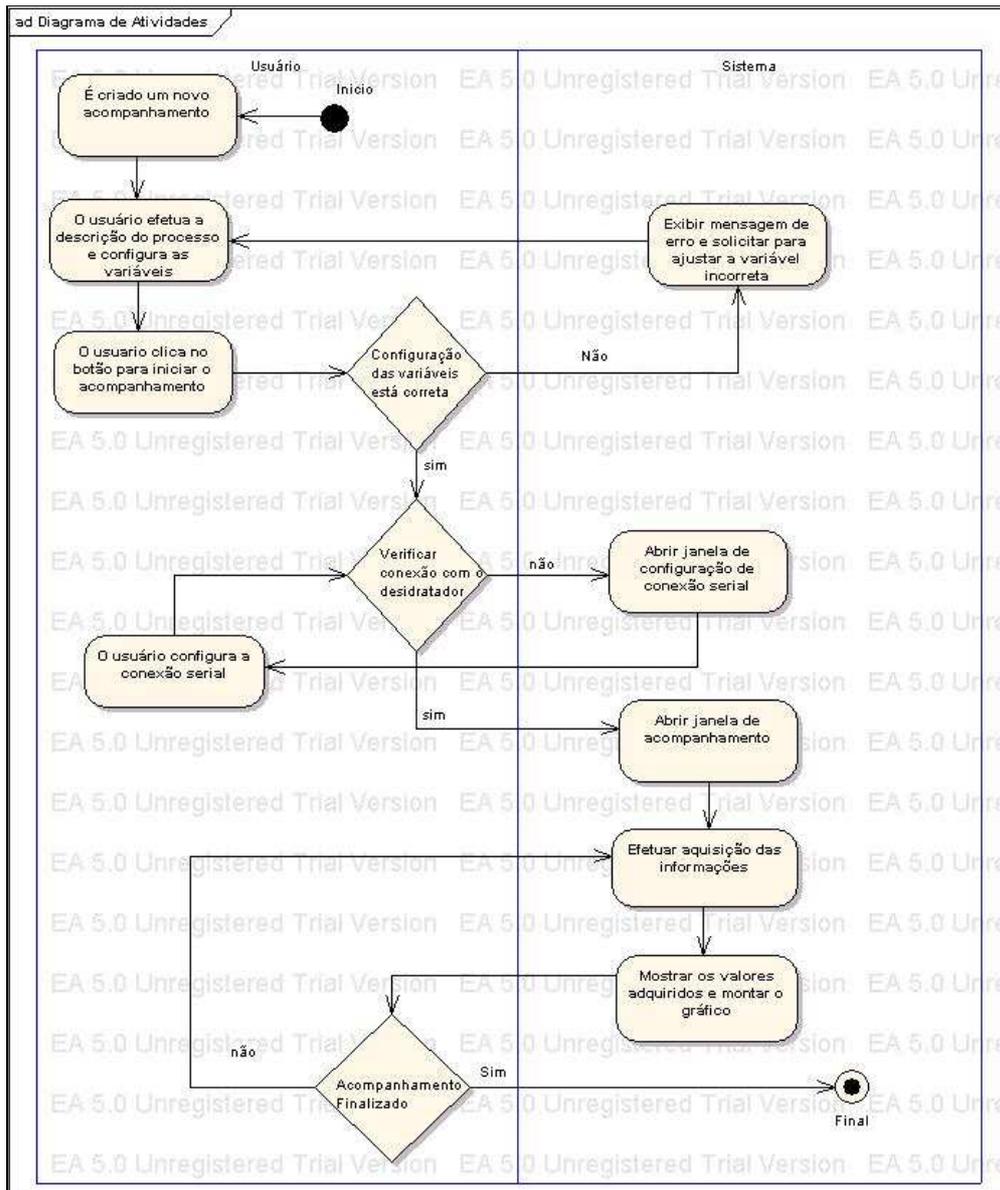


Figura 10 – Descrição detalhada do processo

4.4 IMPLEMENTAÇÃO

Nos itens seguintes são abordadas as técnicas e ferramentas utilizadas para a elaboração e desenvolvimentos deste trabalho.

4.4.1 Técnicas e ferramentas utilizadas

Para a implementação do protótipo foi utilizada a ferramenta *Delphi 7*, fazendo uso de algumas API's do *Windows*, necessárias para comunicação com as portas seriais.

4.4.2 O protótipo

O software possui duas janelas principais e uma terceira para configuração da comunicação serial com o desidratador. Após o usuário informar ao protótipo que deseja iniciar um novo acompanhamento, na primeira janela, o usuário fará a configuração e descrição da desidratação que será realizada, conforme pode ser visto na figura 11.

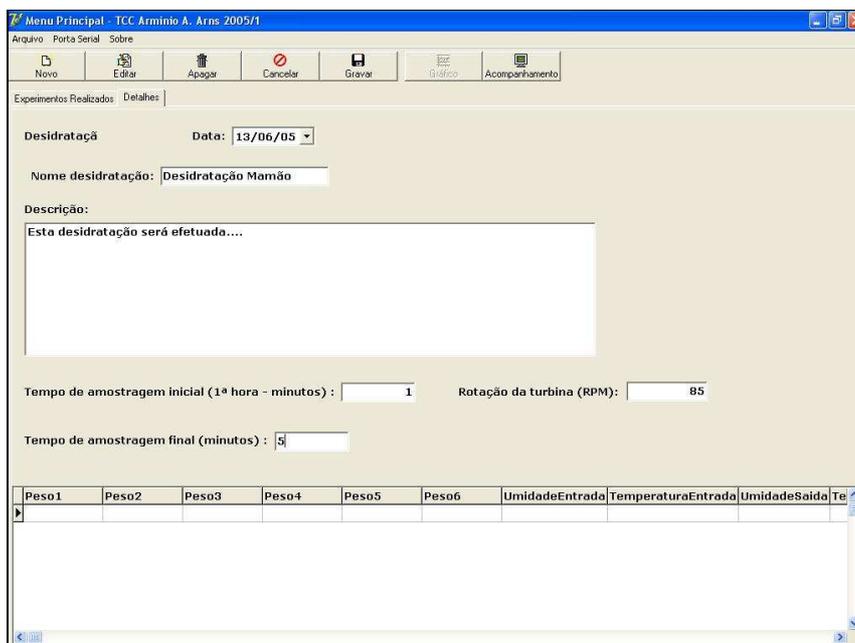


Figura 11 – Janela de descrição e configuração

Na segunda janela serão apresentadas as informações referentes ao acompanhamento e ainda a curva gráfica da variação de peso das amostras. A figura 12 mostra a janela de acompanhamento onde serão mostrados o gráfico em tempo real e o restante das variáveis

envolvidas no processo.

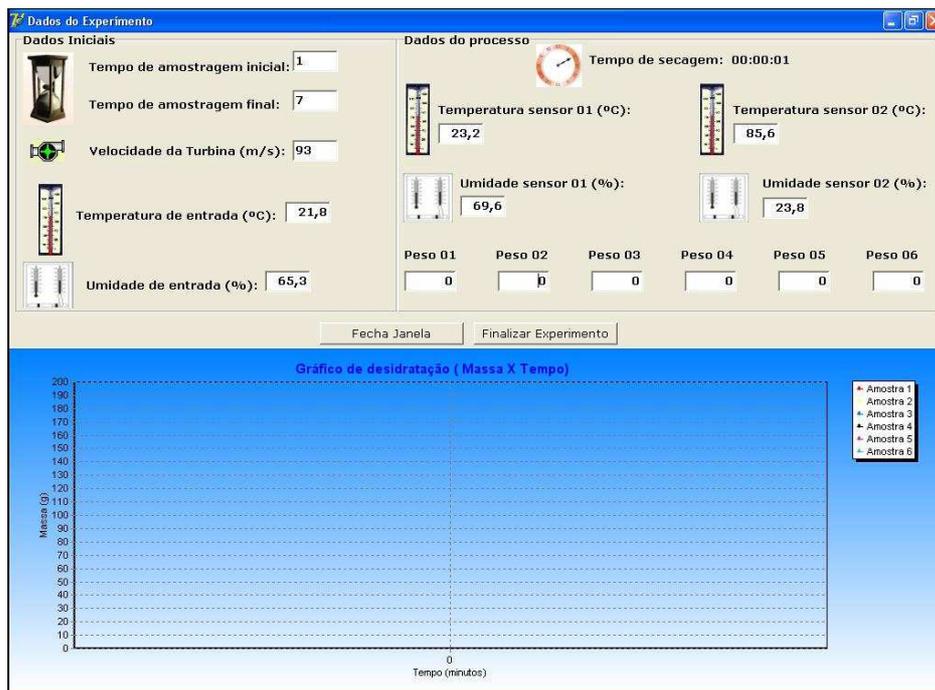


Figura 12 – Janela de acompanhamento e gráfico

Desejando terminar o acompanhamento o usuário informa ao sistema clicando no respectivo botão, fazendo com que não sejam mais efetuadas leituras na porta serial. As informações coletadas durante a desidratação assim como as configurações do acompanhamento ficam armazenadas no banco de dados para consultas futuras.

Caso desejar consultar informações de acompanhamentos já realizados, basta o usuário selecionar um dos acompanhamentos na respectiva grade. Após a seleção as informações do acompanhamento serão mostradas, além disto o botão de visualização do gráfico da variação da massa pelo tempo será habilitado.

Na primeira vez que o usuário entrar no protótipo e indicar que deseja efetuar um acompanhamento, a comunicação serial será verificada, através do envio de um bit de checagem. Caso não obtenha a resposta do CLP, a janela de configuração da comunicação serial será aberta, para que esta seja efetuada. Após a configuração, o protótipo armazena a

configuração para que esta seja utilizada nos próximos acompanhamentos.

4.4.3 A interface

Optou-se por desenvolver neste protótipo uma interface simples e de fácil entendimento, onde as principais informações são facilmente encontradas pelo usuário.

Atingindo-se este objetivo, qualquer pessoa que não tenha tido nenhum contato anterior com o protótipo consegue utilizá-lo.

4.4.4 Gráfico on-line

Os valores medidos das massas das amostras são medidos através das células de carga e disponibilizados pelo CLP na porta serial.

O protótipo registra todos os valores medidos para que seja possível o usuário fazer o acompanhamento. Com estas informações, são gerados gráficos *online*, que ocorrem no momento, e gráficos históricos, para consulta de desidratações anteriores.

Excluído:

A figura 13 mostra uma das janelas do protótipo onde são apresentadas as variações das massas das amostras de forma gráfica, onde cada ponto representa a massa da amostra em relação ao momento em que foi efetuada a leitura. Para facilitar o entendimento do gráfico, para cada amostra foi utilizada uma cor diferente.

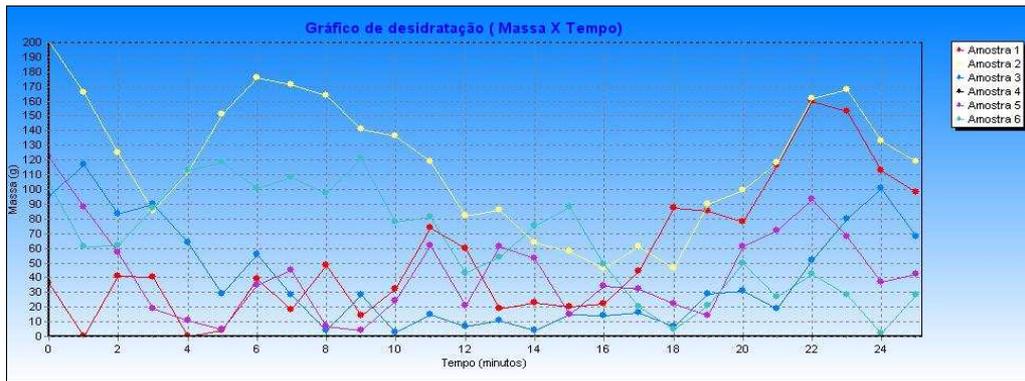


Figura 13 – Gráfico da variação da massa pelo tempo

A obtenção da massa das amostras pelo CLP é feita através de células de carga com capacidade de suportar objetos de até 3 (três) quilogramas, desenvolvidos pela empresa HBM, modelo PW6KRC3, conforme figura 14.

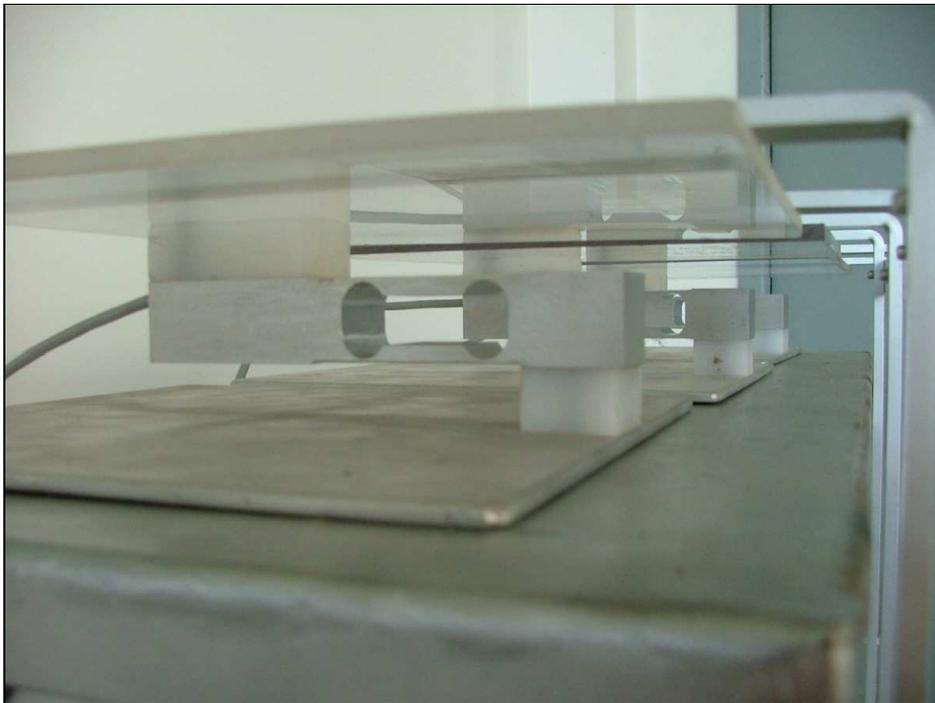


Figura 14 – Célula de carga da massa das amostras

4.4.5 Comunicação Supervisório/CLP

Foi utilizado neste trabalho para fazer a comunicação entre o protótipo e o CLP um componente do Delphi específico para o CP 1000-AD8. O nome do componente leva o nome da empresa, Soffillution, que segue a padronização de comunicação serial RS232 e o do protocolo *ModBus*.

Abaixo estão descritas algumas características do CLP utilizado neste trabalho:

- a) 8 entradas analógicas de 12 bits;
- b) comunicação TIA/EIA-422 protocolo *ModBus*;
- c) *real time clock*;
- d) 64K de memória EEPROM (não volátil);
- e) alimentação 24V DC;
- f) entrada para sinal de *clock* para controle de potência;
- g) *slots* de expansão: saída digital-analógica de 10 bits, 2 entradas digitais, 2 saídas digitais.

Como trabalho para o programador fica a definição de todas as tabelas e *links* entre as variáveis do CLP e as variáveis (*tags*) do protótipo, assim como a associação destas variáveis com as animações nas janelas do protótipo e amostragem dos valores. Ainda são definidos outros parâmetros como velocidade de transmissão de dados (normalmente configurada em 115200 bps) e porta serial a ser utilizada, conforme figura 15.



Figura 15 – Janela de configuração da comunicação com o CLP

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes realizados consistiram em reproduzir a aquisição dos dados através da porta serial, para armazenar no banco de dados e demonstrar ao usuário através das variáveis numéricas e do gráfico.

Apesar de terem sido programados testes reais, não foi possível realizá-los em virtude de o desidratador não estar disponível em tempo integral e visto que ainda dependia de algumas adaptações para que a aquisição dos dados fosse efetuada através do protótipo. Desta forma os testes foram realizados apenas com o simulador disponível no componente utilizado.

O simulador gera dados aleatórios, de acordo com a configuração efetuada. Para tornar a simulação mais próxima da realidade, todas as configurações para a obtenção dos dados seguiram as mesmas que são necessárias para a obtenção através da porta serial.

Para que o protótipo inicie a leitura dos dados do CLP, é necessário apenas modificar uma propriedade no componente responsável por esta comunicação, desabilitando a simulação. Desta forma, pode-se afirmar que o sistema está preparado para efetuar a aquisição dos dados e armazená-los, conforme os objetivos deste trabalho de conclusão de curso.

5 CONCLUSÕES

A motivação para este trabalho foi a necessidade de automatizar um processo de acompanhamento das variáveis envolvidas no processo de desidratação de alimentos, que antes eram coletadas pelos pesquisadores e transferidas manualmente para formulários específicos.

Com o desenvolvimento deste trabalho, atingiram-se os objetivos propostos, tendo como resultado final a implementação de um software para aquisição dos valores das variáveis através do CLP que está instalado no desidratador. O software armazena as informações coletadas e permite que estas sejam exportadas para o Excel, possibilitando aos pesquisadores utilizar os dados em outros trabalhos.

Durante as etapas de pesquisa e desenvolvimento do trabalho, através da grande quantidade de processos com necessidade de um acompanhamento mais detalhado, detectou-se que a automação é uma área em pleno crescimento. Os CLP's já são utilizados há alguns anos com o intuito de automatizar as mais diversas tarefas, porém o que se pode perceber é que existe uma grande área a ser explorada, que é a de Sistemas Supervisórios.

Existem algumas empresas que fornecem softwares prontos no mercado, possibilitando a supervisão de CLP's, porém na maioria das vezes deixam a desejar, pois não atendem a todas as necessidades de uma empresa, por exemplo, pois são genéricos.

Ter conhecimento a respeito da comunicação com equipamentos externos, como o efetuado neste trabalho, é algo visto como um desafio para muitas pessoas. Constatou-se que com uma boa pesquisa é possível entender como funciona este tipo de comunicação.

A implementação do protótipo utilizando a ferramenta Delphi 7, utilizou um componente para que fosse possível a comunicação através da porta serial.

Conforme afirmado pelos pesquisadores as grandes vantagens na utilização deste

protótipo de supervisão são a facilidade de uso, bem como a não necessidade de supervisionar a desidratação manualmente, otimizando a coleta de dados e permitindo-os realizar outras atividades durante o período em que o produto é desidratado.

5.1 EXTENSÕES

Procurando dar continuidade ao desenvolvimento de um sistema completo de supervisão, sugere-se:

- a) acrescentando-se um ou mais CLP's no desidratador, possibilitar a visualização dos estados da turbina (ligado ou desligado) e do componente do desidratador responsável pela manutenção da umidade do ar, conforme regulada pelo pesquisador;
- b) implementar novas funções com o intuito de possibilitar ao pesquisador através do sistema supervisorio atuar no desidratador, regulando a temperatura e umidade desejadas, a velocidade da turbina (velocidade do ar) através do software;
- c) desenvolvimento de outras interfaces específicas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Jair Jonko. **Interface de comunicação entre ambiente de modelagem e sistema supervisorio**. 2000. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Informática) – Instituto de Física e Matemática, Curso de Bacharelado em Informática, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CANTÚ, Marco. **Dominando o Delphi 5: a bíblia**. São Paulo: Makron Books, 2000. 860 p.

BARRASS, Robert. **Os cientistas precisam escrever: guia de redação para cientistas, engenheiros e estudantes**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

ELIPSE Software Ltda.. **ELIPSE SCADA 32 bits versão 2.26 (Win98 ou superior)**. Versão de demonstração. 2005. Disponível em: <<http://www.elipse.com.br/>>. Acesso em: 30 mar. 2005.

ELIPSE Software Ltda. **Sistema de supervisão e controle: manual do usuário**. 2005. Disponível em: <<http://www.elipse.com.br/>>. Acesso em: 30 mar. 2005.

FURLAN, José Davi. **Modelagem de objetos através da UML – The Unified Language Modeling**. São Paulo: Makron Books, 1998. 329 p.

JESUS, Carlos Eduardo. **Amperes automation**. Cubatão, [2002]. Disponível em <<http://www.amperesautomation.hpg.ig.com.br/index0.html>>. Acesso: 27 abr. 2005.

LIOTÉCNICA, Tecnologia em Alimentos. **Tecnologia**. São Paulo, [2003?]. Disponível em: <<http://www.liotecnica.com.br/sitenovo/pt/secoes/aempresa/tecnologia.asp>>. Acesso em: 28 abr. 2005.

MASTRANGELO, M. M. et al. Texture and structure of glucose-infused melon. **Journal Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, p. 769-776, 2000.

PETTS, J. ed. **Handbook of environmental impact assessment**. Oxford: Blackwell Science, 1999. v. 1. (Environmental impact assessment: process, methods and potential).

RODRIGUES, Maria Geralda Vilela. **Bom gosto e sabor apurado sem nenhum desperdício**. Belo Horizonte, [2005]. Disponível em <<http://www.foodservicenews.com.br/edatual/alimentos.htm>>. Acesso: 01/05/05.

SALAZAR, A. O. et al. Projeto e construção de uma planta hidráulica industrial. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia – COBENGE, 29., 2001, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: PUCRS, 2001. Disponível em: <http://petroleo.dca.ufrn.br/bpcas/artigos/maitelli/Cobenge_planta.pdf>. Acesso em: abr. 2005.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit precessing, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 247-253, 2001.

WEBB, John W.; REIS, Ronald A. **Programable logic controllers: principles and applications**. New Jersey: Prentice-Hall, 1995.