

**VICTOR GREGÓRIO RICARDO**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE TEMPERATURA  
EM 8 CANAIS POR MEIO DE HARDWARE E SOFTWARE**

Trabalho de Conclusão do Curso  
apresentado para obtenção do Grau de  
Bacharel em Ciência da Computação da  
Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Orientador: Prof. M.Eng. Evânio Ramos  
Nicoleit

**CRICIÚMA, JULHO DE 2007**

Dedico este trabalho aos acadêmicos do curso de ciência da computação, aos meus pais e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que todos os dias me concede forças e vitalidade, à minha família por serem minha base de apoio nos momentos mais difíceis, tristes e alegres da minha vida de acadêmico, ao meu orientador Prof. M. Eng. Evânio Ramos Nicoleit por sua dedicação no tempo dispensado a me auxiliar na conclusão deste trabalho, a minha namorada Agda pelo incentivo e vigor apostado na finalização deste trabalho, aos meus colegas de curso pela participação na aprendizagem, aos professores e coordenadores do Curso de Ciência da Computação por terem compartilhado seus conhecimentos.

“Quando se pode medir aquilo de que se está a falar e expressá-lo em números, então sabe-se alguma coisa sobre isso, mas quando não se pode medir, quando não se pode expressar em números, o nosso conhecimento é escasso e insatisfatório.”

(Lord Kelvin, 1883).

## RESUMO

Este trabalho descreve a implementação de um sistema em hardware e software de monitoramento e controle de temperatura para uma Extrusora de Polímeros. O sistema compõe recursos de monitoramento, acionamento e controle ON/OFF de temperatura em 8 canais. A resolução do conversor A/D utilizado é de 8 bits. A interface do *hardware* do sistema com o computador é feito por meio da porta paralela. O sistema disponibiliza conversão para escalas de temperaturas Celsius e Fahrenheit. O sistema foi implementado em *software* e *hardware* para a aquisição e controle da temperatura. É implementado também um sistema de gerenciamento de banco de dados com cadastro de usuários para operação, monitoramento, controle, acionamento e emissão de relatórios.

**Palavras-Chave:** Controle de Temperatura; Conversão A/D; Extrusora de Polímeros.

## **ABSTRACT**

This work describes the implementation of a system in hardware and software to temperature monitoring and control for a Polymeric Extrusion Machine. The system contains temperature monitoring and ON/OFF control resources applied to 8 channels. The resolution of the conversor used A/D is 8 bits. The hardware interface of the system is made by way of parallel port. The system also converts measure values for Celsius and Fahrenheit temperatures scales. The system was implemented in software and hardware for the acquisition and control of the temperature. It is also implemented a database system for administration users with registration, operation, monitoring, control, activating and emission of reports.

**Word-Key:** Temperature Control System; A/D Conversion; Polymeric Extrusion.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Mapa da porta paralela do PC .....	31
Quadro 2. Seleção das entradas analógicas IN0 a IN7 .....	35
Quadro 3. Seqüência de instruções de escrita e leitura para o comando do ADC0808..	39
Quadro 4. Seleção dos canais de saída.....	48

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Zonas de uma extrusora de polímeros.....	20
Figura 2. Extrusora de polímeros.....	20
Figura 3. Sinal de Tempo Contínuo.....	23
Figura 4. Sinal Contínuo e Sinal Digital.....	23
Figura 5. Diagrama genérico de um transdutor.....	24
Figura 6. Sensor de Temperatura LM35.....	26
Figura 7. Representação de utilização do condicionador de sinal.....	27
Figura 8. Conector DB25.....	28
Figura 9. Sinais da porta paralela.....	30
Figura 10. Conversão do sinal analógico em formato digital.....	32
Figura 11. Blocos funcionais do Circuito Integrado ADC 0808.....	34
Figura 12. Disposição dos pinos do ADC0808.....	37
Figura 13. Multiplexador 74LS257.....	38
Figura 14. Elemento do Controle da Temperatura.....	42
Figura 15. Controle a malha aberta.....	43
Figura 16. Sistema de controle a malha fechada.....	44
Figura 17. Pseudo-código de controle.....	46
Figura 18. Diagrama de ligação dos sinais e pinos.....	47
Figura 19. Imagem da janela de configuração do aplicativo userport.....	52
Figura 20. Função InPortB e OutPortB.....	53
Figura 21. Exemplo de aplicação das funções.....	53
Figura 22. Diagrama da classe Conversor AD.....	55
Figura 23. Diagrama da Classe MonitoraCanal.....	55

Figura 24. Diagrama da classe Controle .....	56
Figura 25. Tela Principal.....	57
Figura 26. Tela de Configuração .....	58
Figura 27. Tela do cadastro de responsáveis.....	58
Figura 28. Código Fonte do Conversor AD .....	59
Figura 29. Tela de Monitores .....	60
Figura 30. Tela de Exclusão de Ensaios .....	61
Figura 31. Tela de emissão do relatório de ensaio.....	61
Figura 32. Relatório de ensaios .....	62
Figura 33. Diagrama de Estados.....	63
Figura 34. Diagrama de caso de uso.....	65
Figura 35. Monitores.....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição da porta paralela no PC, com seus endereços. ....	30
Tabela 2. Utilização do Registrador de Dados pelo ADC0808.....	37
Tabela 3. Associação dos sinais do ADC0808 ao Registrador de Estado .....	38
Tabela 4. Os Pinos do Conector DB25 e os Sinais Associados .....	40
Tabela 5. Correspondência entre os pinos do ADC0808 e do multiplexador 74LS257 .	41
Tabela 6. Utilização do registrador de controle pelo demultiplexador 74LS156.....	47
Tabela 7. Listagem de Materiais.....	49

## LISTA DE SIGLAS

A/D	Conversor de sinal Analógico para Digital
CI	Circuito Integrado
D/A	Conversor de sinal Digital para Analógico
PD	Proporcional Derivativa
PI	Proporcional Integral
PID	Proporcional Integral Derivativa
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.3	JUSTIFICATIVA.....	16
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>2</b>	<b>EXTRUDATA</b> .....	<b>19</b>
2.1	EXTRUSORA DE POLÍMEROS.....	19
2.2	EXTRUSORA ORYZON OZ-EXM-22 PVC-CE.....	21
<b>3</b>	<b>TEMPERATURA – DEFINIÇÃO E AQUISIÇÃO</b> .....	<b>22</b>
3.1.1	Sinais.....	22
3.1.2	Instrumentação.....	23
3.1.3	Transdutores.....	24
3.2	MEDIÇÃO DE TEMPERATURA .....	24
3.2.1	Termopares.....	25
3.2.2	Circuitos Integrados.....	26
3.2.3	Condicionamento de Sinais .....	26
<b>4</b>	<b>PORTA PARALELA</b> .....	<b>28</b>
4.1	DESCRIÇÃO DOS SINAIS DA PORTA PARALELA.....	28
<b>5</b>	<b>CONVERSÃO ANALÓGICO-DIGITAL</b> .....	<b>32</b>
5.1	CONVERSOR ADC0808.....	33

5.2	SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO DO ADC0808.....	36
5.3	ASSOCIAÇÃO DO ADC0808 À PORTA PARALELA .....	36
5.4	COMUNICAÇÃO ENTRE O PC VIA PORTA PARALELA E O CIRCUITO ASSOCIADO AO CONVERSOR A/D.....	39
<b>5.4.1</b>	<b>Condicionamento de Sinais .....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>SISTEMA DE CONTROLE DA TEMPERATURA .....</b>	<b>42</b>
6.1	SISTEMA DE CONTROLE A MALHA ABERTA.....	43
6.2	SISTEMA DE CONTROLE A MALHA FECHADA.....	43
6.3	CONTROLADORES .....	44
<b>6.3.1</b>	<b>Sistema de Controle a Malha Fechada com ação liga/desliga.....</b>	<b>45</b>
<b>6.3.2</b>	<b>Relação dos Sinais do Demultiplexador 74LS156 a Porta Paralela.....</b>	<b>47</b>
<b>6.3.3</b>	<b>Acionamento do Atuador de Aquecimento.....</b>	<b>47</b>
<b>6.3.4</b>	<b>Relação de Materiais .....</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DO SOFTWARE .....</b>	<b>50</b>
7.1	PLATAFORMA.....	51
<b>7.1.1</b>	<b>Liberação de portas.....</b>	<b>51</b>
7.2	ACESSO À PORTA PARALELA EM LINGUAGEM C .....	52
7.3	DEFINIÇÃO DAS CLASSES .....	53
<b>7.3.1</b>	<b>Classe ConversorAD.....</b>	<b>54</b>
<b>7.3.2</b>	<b>Classe MonitoraCanal.....</b>	<b>55</b>
<b>7.3.3</b>	<b>Classe Controle.....</b>	<b>56</b>
7.4	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA .....	57
7.5	DIAGRAMA DE ESTADOS .....	62
7.6	CASO DE USO.....	63

7.7	BANCO DE DADOS .....	65
<b>7.7.1</b>	<b>Dicionário de Dados.....</b>	<b>66</b>
7.8	RESULTADOS.....	67
<b>8</b>	<b>TRABALHOS CORRELATOS.....</b>	<b>70</b>
8.1	SOFTWARE PARA CONTROLE DE TEMPERATURA EM ESTUFAS .....	70
8.2	SISTEMA EM HARDWARE E SOFTWARE PARA AQUISIÇÃO DE SINAIS ANALÓGICOS UTILIZANDO A PORTA PARALELA .....	70
8.3	PROTÓTIPO PARA MONITORAMENTO DE TEMPERATURA DO PROCESSO DE INCUBAÇÃO.....	71
	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>73</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>
	<b>APÊNDICE B: DIAGRAMA ELÉTRICO.....</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE C: RELATÓRIO DO ENSAIO 1/2 .....</b>	<b>81</b>
	<b>APÊNDICE C: RELATÓRIO DE ENSAIO 2/2.....</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE D: RELATÓRIO DE RESPONSÁVEIS.....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As áreas tecnológicas, e em específico a da computação, têm despertado a atenção de muitos pesquisadores pela praticidade na resolução de problemas tipicamente complexos. Seja em indústrias dos mais variados segmentos, ou em laboratórios de pesquisa, as linhas de produção ou de ensaios envolvem a observação e o controle dos parâmetros inerentes aos processos. Temperatura, pressão, vazão, entre outros, constituem exemplos das grandezas a serem controladas por meio da observação sobre circuitos de instrumentação eletrônica a partir de sensores (transdutores) instalados nos equipamentos. Este processo exige nos dias de hoje sistemas de observação e controle eficientes.

Sistemas de controle automatizados vêm sendo cada vez mais pesquisados e desenvolvidos para suprir estas necessidades. Porém, alguns equipamentos nem sempre possibilitam o controle das grandezas. Dentre esses equipamentos, destaca-se a extrusora de polímeros que é um equipamento de ensaio, do Departamento de Engenharia de Materiais da UNESC, onde o controle das grandezas envolvidas no processo é necessário. Contudo, este respectivo controle é realizado de forma manual por meio de observação a atuação de um técnico.

As grandezas físicas envolvidas no controle de processos podem variar ao longo do tempo. A partir destas constatações, busca-se controlar a temperatura nas zonas de aquecimento da respectiva extrusora de polímeros.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um Sistema Computacional para Observação e Controle de Temperatura em uma Extrusora de Polímeros.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os Objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) discutir as estruturas de sistemas de controle bem como a dinâmica dos sistemas realimentados;
- b) desenvolver um sistema computacional em *hardware* e *software* para, via especificação de processamento em tempo-real, estabelecer a observação e o controle da temperatura em uma extrusora de polímeros;
- c) avaliar e comparar o desempenho dinâmico e a estabilidade dos sistemas de controle implementados com respeito às suas especificações;

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A extrusora de polímeros do Curso de Engenharia de Materiais da UNESC é apontada por professores e acadêmicos como um dos equipamentos que mais requer atenção para uma automatização da observação e do controle de suas grandezas. Hoje, este respectivo controle é realizado de forma manual por meio de observação a atuação de um técnico.

Um estudo preliminar foi executado em 2004 por um acadêmico do curso de Ciência da Computação na forma de um Trabalho de Conclusão de Curso. Contudo,

este trabalho ficou restrito à aquisição de dados e à monitoração do comportamento das grandezas via porta paralela.

Este trabalho propõe, a partir de uma evolução do trabalho anterior, a implementação do sistema computacional para observação e controle das temperaturas das zonas de aquecimento deste equipamento baseado em técnicas e fundamentos de instrumentação e medidas. Os benefícios serão percebidos tanto na área da ciência da computação quanto na área da engenharia de materiais, dado que informações acerca de processos e materiais poderão ser obtidos e pesquisados resultando em produção de conhecimento. Resultados advindos dessa pesquisa poderão indicar por futuros caminhos de implementação de sistemas de controle em outros seguimentos de atuação envolvendo grandezas físicas diferentes.

Aliado ao aspecto computacional, este projeto permitirá aos técnicos, operadores e acadêmicos ajustarem seus ensaios para um controle mais refinado da temperatura. Espera-se que este trabalho contribua conseqüentemente para que a comunidade acadêmica possa alcançar resultados mais precisos e eficientes em seus ensaios sendo porta para implementação de outros trabalhos que poderão se usufruir deste.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 2 descreve resumidamente o trabalho de referência, denominado Extrudata. Também discute o funcionamento de uma extrusora, equipamento ao qual direciona-se este trabalho para futuras implementações, acompanhando descrições e origem do modelo da extrusora disponibilizada para este implemento. No Capítulo 3 são conceituados temperatura, medição, sinais, transdutores, termopares e condicionamento

de sinais. No Capítulo 4 é discutido o funcionamento da porta paralela, no aspecto de utilização desta como interface com o hardware do trabalho. O Capítulo 5 trata da conversão do sinal analógico para digital e da operação do conversor ADC0808 utilizado, bem como o interfaceamento com a porta paralela. O Capítulo 6 descreve os sistemas de controle de temperatura. O Capítulo 7 descreve a implementação e especificações do software desenvolvido envolvendo os resultados adquiridos. O Capítulo 8 apresenta os custos do trabalho desenvolvido e o Capítulo 9 discute trabalhos correlatos. Conclusões acerca do trabalho, Referências Bibliográficas e Apêndices são finalmente apresentados.

## 2 EXTRUDATA

O trabalho de pesquisa, denominado Projeto de Referência, desenvolvido pelo ex-acadêmico do Curso de Ciência da Computação, Valmor Mrotskoski Madeira, em 2004, tem grande relevância para o desenvolvimento deste projeto. Nele são descritos detalhadamente vários tópicos e aspectos da sua implementação.

O Projeto de Referência foi desenvolvido para monitorar a temperatura em vários pontos simultaneamente por meio de um hardware, para aquisição de dados, e uma interface de *software*, para monitoramento automático. O referido trabalho descreveu o funcionamento de uma extrusora de polímeros e discursou acerca de aquisição de dados, interfaceamento por meio da porta paralela (conector DB25), transdutores (sensores) de temperatura. Um *software* foi implementado para o monitoramento da temperatura em forma gráfica, além de armazenar os valores adquiridos pelo hardware em arquivo (MADEIRA, 2004).

### 2.1 EXTRUSORA DE POLÍMEROS

A extrusão polimérica é feita por um equipamento, denominado extrusora de polímeros, capaz de processar um material em estado sólido, ou líquido, e transformá-lo, por meio de um processo térmico, em um formato de produto desejado, tipicamente granulado. Uma extrusora é geralmente formada por quatro seções, conhecidas como zonas (barril de extrusão). O orifício de alimentação, Zona 1, faz o transporte do material para Zona 2. Esta irá comprimir o material e levar a Zona 3, que por sua vez converterá o material para o estado líquido. A Zona 4 dará forma ao produto na saída. Cada uma dessas zonas possui resistências para aquecimento que são

constantemente ligadas e desligadas a fim de manter a temperatura interna constante. Na Figura 1 são mostradas as zonas de uma extrusora de polímeros. (SENAI-DR/BA, 1998).

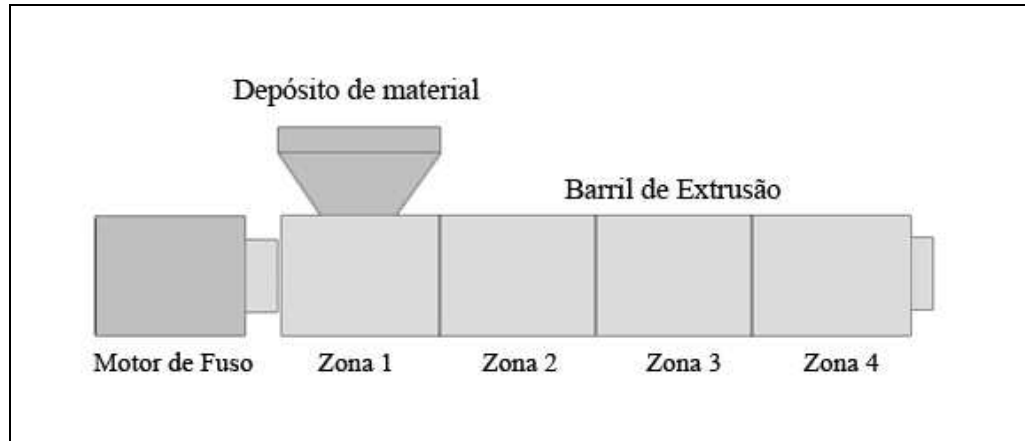


Figura 1. Zonas de uma extrusora de polímeros  
Fonte: Adaptado de SENAI-DR/BA (1998)

A Figura 2, mostra a imagem de uma extrusora de polímeros do fabricante BRABENDER.



Figura 2. Extrusora de polímeros  
Fonte: BRABENDER (2007)

## 2.2 EXTRUSORA ORYZON OZ-EXM-22 PVC-CE

Fabricada em Joinville, SC, pela Indústria de Máquinas e Equipamentos ORYZON, esta extrusora de polímeros pode ser utilizada na fabricação de tubos, mangueiras e perfis para as áreas doméstica, automobilística, medicinal entre outras. É caracterizada como uma extrusora de pequeno porte e utilizada para ensaios na área de extrusão de termoplásticos. Possui 1,29 metros de comprimento, com um Fuso de 553 milímetros. Este percorre 3 zonas de aquecimento e transporte. A matéria-prima a ser extrudada é introduzida no equipamento por um funil alimentador que provê a entrada desta na primeira zona, a de alimentação. O produto é aquecido e transportado ao longo de duas outras zonas, de compressão e mistura, e sai pela zona de expulsão, na extremidade do fuso (ORYZON, 2000). Está instalada no laboratório do Curso de Engenharia de Materiais da UNESC, localizado nas dependências do Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT).

### 3 TEMPERATURA – DEFINIÇÃO E AQUISIÇÃO

A temperatura é uma grandeza termodinâmica comum aos corpos em equilíbrio térmico. É devida à agitação térmica das partículas (átomos ou moléculas) que constituem um corpo. Quanto maior for a agitação destas partículas, maior será a temperatura do corpo. Quanto menor a agitação das partículas menor será a temperatura do corpo (GÜÉMEZ, 1998).

#### 3.1.1 Sinais

Um sinal pode ser definido como uma seqüência de estados em um sistema contendo informações acerca da natureza de um fenômeno físico. Um sinal pode ser representado por uma função de uma ou mais variáveis (HAYKIN, 2001).

Os sinais podem ser classificados como: de tempo discreto ou de tempo contínuo e; digitais ou analógicos. Os sinais de tempo discreto são seqüências periódicas de valores. Estes sinais são amostrados segundo um período de amostragem  $T$  e uma frequência de amostragem  $f_s$ . Os sinais de tempo contínuo possuem seu estado definido em qualquer instante de tempo. Sinais digitais assumem valores discretos no tempo e na amplitude. Em amplitude são quantizados dentro de uma faixa limitada de valores possíveis. Podem assumir assim um conjunto finito de valores. Os sinais analógicos podem assumir qualquer valor real ao longo do tempo e da amplitude da grandeza associada. Na Figura 3 é mostrado um sinal do tipo analógico.

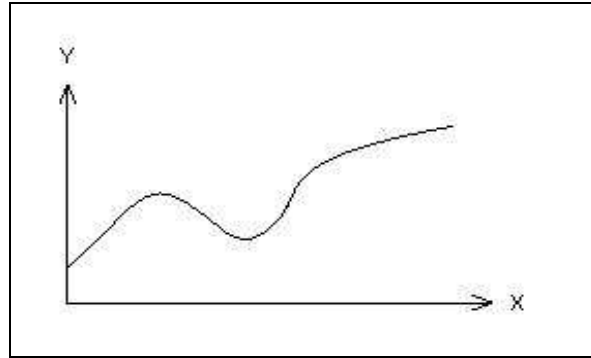


Figura 3. Sinal de Tempo Contínuo  
Fonte: SILVEIRA P. (1998)

A Figura 4 mostra a simulação de um sinal analógico sobreposto ao sinal digital correspondente.

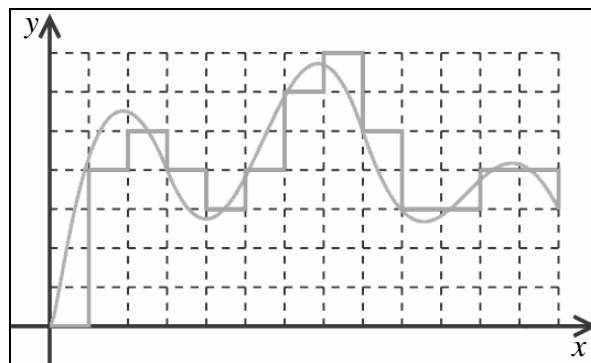


Figura 4. Sinal Contínuo e Sinal Digital  
Fonte: SILVEIRA P. (1998)

### 3.1.2 Instrumentação

A Instrumentação está associada a um conjunto de técnicas, métodos e utilizações possíveis para instrumentos, aplicadas as áreas de medição e controle. Um instrumento de medidas é um dispositivo que é utilizado para medir grandezas características variáveis de sistemas físicos. Dentre o conjunto de variáveis, pode-se citar temperatura, umidade, pressão, nível, vazão, tensão elétrica, entre outros.

### 3.1.3 Transdutores

Transdutor é um dispositivo que converte uma forma de energia em outra. Utiliza para isso um elemento denominado sensor que recebe os dados e os transforma em energia elétrica. A finalidade de sua utilização em circuitos eletrônicos são: medição e controle (NATALE, 2000). Um transdutor de temperatura converte energia térmica em tensão elétrica (KAUFMAN, 19--). Alguns transdutores para medida de temperatura são: termopares, termoresistências, termistores, pirômetros, circuitos integrados específicos, entre outros.

Na Figura 5 é apresentado um diagrama genérico de um transdutor.

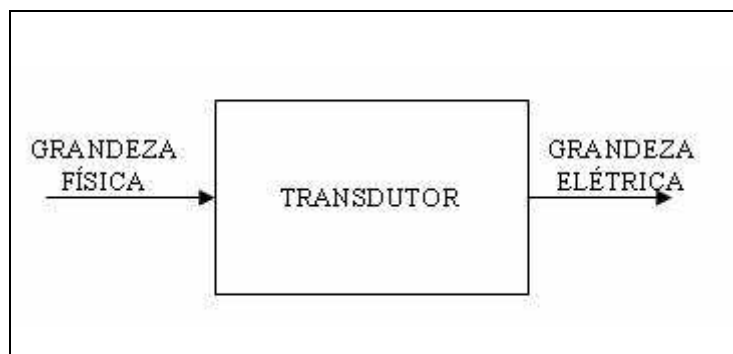


Figura 5. Diagrama genérico de um transdutor  
Fonte: NATALE, F.(2000)

## 3.2 MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

Para medir a temperatura de um corpo (ou ambiente) utiliza-se uma escala<sup>1</sup> física. Dentre elas podem ser citadas a Escala Celsius e a Escala Fahrenheit. Esta última geralmente utilizada nos Estados Unidos e países do Norte da Europa.

---

<sup>1</sup> Conjunto ordenado de marcas, associado a qualquer numeração, que faz parte de um dispositivo indicador.

Na escala Celsius, são definidos como 0 (zero) grau, para o ponto de congelamento da água, e como 100 (cem) graus, para o ponto de ebulição da água, considerando para altitude de referência o nível do mar. O referido intervalo é subdividido em 100 partes, correspondentes a um grau Celsius. Para converter a temperatura da escala Celsius para a escala Fahrenheit, pode-se utilizar a seguinte expressão:

$$^{\circ}\text{F} = (1,8 \cdot ^{\circ}\text{C}) + 32.$$

Na escala Fahrenheit, o ponto de congelamento da água corresponde a 32 graus Fahrenheit e o ponto de ebulição da água a 212 graus Fahrenheit. Este intervalo é subdividido em 180 unidades corresponde a um grau Fahrenheit. Para converter a temperatura da escala Fahrenheit para a escala Celsius, pode-se utilizar a seguinte expressão:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} \cdot (^{\circ}\text{F} - 32) \text{ (FIALHO, 2005)}.$$

### 3.2.1 Termopares

Termopares são tipos de transdutores, que podem atuar em uma grande faixa de temperatura, cujo funcionamento baseia-se na junção de dois metais gerando uma tensão elétrica<sup>2</sup>, assim chamado de efeito *Seebeck*.

Há vários tipos de termopares. O termopar tipo K, por exemplo, com baixo custo, tem faixa de atuação nas temperaturas de  $-200^{\circ}\text{C}$  a  $1200^{\circ}\text{C}$ .

---

<sup>2</sup> É a força elétrica aplicada sobre um condutor medida entre dois pontos, tendo a unidade de medida “Voltz”.

### 3.2.2 Circuitos Integrados

Para a aquisição de dados de temperatura, elementos vastamente utilizados são os Sensores Térmicos construídos em Circuitos Integrados. Estes sensores alteram suas características elétricas com a variação da temperatura. Os Transdutores baseados nesta tecnologia possuem uma faixa de operação tipicamente de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ . Apresentam dimensões reduzidas, alta sensibilidade, baixo custo, grande precisão e exatidão. A Figura 6 ilustra esquematicamente um transdutor tipo Circuito Integrado, da série LM35 da National Semiconductor, apresentando a disposição dos pinos de conexão para cada tipo de invólucro. Estes transdutores necessitam de uma fonte de tensão constante, normalmente na faixa de 4 a 20 Volts.

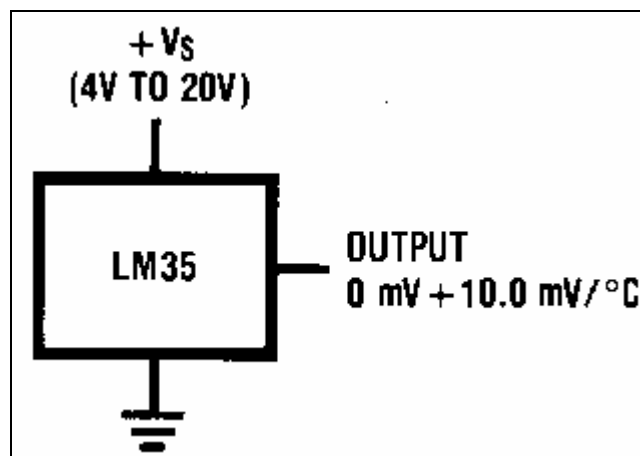


Figura 6. Sensor de Temperatura LM35  
Fonte: National Semiconductor (1999).

### 3.2.3 Condicionamento de Sinais

Circuitos de condicionamento de sinais são necessários para adequar o sinal de um dado transdutor ao circuito de aquisição de dados. Na Figura 7 é apresentado um diagrama em bloco, contendo a forma da utilização do condicionador de sinais:

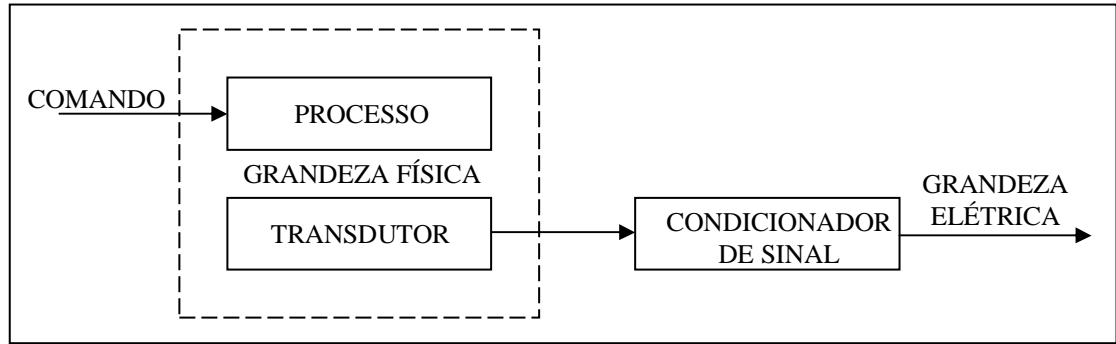


Figura 7. Representação de utilização do condicionador de sinal  
Fonte: NATALE F. (2000).

## 4 PORTA PARALELA

A porta paralela foi originariamente projetada para utilização com impressoras. Podendo, contudo ser utilizada como uma porta genérica de comunicações constituída de 3 registradores de entrada/saída. A porta paralela é baseada em um barramento de dados de 8 *bits* e permite a comunicação de entrada e saída de dados. A porta paralela é mais rápida que a porta serial. A porta paralela é apresentada na Figura 8, com os seus pinos de entrada/saída num conector tipo DB de 25 pinos (ZELENOSVSKY, 1999).

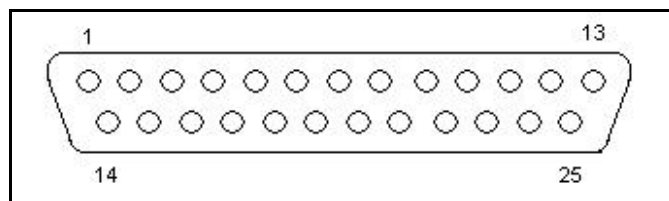


Figura 8. Conector DB25  
Fonte: Nossa

### 4.1 DESCRIÇÃO DOS SINAIS DA PORTA PARALELA

Os sinais da porta paralela, em seus 25 pinos podem ser visualizados conforme a Figura 9 e são divididos em:

- a) Registrador de Dados com 8 *bits* de dados (D0 a D7) de saída no endereço de I/O 378h; Registrador de Estados com 5 *bits* de sinais de estado de entrada (da impressora) no endereço de I/O 379h e;
- b) Registrador de Controle com 4 *bits* de sinais de controle operando de forma bidirecional (coletor aberto) no endereço de I/O 37Ah. Este

registro pode ser configurado para entrada, ou saída de dados (ZELENOVSKY, 1999).

Cada sinal da porta paralela é discutido a seguir, conforme mostra a Figura 9:

- a) **D0 A D7**: constitui a palavra de dados de 8 *bits* utilizada para o transporte de informação a impressora, ou a outro dispositivo, a linha estará em nível alto quando o bit correspondente for 1 e nível baixo quando for 0;
- b) **slct ou select**: Controlado pela impressora, indica ao computador que a mesma, ou o dispositivo está selecionado;
- c) **pe ou printer error**: Este sinal é usado para indicar, em um nível alto, que a impressora está sem papel ou outro tipo de erro de outro dispositivo;
- d) **busy**: quando o sinal está em nível alto, indica que a impressora, ou outro dispositivo está ocupado e não pode mais receber dados;
- e) **acknlg ou acknowledge**: Pulso enviado pela impressora ou outro dispositivo em nível baixo, comunicando que o último dado foi recebido e espera de um novo dado;
- f) **strobe**: pulso informando a impressora ou outro dispositivo em nível baixo, que existe um dado válido no barramento de dados;
- g) **slct in ou select in**: indica a impressora ou outro dispositivo em nível baixo que a mesma(o) foi selecionada;
- h) **init**: Em nível baixo, inicializa a impressora apagando o buffer de impressão;

- i) **error**: Em nível baixo, indica que houve um erro na impressora ou outro dispositivo, como a falta de papel, ou estado offline;
- j) **auto feed**: Em nível baixo, indica a impressora para retornar o carro de impressão após o término de impressão de uma linha.

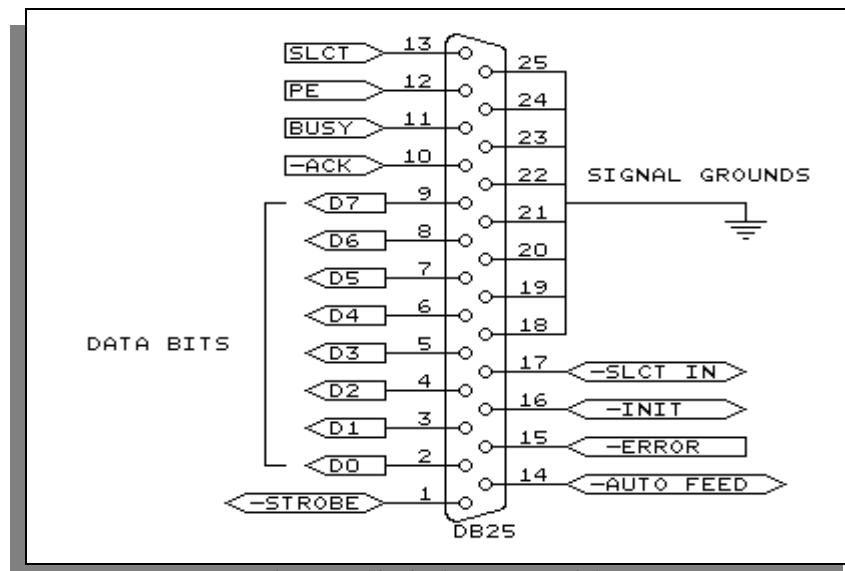


Figura 9. Sinais da porta paralela  
Fonte: ZELENOSKI, R. (1999)

Na tabela 1 é mostrada a composição da porta paralela com seus endereçamentos de I/O, registros e quantidade de *bits* utilizando em cada registrador, mostrando o tipo de operação.

Tabela 1. Composição da porta paralela no PC, com seus endereços.

Endereçamento	Nome do Registrador	Número de Bits	Direção dos dados	Tipo de Operação
378h	Dados	8	Entrada/Saída	Leitura/Escrita
379h	Estado	5	Entrada	Leitura
37Ah	Controle	4	Entrada/Saída	Leitura/Escrita

Fonte: ZELENOSKY, R. (1999)

Um resumo de cada sinal associado a seu pino do conector DB25 está disponível no Quadro 1. (L) indica que a entrada é invertida.

Porta	BIT	Direção	Pinos	Nomes	Registrador
378h	7	OUT	9	D7	Dados
	6	OUT	8	D6	
	5	OUT	7	D5	
	4	OUT	6	D4	
	3	OUT	5	D3	
	2	OUT	4	D2	
	1	OUT	3	D1	
	0	OUT	2	D0	
379h	7	IN	11(L)	BUSY	Estado
	6	IN	10	ACKNLG	
	5	IN	12	PE	
	4	IN	13	SELECT	
	3	IN	15	ERROR	
37Ah	4	-	Hab IRQ 7	-	Controle
	3	IN/OUT	17(L)	SLCT IN	
	2	IN/OUT	16	INIT	
	1	IN/OUT	14(L)	AUTO FEED	
	0	IN/OUT	1(L)	STROBE	
-	-	GROUND	18-25	GROUND	-

Quadro 1. Mapa da porta paralela do PC  
 Fonte: ZENELOVSKY, R. (1999)

O endereçamento da porta paralela é utilizado, tipicamente por *software*, para envio e recebimento de sinais para monitoramento e controle de temperatura.

## 5 CONVERSÃO ANALÓGICO-DIGITAL

Um conversor analógico-digital é um dispositivo eletrônico capaz de converter uma grandeza analógica gerando uma representação digital binária expressa por palavras digitais contendo zeros e uns (0 e 1). Abreviado como “A/D” (TOCCI, 2003).

Os microprocessadores operam internamente na forma digital. Sendo assim, sempre que é estabelecida uma comunicação entre um equipamento analógico e o microcomputador, há a necessidade da conversão do sinal analógico para a forma digital e vice-versa. Na Figura 10 é mostrado um diagrama em blocos de um conversor A/D.

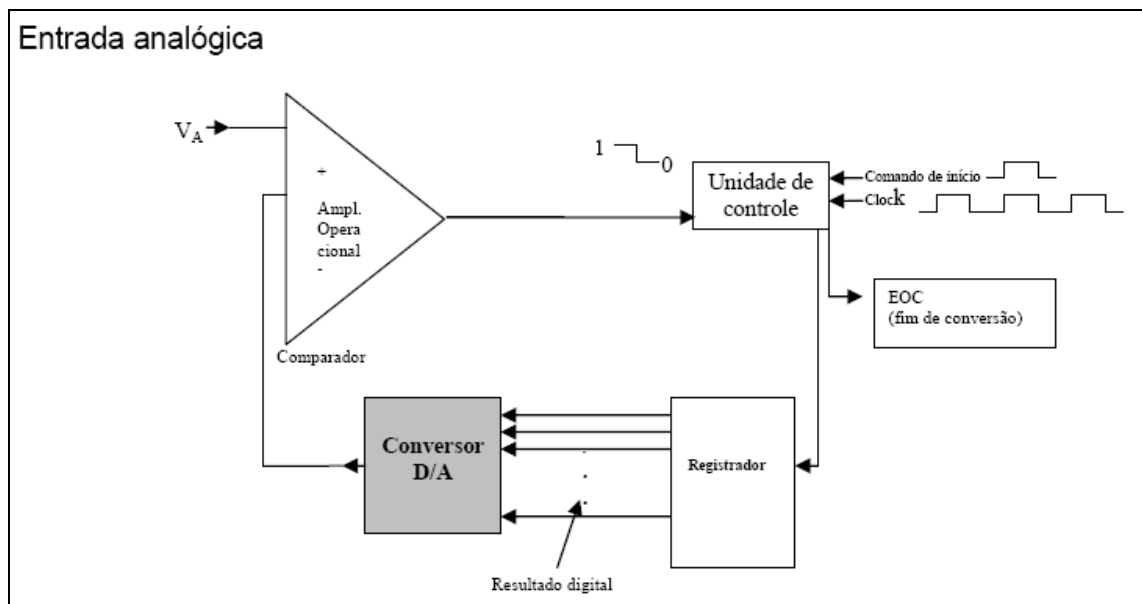


Figura 10. Conversão do sinal analógico em formato digital  
Fonte: TOCCI R. (2003).

A temporização da operação do circuito é feita por um sinal de clock. Há diversas variações para o esquema de conversão A/D apresentado acima, diferindo basicamente na forma pela qual a seção de controle modifica continuamente os números

armazenados no registrador. A idéia básica permanece a mesma, com o registrador armazenando a saída digital quando o processo termina.

O Critério de Nyquist diz que, para que um sinal analógico possa ser representado sem distorções, a partir de um conjunto de amostras, a frequência de amostragem deve ser superior ao dobro da maior frequência existente no sinal contínuo original.

O número de níveis de quantização de um conversor A/D é dado em função do número de bits do conversor A/D. Ou seja, para um conversor A/D de 8 *bits*, temos  $2^8=256$  níveis de quantização.

## 5.1 CONVERSOR ADC0808

No trabalho é utilizado o conversor A/D ADC0808, da *National Semiconductors*, de 8 *bits* com multiplexador de 8 canais de saída. Ele possibilita ligar até 8 sensores simultaneamente. A partir de circuitos adicionais de multiplexação mais sensores podem ser conectados. O diagrama de blocos do ADC0808 é mostrado na Figura 11.

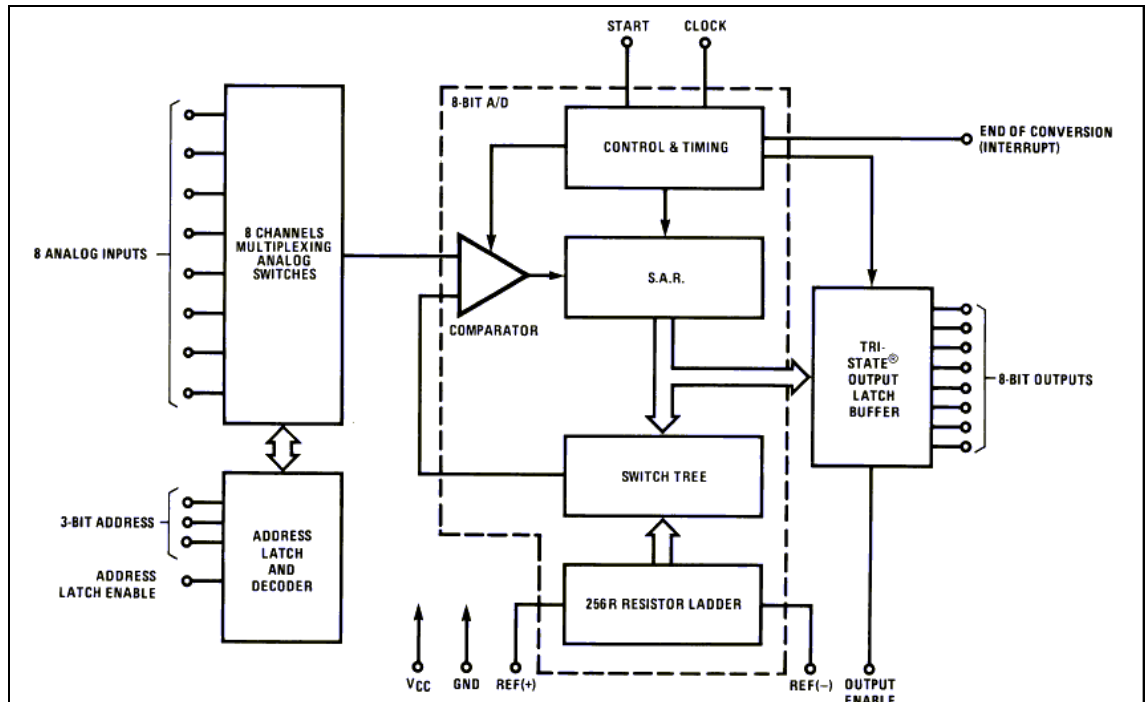


Figura 11. Blocos funcionais do Circuito Integrado ADC 0808  
 Fonte: NATIONAL (2002)

O ADC0808 possui as seguintes entradas e saídas de sinal:

- a) **REF(+)** e **REF(-)**: Tensões de referência positiva e negativa que definem a faixa de tensão que será convertida pelo C.I.;
- b) **IN0 a IN7**: são as 8 entradas analógicas a serem convertidas. Constituem os 8 canais de conversão, selecionados individualmente por um endereçamento de 3 bits;
- c) **C, B, A**: Entradas digitais dos endereços de seleção das entradas IN0 a IN7. Os bits C, B e A selecionam qual dos canais será utilizado na conversão A/D, conforme mostra o Quadro 2. O nível lógico 0 é indicado como “L” e o nível lógico “1” como “H”;

Canais Analógicos de Entrada	Linha de Endereço		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

Quadro 2. Seleção das entradas analógicas IN0 a IN7  
Fonte: NATIONAL (2002).

- d) **ALE**: Para que o endereço C, B, A seja considerado, é necessária sua validação. A entrada ALE (*Address Latch Enable*) - Endereço de Final de Ativação faz isso. A partir do momento que o endereço C, B e A esteja disponibilizado, um pulso deve ser aplicado em ALE para que o endereço da porta seja selecionado e capturado pelo ADC0808;
- e) **START**: a partir da seleção do canal de entrada e do armazenamento do seu endereço, um pulso é encaminhado à entrada *START*, e o processo de conversão A/D é iniciado;
- f) **EOC** (*End of Conversion*): Sinal de saída que sinaliza o fim da conversão e que a mesma está disponível nas saídas do C.I.; ao final da conversão, o nível lógico de saída é levado para "1";
- g) **D7 à D0**: o sinal já convertido para digital é disponibilizado em 8 *bits* nestas saídas;
- h) **OE** (*Output Enable*): O sinal OE, em nível lógico "1", libera a saída para leitura. O número de 8 *bits* presente na saída é então disponibilizado;
- i) **CLOCK**: sinal que define a velocidade de conversão desejada, respeitando os limites operacionais do CI. Este sinal pode variar de 10 *kHz* a 1280 *kHz* para o ADC0808.

## 5.2 SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO DO ADC0808

A conversão A/D é realizada pelo C.I. ADC 0808 na seguinte seqüência:

- a) Os sinais analógicos são ligados às entradas;
- b) Seleciona-se a entrada desejada a partir do endereço de A, B, C;
- c) Valida o endereço A,B,C. Um pulso deve ser aplicado em ALE para que o endereço da porta seja selecionado e capturado pelo ADC0808;
- d) Um pulso é encaminhado à entrada *START*, e o processo de conversão A/D é iniciado;
- e) Ao final da conversão, o nível lógico de EOC é levado para "1";
- f) Levando o sinal OE para nível lógico "1", o número de 8 *bits* presente nas saídas digitais D7 a D0 é então disponibilizado;
- g) Leitura da saída binária de 8 *bits* D7 a D0.

O controle do processo de conversão e aquisição dos dados resultantes é realizado por *software*. Os sinais de controle e dados do ADC0808 são associados aos registradores da Porta Paralela. As operações de escrita e leitura nos registradores passam a controlar a seqüência de operações associadas à aquisição de dados e posterior conversão A/D pelo ADC0808.

As tensões de referência que são aplicadas nos pinos 12 ( $V_{ref (+)}$ ) e 16 ( $V_{ref (-)}$ ) do ADC0808 são de 0V e +5V respectivamente.

## 5.3 ASSOCIAÇÃO DO ADC0808 À PORTA PARALELA

A partir do encapsulamento e da pinagem do ADC0808, ilustrado na Figura 12, o mesmo foi montado em uma matriz de contatos experimental chamada

*protoboard* e seus pinos de controle e de saída foram associados a um conector tipo DB25.

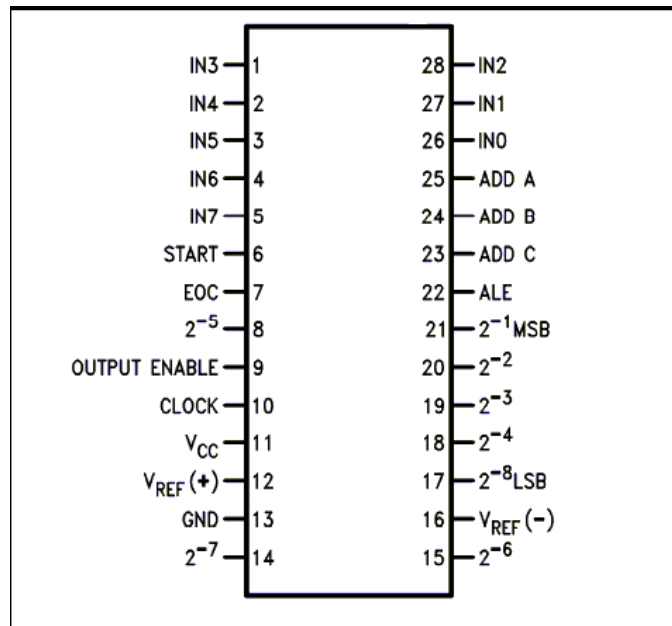


Figura 12. Disposição dos pinos do ADC0808  
Fonte: NATIONAL (2002)

Para o interfaceamento com a Porta Paralela, foi definido o modo Normal de comunicação. O Registrador de Dados foi utilizado para transmitir os sinais de controle OE, *START*, ALE e A, B, C. A Tabela 2 apresenta a disposição dos sinais em relação aos *bits* do registrador, no endereço base 0378(H):

Tabela 2. Utilização do Registrador de Dados pelo ADC0808

Registrador de Dados (8 bits) – 0378(H)								
Pino	9	8	7	6	5	4	3	2
<i>bit</i>	7	6	5	4	3	2	1	0
Sinal	C	B	A	SLCT	OC	ALE	START	OE

\* bits não utilizados

Fonte: ZELENOVSKY, R. (1999)

O sinal EOC e a palavra de dados de 8 *bits* D0 a D7 foram associados ao Registrador de Estado, selecionados em dois ciclos por um multiplexador 74LS257. Esta disposição é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Associação dos sinais do ADC0808 ao Registrador de Estado

Registros de Estados (8 bits) - 0379(H)								
Pino	11	10	12	13	15	-	-	-
bit	7 (L)	6	5	4	3	2	1	0
Sinal	EOC	D3	D2	D1	D0	*	*	*
Sinal	EOC	D7	D6	D5	D4	*	*	*

Fonte: ZELENOVSKY, R (1999)

O diagrama em blocos do multiplexador de dois canais de seleção com quatro linhas de dados é mostrado na Figura 13.

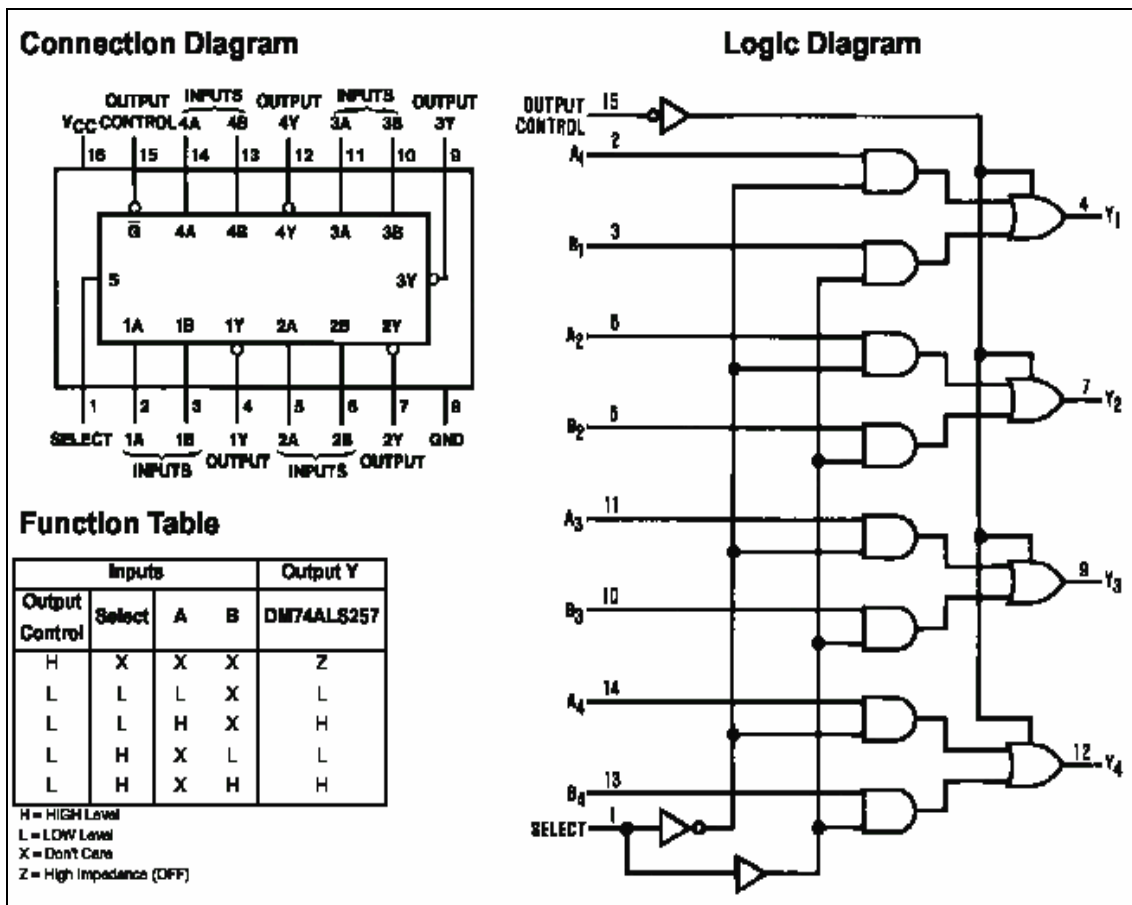


Figura 13. Multiplexador 74LS257

Fonte: FARCHILD (1999)

#### 5.4 COMUNICAÇÃO ENTRE O PC VIA PORTA PARALELA E O CIRCUITO ASSOCIADO AO CONVERSOR A/D.

Foram utilizados comandos de entrada e saída para a escrita no Registrador de Dados e respectiva leitura do sinal no Registrador de Estado. A seqüência de escrita e leitura nos registros para o interfaceamento com o circuito associado ao ADC0808 é mostrada no Quadro 3.

Operação no ADC0808	Formato do Registrador de Dados(0x378)	Formato do Registrador de Estado(0x379)
Seleciona o canal de entrada e posiciona C B A nos bits 7, 6, 5. Subida de OutPutControl do 74LS257 – saída em alta impedância para o <i>bit</i> 4.	<b>C B A 1 X 0 0 0</b>	
Validação do endereço C, B, A. Subida do pulso ALE para que o endereço da porta seja selecionado e capturado pelo ADC0808 – Saída em alta impedância para o <i>bit</i> 2.	<b>C B A 1 X 1 0 0</b>	
Descida do pulso ALE saída em baixa impedância para o <i>bit</i> 2.	<b>C B A 1 X 0 0 0</b>	
O processo de conversão A/D é iniciado. Subida do pulso <i>START</i> , saída em alta impedância para o <i>bit</i> 1.	<b>C B A 1 X 0 1 0</b>	
Início da Conversão, descida do pulso <i>START</i> , saída em baixa impedância para o <i>bit</i> 1.	<b>C B A 1 X 0 0 0</b>	
Ao final da conversão, o nível lógico de EOC é levado para "1", a Leitura do sinal EOC para teste do fim da conversão deve ser lida em lógica invertida, bit 7.		<b>1 X X X X X X X</b>
Ativação das saídas digitais para posterior leitura, subida do sinal OE no <i>bit</i> 0. Descida de OutPutControl do 74LS257 – saída disponível – bit4. Seleção dos 4 bits menos significativos – Select – bit 3	<b>C B A 0 0 0 0 1</b>	
Lê o resultado da conversão, <i>bits</i> 3 a 6.		<b>1 D3 D2 D1 D0 X X X</b>
Ativação das saídas digitais para posterior leitura, subida do sinal OE – bit 0. Manutenção de OutPutControl em 0 no 74LS257 – saída disponível – bit4. Seleção dos 4 bits mais significativos – Select – bit 3.	<b>C B A 0 1 0 0 1</b>	
Leitura do resultado da conversão, <i>bits</i> 3 a 7		<b>1 D7 D6 D5 D4 X X X</b>
Desativação das saídas digitais; descida do sinal OE. Subida de OutPutControl do 74LS257 – saída em alta impedância - bit4.	<b>C B A 1 X 0 0 0</b>	

Quadro 3. Seqüência de instruções de escrita e leitura para o comando do ADC0808  
Fonte: NATIONAL (2002)

Todos os sinais utilizados foram dispostos em um conector DB25. A disposição de correspondência entre o ADC0808 e o multiplexador 74LS257 está relacionada na Tabela 4. Alguns pinos do DB25 estão associados a outros dispositivos como o 74LS156 e 74LS107 que foram utilizados nos circuitos de controle e acionamento.

Tabela 4. Os Pinos do Conector DB25 e os Sinais Associados

<b>Disposição dos sinais de controle e dados no conector DB25</b>	
<b>Pino do Conector</b>	<b>Sinal Associado</b>
1	A – (74LS156) Pino 13
2	OE - ADC0808 – Pino 9
3	START - ADC0808 – Pino 6
4	ALE - ADC0808 – Pino 22
5	Select - (74LS257) Pino 1
6	OutputControl - (74LS257) Pino 15
7	Seleção Entrada Analógica (A) - ADC0808 Pino 25
8	Seleção Entrada Analógica (B) - ADC0808 Pino 24
9	Seleção Entrada Analógica(C) - ADC0808 Pino 23
10	Y4 - (74LS257) Pino 12
11	EOC - ADC0808 Pino 7
12	Y3 - (74LS257) Pino 9
13	Y2 - (74LS257) Pino 7
14	B – (74LS156) Pino 3
15	Y1 - (74LS257) Pino 4
16	C – (74LS156) Pino 1/15
17	D – (74LS107) Pino 1
18	Aterramento ( - ) GND
19	Aterramento ( - ) GND
20	Aterramento ( - ) GND
21	Aterramento ( - ) GND
22	Aterramento ( - ) GND
23	Aterramento ( - ) GND
24	Aterramento ( - ) GND
25	Aterramento ( - ) GND

Fonte: NATIONAL (2002)

A Tabela 5 ilustra a ligação dos pinos entre o conversor A/D ADC0808 e o multiplexador 74LS257.

Tabela 5. Correspondência entre os pinos do ADC0808 e do multiplexador 74LS257

ADC0808	74LS257
D0 – Pino 17	A1 – Pino 02
D4 – Pino 18	B1 – Pino 03
D1 – Pino 14	A2 – Pino 05
D5 – Pino 19	B2 – Pino 06
D2 – Pino 15	A3 – Pino 11
D6 – Pino 20	B3 – Pino 10
D3 – Pino 08	A4 – Pino 14
D7 – Pino 21	B4 – Pino 13

Fonte: NATIONAL (2002)

#### 5.4.1 Condicionamento de Sinais

Para que os sinais provenientes dos sensores LM 35 possam ser capturados pelo ADC0808, eles devem ser previamente adequados à faixa de operação deste. É necessária a utilização de circuitos de condicionamento para adaptar as variações de tensão dos sensores LM35 para a faixa de variação do Circuito Conversor A/D. A grande flexibilidade dos Amplificadores Operacionais, em especial do 741 na configuração de amplificador não-inversor, permite sua utilização como elemento de condicionamento de sinais. Seu ganho foi ajustado para que 0V de saída equivalesse o 0° C e 5 V de saída equivalesse a 50° C, com uma variação linear de temperatura a partir dos Transdutores Térmicos Integrados LM35. Ajustes e *offset* foram implementados no circuito.

## 6 SISTEMA DE CONTROLE DA TEMPERATURA

A Figura 14 mostra os elementos fundamentais de um sistema típico para o controle da temperatura:

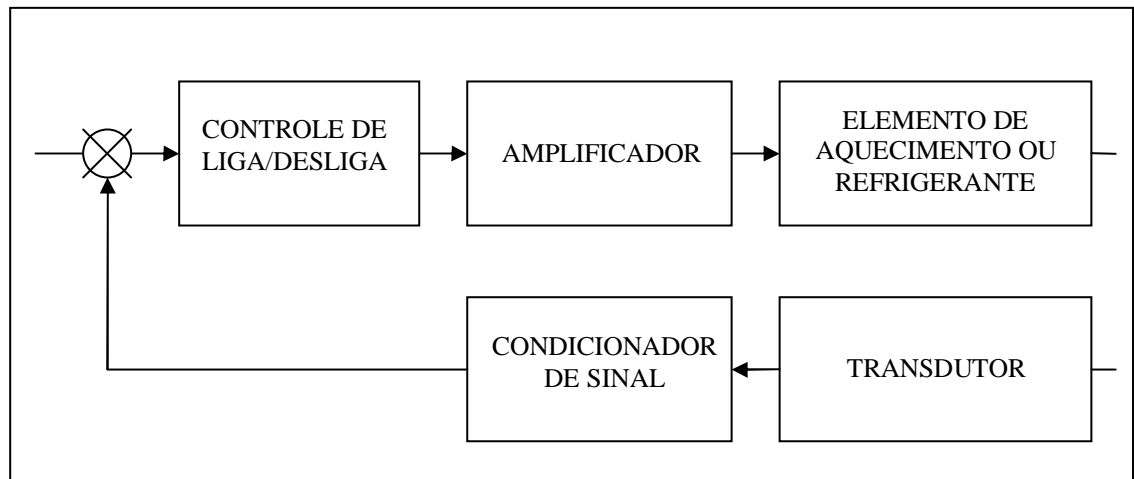


Figura 14. Elemento do Controle da Temperatura  
Fonte: NATALE R. (2000).

Um sistema é um conjunto de elementos interconectados que interagem entre si de forma interdependente formando um todo com um único objetivo. Um sistema de controle consiste em aplicar sinais adequados na entrada do processo com o intuito de fazer com que o sinal de saída satisfaça certas especificações e/ou apresente um comportamento particular. Um problema de controle consiste então em determinar os sinais adequados a serem aplicados a partir da saída desejada e do conhecimento do processo. Adequa-se a qualquer objeto físico a ser controlado (como um componente mecânico, um forno, uma extrusora de polímeros, entre outros) (SILVA, 2000). A temperatura desejada é a variável de entrada do controlador. (OGATA, 2003).

## 6.1 SISTEMA DE CONTROLE A MALHA ABERTA

Um sistema de controle a malha aberta consiste em aplicar um sinal de controle pré-determinado, esperando-se que ao final de um determinado tempo a variável controlada atinja um determinado valor, ou apresente um determinado comportamento. Neste tipo de sistema de controle não são utilizadas informações sobre evolução do processo para determinar o sinal de controle a ser aplicado em um determinado instante. Mais especificamente, o sinal de controle não é calculado a partir de uma medição do sinal de saída, sendo assim, não exerce nenhuma ação de controle no sistema. O que caracteriza esse sistema é a imprecisão, nenhuma adaptação a variações externas (perturbações), dependência do julgamento e da estimativa humana (SILVA, 2000). A Figura 15 representa um controle a malha aberta.

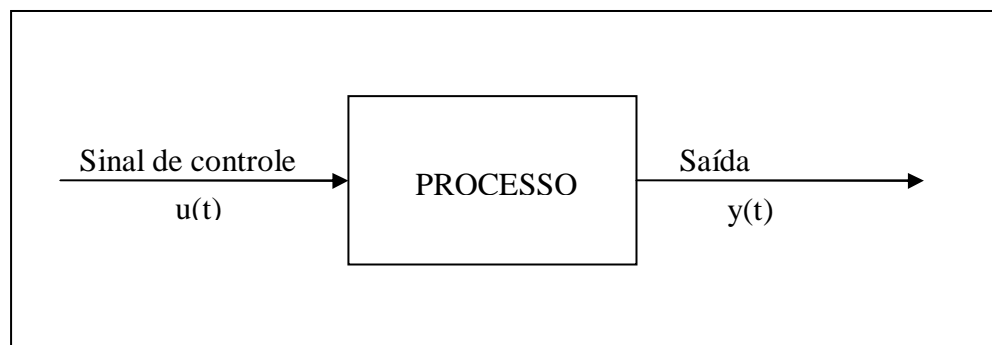


Figura 15. Controle a malha aberta  
Fonte: SILVA, J. (2000).

## 6.2 SISTEMA DE CONTROLE A MALHA FECHADA

Os sistemas de controle a malha fechada são também denominados sistema de controle com realimentação. Em um sistema de controle de malha fechada, o sinal de erro atuante, que é a diferença entre o sinal de entrada e o sinal de realimentação,

realimenta o controlador, de modo que minimize o erro e acerte a saída do sistema ao valor desejado (OGATA, 2003).

A resposta do sistema é relativamente insensível a distúrbios<sup>3</sup> e variações internas nos parâmetros do sistema. Sistemas de controle de malha fechada são vantajosos nos casos em que há distúrbios e/ou alterações não previsíveis nos componentes do sistema (OGATA, 2003). A Figura 16 apresenta um sistema de controle a malha fechada.

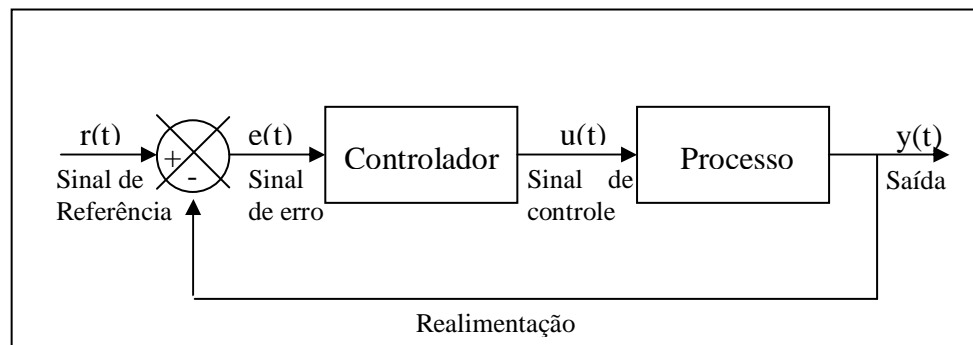


Figura 16. Sistema de controle a malha fechada  
Fonte: SILVA, J. (2000)

### 6.3 CONTROLADORES

Pode-se entender os controladores, como um dispositivo que atua como “operações matemáticas” sobre um sinal de erro  $e(t)$  a fim de produzir um sinal  $u(t)$  a ser aplicado com o intuito de satisfazer um determinado objetivo. Essas operações matemáticas chamamos de ações de controle, que são organizadas em 5 ações básicas:

- a) ação liga/desliga: funciona como um relé, pode ser implementada como um simples comparador, ou mesmo um relé físico;
- b) ação proporcional;

<sup>3</sup> É um sinal que tende a afetar de maneira adversa o valor da variável de saída de um sistema (OGATA, 2003)

- c) ação integral;
- d) ação derivativa;
- e) ação integral/ derivativa;

### **6.3.1 Sistema de Controle a Malha Fechada com ação liga/desliga**

A ação de controle utilizada neste trabalho é a liga/desliga (on/off), escolhida por contemplar de forma simplificada o objetivo deste trabalho. Pode ligar e desligar um periférico à medida que a temperatura chegar a uma faixa de operação. A lógica implementada é baseado em um limite de tolerância configurado pelo usuário, e na temperatura monitorada. A temperatura é comparada com a temperatura de tolerância mínima, que é formada pelo grau de estabilidade menos o percentual de tolerância. Caso a temperatura monitorada esteja abaixo desse limite, o atuador de aquecimento é mantido ligado. Também é comparado com o grau de estabilidade mais o percentual informado (temperatura de tolerância máxima) que, quando alcançado, desliga o atuador de aquecimento. Segue um pseudo-código:

```

Programa Controle(real: temperatura, real: tolerancia, real: estabilidade, inteiro:
chave)
Inicio
  Real: estabilidade, temperatura, temp_cont_min, temp_cont_max, tolerância;
  temperatura = Recebe(temperatura);
  tolerancia = Recebe(tolerancia);
  estabilidade = Recebe(estabilidade);
  temp_cont_min = estabilidade * (1 - tolerancia/100);
  temp_cont_max = estabilidade * (1 + tolerancia/100);
  Se temperature <= temp_cont_min então
    Inicio
      Se (chave == 0)
        Inicio
          liga(0);
          chave = 1;
        Fim Se
      Senão Se temperatura >= temp_cont_max
        Inicio
          Se chave == 1
            Inicio
              desliga(0);
              chave = 0;
            Fim Se
          Fim Senão
        Fim Se
    Fim
  Fim
Fim

```

Figura 17. Pseudo-código de controle

Para que o sistema controle os 8 canais, foi utilizado adicionalmente um demultiplexador<sup>4</sup>, para encaminhar a ação desejada de ação do controlador ao respectivo endereço do canal associado. O demultiplexador escolhido foi o 74LS156 com 3 linhas de endereço e 8 linhas de dados:

A disposição dos sinais em relação aos pinos do demultiplexador são ilustrados na Figura 18.

<sup>4</sup> Componente eletrônico que recebe um sinal de entrada e o distribui para várias saídas (TOCCI, 2003).

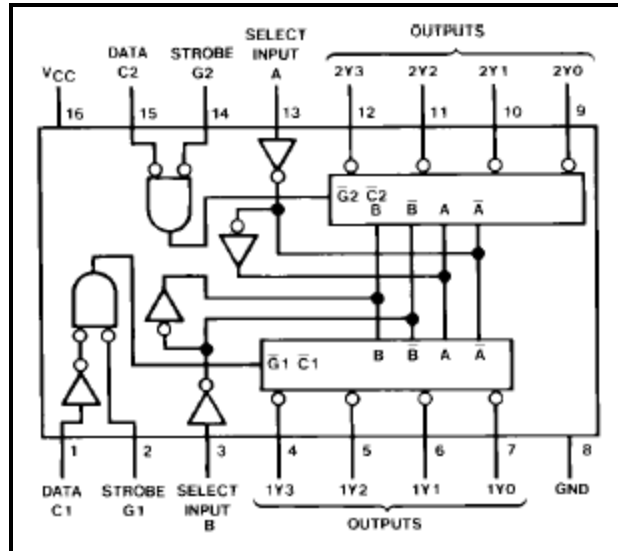


Figura 18. Diagrama de ligação dos sinais e pinos  
Fonte: FAIRCHILD (1986)

### 6.3.2 Relação dos Sinais do Demultiplexador 74LS156 a Porta Paralela

A disposição dos pinos da porta paralela com relação ao demultiplexador são apresentados na Tabela 6:

Tabela 6. Utilização do registrador de controle pelo demultiplexador 74LS156

Registrador de Controle (5 bits) – 037A(H)					
Pino	-	17(L)	16	14(L)	1(L)
<i>bit</i>	4	3	2	1	0
Sinal	*	G	C	B	A

\* (bit não utilizado)

### 6.3.3 Acionamento do Atuador de Aquecimento

O atuador de aquecimento é acionado pelo endereçamento da porta paralela enviado pelo *software* em forma de *bits*. Um pulso alto liga o canal desejado no endereço 0x37Ah e um pulso baixo desliga o canal desejado do endereço 0x37Ah. O demultiplexador 74LS156 permite demultiplexar 8 canais. O Quadro 4, mostra como

os canais são identificados e acionados com utilização dos *bits* C, B, A, de endereçamento respectivamente, e G de acionamento (On-Off) do atuador de aquecimento:

Inputs				Outputs							
Select			Strobe Or Data	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
C (Note 1)	B	A	G (Note 2)	2Y0	2Y1	2Y2	2Y3	1Y0	1Y1	1Y2	1Y3
X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H
L	H	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	H	H	L	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H
H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	L	H
H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L

Quadro 4. Seleção dos canais de saída.  
Fonte: FAIRCHILD (1986)

Para a memorização do sinal de acionamento (On-Off) do atuador de aquecimento, foram utilizadas flip-flops operando como células de memória. Foram utilizados 8 Flip-Flops tipo JK por meio de 4 CIs 74LS107. Alguns inversores adicionais foram utilizados para adequação de uns sinais, que em certos casos, apresentam lógica invertida.

O CI 74LS107 aciona um relê de 12V e 5A do canal associado comandado pelo endereço 37Ah da porta paralela. O relê aciona em 220V o atuador de aquecimento. Para ativar o relê, foi necessário a utilização de um circuito de acionamento baseado em um transistor BC548 que atua como chave em saturação e corte.

### 6.3.4 Relação de Materiais

A Tabela 7, apresentada a lista dos componentes utilizados no trabalho.

Tabela 7. Listagem de Materiais

Lista de Materiais Utilizados	
Quantidade	Descrição
01	ADC0808 Conversor A/D
01	74LS257
01	74LS04
08	Relê 12V 5A
08	BC 548
01	LM555
	Resistências, LEDs, Fiação
04	74LS156
04	74LS107
	Protoboards
01	Fonte 12V, 5V, -5V
	Conector DB25 Macho/Fêmea
	Conectores
08	CI 741
08	CI LM35

## 7 IMPLEMENTAÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DO SOFTWARE

O *software* foi desenvolvido com uso da ferramenta C++ Builder 6, da Borland. A preferência pela ferramenta deu-se pela linguagem utilizada ser a adotada pela universidade durante o decorrer do curso, além de possibilitar trabalhar com programação da porta paralela, funcionamento com banco de dados, orientação a objetos e com a plataforma desenvolvida. O *software* interage com um hardware com sensores e atuadores, que irão receber e enviar valores de dados por meio da porta paralela do computador. Estes dados irão ativar e desativar o atuador de aquecimento mantendo a estabilidade da temperatura interna. O sistema em *hardware* e *software* conectado a uma máquina “Extrusora de Polímeros” do curso de engenharia de materiais da UNESC, irá capturar e atuar provendo controle de temperatura, mantendo estável as zonas internas da máquina.

O *software* também conta com um banco de dados, o qual mantém as informações do sistema armazenadas de forma mais segura que em um arquivo texto. No banco de dados são armazenadas as configurações do sistema, o cadastro de responsáveis pelos ensaios e o monitoramento da temperatura dos 8 monitores simultaneamente registrando data, hora, temperatura monitorada e a temperatura de estabilidade configurada pelo operador do sistema. Cada seqüência é registrada em função dos usuários responsáveis, possibilitando a emissão de relatórios dos monitoramentos realizados em datas e horários distintos.

## 7.1 PLATAFORMA

Devido à facilidade de acesso foi utilizada a plataforma Windows da Microsoft para a implementação deste trabalho. A versão do sistema operacional utilizada foi a XP, sendo contudo compatível com o Windows 98, NT e 2000 em sua forma de execução.

### 7.1.1 Liberação de portas

O Windows XP tem uma política de segurança que não permite o acesso direto ao *hardware*. É necessário um *driver*<sup>5</sup> que faça comunicação com o núcleo (*kernel*) desse sistema para ter acesso às portas físicas do computador. Na versão do Windows 98 não há restrição e o acesso pode ser direto. Portanto, no Windows 98, não há necessidade do uso de *drivers*. A maneira encontrada para contornar este problema no Windows XP é por meio do aplicativo USERPORT.EXE, um software *freeware* desenvolvido por Tomas Franzon. Este aplicativo configurado apenas uma vez na máquina permite total acesso às portas. O arquivo userport.zip, disponibilizado juntamente com a instalação deste aplicativo, contém além do arquivo executável, os fontes em Visual C++, caso se deseje fazer estudos ou alterações.

Para instalar siga os passos:

- a) Descompacte o arquivo userport.zip em um diretório de trabalho.

---

<sup>5</sup> Aplicativo que permite a comunicação de softwares e hardware trabalhando com os níveis baixos do sistema operacional.

- b) No Windows 2000 , NT ou XP, copie o arquivo UserPort.sys (que foi descompactado) no diretório ...\\system32\\drivers.
- c) Execute o programa UserPort.exe.
- d) Ajuste os endereços para 0x378-0x37A conforme a figura 17, utilizando os botões ADD e Remove (para remover os outros endereços).
- e) Pressione o Botão “Start” e pronto!

A Figura 19 mostra a imagem de como deve ficar configurado o aplicativo.



Figura 19. Imagem da janela de configuração do aplicativo userport

## 7.2 ACESSO À PORTA PARALELA EM LINGUAGEM C

A linguagem C disponível para ambiente DOS, dispõe de funções para acesso as portas de entrada/saída (*inportb(endereço)*, *outportb(endereço,valor)*). A função *inportb()* retorna um valor de 8 *bits*, a segunda escreve um valor de 8 *bits* de 0 a 255. A linguagem C++ Builder disponível para o ambiente Windows não dispõe dessas funções. Foram utilizadas funções *InPortB( )* e *OutPortB( )* a partir da diretiva *asm* (código *Assembler*) (MATEUS, 2000). As funções *InPortB( )* e *OutPortB( )* utilizadas estão apresentadas abaixo:

```

// Função para escrever no endereço
void OutPortB(unsigned int endereco , unsigned int dado)
{
    _DX = endereco;
    _AX = dado;
    asm
    {
        Out dx , al
    }
}
//-----

// Função para ler do endereço
unsigned int InPortB(unsigned int endereco)
{
    _DX = endereco;
    asm
    {
        in al , dx
        mov ah , 0x00
    }
    return _AX ;
}

```

Figura 20. Função InPortB e OutPortB  
Fonte: ROGÉRIO (1999)

Exemplo de utilização das funções em C++ Builder:

```

void escreve_le()
{
    unsigned char canal, valor;
    canal = 0;
    OutPortB(0x37A, 24 + StrToInt(canal));
    valor = InPortB(0x379);
}

```

Figura 21. Exemplo de aplicação das funções

### 7.3 DEFINIÇÃO DAS CLASSES

Com base na fundamentação teórica descrita anteriormente foi levado em consideração que foi desenvolvido em uma linguagem utilizando a técnica de programação orientação a objetos, foram então utilizadas algumas classes para o monitoramento e controle da temperatura com uso do *hardware* disponibilizado. Classe é um conjunto de objetos e seus atributos e métodos que seus objetos terão em comum podendo ser visíveis ou não denominados encapsulamento (MANZANO, 2003).

Considerando os elementos físicos envolvidos foram criadas as classes: *ConversorAD*, *MonitoraCanal* e *Controle*, as demais classes existentes foram criadas pela própria ferramenta de desenvolvimento para o controle das janelas e botões.

Cada classe foi criada com base na sua principal funcionalidade.

### 7.3.1 Classe *ConversorAD*

É responsável por buscar o sinal digital do *hardware* enviando sinais pelos registradores da porta paralela, afim de capturar os valores do ADC0808 de um determinado canal. A escrita é feita pelo registrador de dados 0378h enquanto que a leitura é feita pelo registrador de estados 0379h. Possui um método construtor e um destrutor. Todos os métodos utilizados são públicos:

- a) **OutPortB( )**: é responsável por escrever nos registradores de endereço 0378h e 037Ah da porta paralela sobre o canal desejado.
- b) **InPortB( )**: é responsável pela leitura do registrador de endereço 0379h sobre o canal desejado.
- c) **BuscaValorDigital8BitsADC0808( )**: é responsável por buscar o valor digital em bits enviados pelo conversor ADC0808, são utilizados para isso os métodos *OutPortB* e *InPortB*, enviando e recebendo os dados.
- d) **ConversorAD**: é o método construtor, ao iniciar a utilização do método é alocado um espaço na memória para sua operação (MANZANO 2003).
- e) **~ ConversorAD**: é o método destrutor com o mesmo nome do construtor precedido pelo caracter  $\sim$  (tio), assim que finalizado o aplicativo é liberada a memória alocada a classe utilizada (MANZANO 2003).

A Figura 22 mostra a classe ConversorAD:

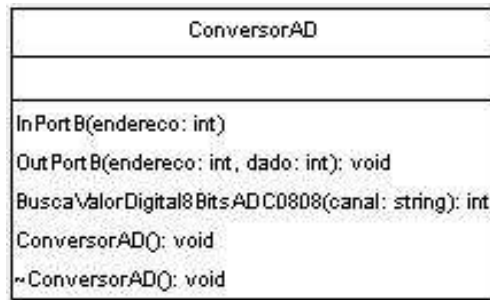


Figura 22. Diagrama da classe Conversor AD

### 7.3.2 Classe MonitoraCanal

Essa classe utiliza a classe ConversorAD para buscar os valores digitais do *hardware* e mostrar ao usuário em forma de escala de temperatura Celsius ou Fahrenheit possibilitando ao usuário selecionar o canal desejado de monitoria. Todos os métodos utilizados são públicos. Possui apenas um método relevante:

- Monitora( ):** utiliza-se da classe ConversorAD para poder buscar os valores do canal desejado convertendo para a escala de temperatura desejada: Celsius ou Fahrenheit.
- MonitoraCanal( ):** Contrutor da classe;
- ~MonitoraCanal( ):** Destrutor da classe.

A Figura 23 mostra a classe MonitoraCanal:

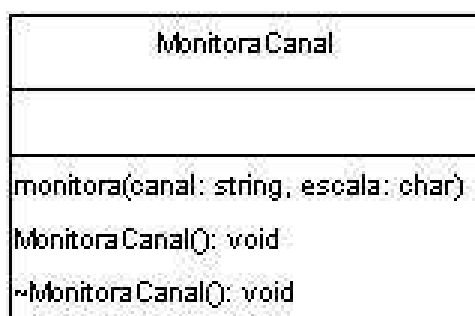


Figura 23. Diagrama da Classe MonitoraCanal

### 7.3.3 Classe Controle

A classe Controle é responsável pelo controle automático ou manual, mais precisamente por ligar ou desligar os dispositivos ligados ao *hardware*.

- a) **Liga( )**: Utiliza-se do método OutPortB da classe ConversorAD para enviar *bits* para o registrador de endereço 037Ah pela porta paralela.
- b) **Desliga( )**: Utiliza-se do método OutPortB da classe ConversorAD para enviar *bits* para o registrador de endereço 037Ah pela porta paralela.
- c) **Controle( )**: Construtor da classe;
- d) **~Controle( )**: Destrutor classe;

A Figura 24 mostra a o diagrama da classe Controle:

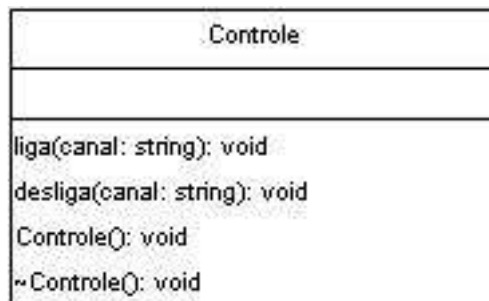


Figura 24. Diagrama da classe Controle

## 7.4 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

A tela mostrada na Figura 25 é a tela principal do aplicativo e é ativada assim que o usuário executa o aplicativo SISCONT.EXE:

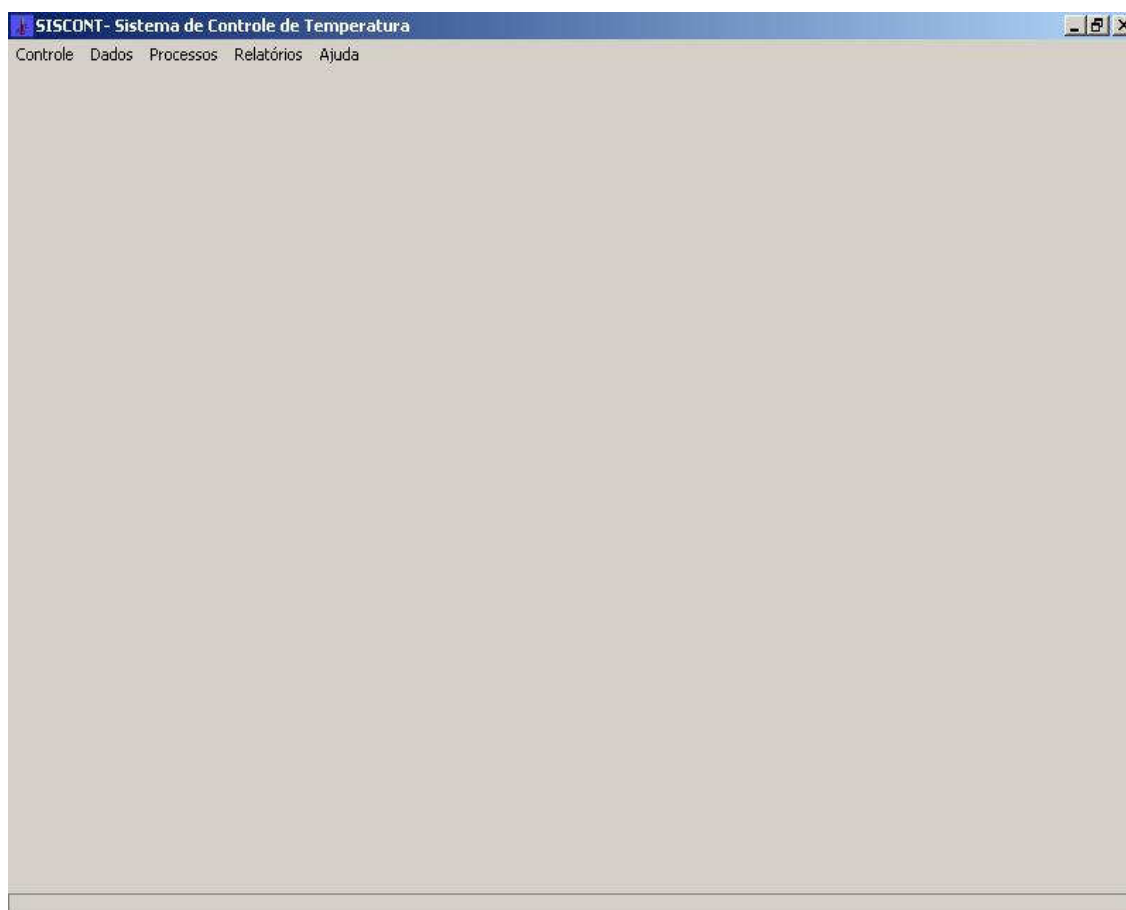


Figura 25. Tela Principal

O menu Controle contém apenas dois sub-menus que são: Configurações e Sair. No sub-menu Configurações, o software permite que seja configurado o tempo de gravação dos dados no banco, assim também como a tolerância de temperatura para o controle automático da temperatura. Essa tolerância em percentual é convertida em valores decimais da seguinte forma: quando a temperatura monitorada atingir o grau de estabilidade mais o percentual informado, o controle é desligado e somente é ligado novamente caso a temperatura atinja ao valor correspondente ao grau de estabilidade menos o percentual. A tela de configuração é demonstrada na Figura 26.

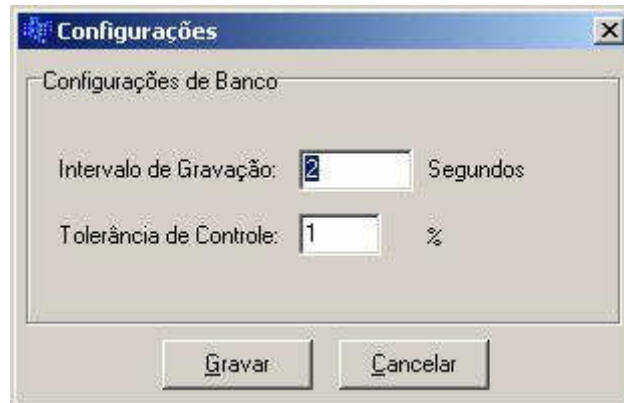


Figura 26. Tela de Configuração

Após gravar as configurações, é possível cadastrar os responsáveis no banco de dados na tela de cadastro de responsáveis localizada no menu Dados >> Responsáveis, como mostra a Figura 27. Nesta tela é possível inserir, alterar, selecionar/buscar e excluir responsáveis.



Figura 27. Tela do cadastro de responsáveis

Com esses ajustes é possível fazer o monitoramento e controle automático da temperatura. O *software* foi projetado para monitorar e controlar até 8 zonas de temperatura. O menu Processos >> Monitor acessa a tela de monitoramento, permitindo que sejam selecionados até 8 canais com os comandos liga e desliga e com o controle automático, o qual se utiliza da configuração de tolerância configurada anteriormente na tela de configurações. Nos botões Ligar e Desligar foram utilizadas as operações correspondentes da classe Controle. Cada monitor opera de forma individual devido à

utilização de temporizadores individuais. Cada temporizador utiliza a operação `monitora()` da classe `MonitoraCanal`. A classe `MonitoraCanal` utiliza a operação `BuscaValorDigital8BitsADC0808()` da classe `ConversorAD`. Na tela de monitores é possível que seja gravado um ensaio informando o responsável, as observações e informações de monitoramento. Para iniciar o monitoramento basta selecionar os monitores de 1 a 8 que o temporizador respectivo é automaticamente acionado. Ao selecionar um monitor, o software utiliza o código abaixo para se comunicar com o hardware para fazer a conversão AD pela porta paralela:

```
int __fastcall ConversorAD::BuscaValorDigital8BitsADC0808(AnsiString canal)
{
    unsigned char valor0, valor1, valorfinal, EOCh;
    // Inicializações
    valor0=0;    valor1=0;    EOCh=0;
    // Seleção do canal de entrada e posiciona C B A nos bits 7 6 5
    canal = (canal<<5)&224; //224=11100000 Ex.: Se canal=0, será 0=00000000
    // Seleção do canal de entrada e posiciona C B A nos bits 7 6 5
    // e levanta OutPutControl do 74LS257 (bit4 = 1)
    OutPortB(0x378,StrToInt(canal)+16); // 16 = 10000 => CBD10000
    // Subida do pulso ALE para validar o endereço C B A (bit2 = 1)
    OutPortB(0x378,StrToInt(canal)+16+4); //16=10000 4=100 => CBA10100
    Sleep(5);
    // Decida do pulso ALE (bit2 = 0)
    OutPortB(0x378,StrToInt(canal)+16+0); //CBA10000
    // Subida do pulso Start (bit1 = 1)
    OutPortB(0x378,StrToInt(canal)+16+2); //CBA10010
    Sleep(5);
    // Decida o pulso Start, inicia conversão
    OutPortB(0x378,StrToInt(canal)+16+0); //CBA10000
    // Le EOCh e espera até que ele seja diferente de 0.
    do{
        EOCh = InPortB(0x379);
        EOCh = (!(valor0>>7)&1);
    }while(!EOCh);
    // Envia sinal p o OE indicando o fim da conversão e libera para leitura
    OutPortB(0x378,StrToInt(canal)+0+1);
    // Le os 4 lsb - considera os bits 3 4 5 6 do registro de dados
    valor0 = InPortB(0x379);
    valor0 = (valor0>>3)&15; // 15=1111 Empurra p direita 3 bits = 0001
    // Seleciona últimos 4 bits msb - pino 5 que é o bit 3 de dados
    // e baixa OutPutControl do 74LS257 - bit4
    OutPortB(0x378,StrToInt(canal)+0+9); //9=1001 0+9=CBA01001
    // Le os 4 msb - considera os bits 3 4 5 6 do registro de dados
    valor1 = InPortB(0x379);
    valor1 = (valor1<<1)&240;
    // Seleção do canal de entrada e posiciona C B A nos bits 7 6 5
    // e levanta OutPutControl do 74LS257 - bit4
    OutPortB(0x378,StrToInt(canal)+16+0);
    valorfinal = valor0+valor1;
    return(valorfinal);
}
```

Figura 28. Código Fonte do Conversor AD

Para utilizar o controle automático, após ter selecionado o monitor desejado, deve-se primeiro estabelecer o grau de estabilidade no campo “Estabilizar em”, após isso marque a opção “Controle Automático” que se dá início imediatamente. Caso desejar gravar as informações de monitoramento no banco de dados, deve-se inserir um novo ensaio, clicando no botão “Novo Ensaio”, inserir a informações e clicar no botão “Salvar”. Caso não se deseje salvar as informações no banco pode-se cancelar o processo clicando no botão “Cancelar”. Após selecionar algum monitor, clique no botão “Iniciar” para registrar as temperaturas dos monitores para o banco de dados. Com isso será ativado o temporizador de gravação no banco que irá gravar em tempos especificados pelo usuário no menu de configuração. Ao fechar esta tela automaticamente são desligados os monitores, assim também sendo possível desligá-los manualmente clicando no botão “Desligar Todos”. No final da janela, é visualizado um campo de *status* com instruções do que o usuário está visualizando. A tela de monitores é demonstrada na Figura 29.

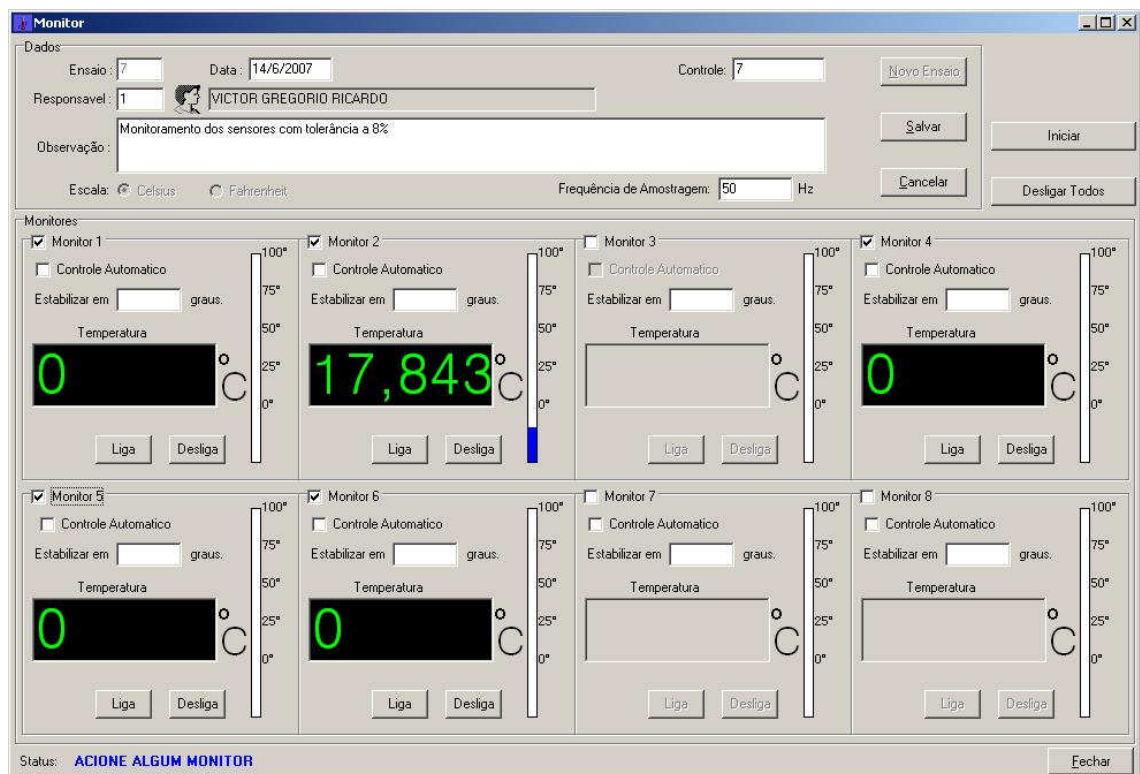


Figura 29. Tela de Monitores

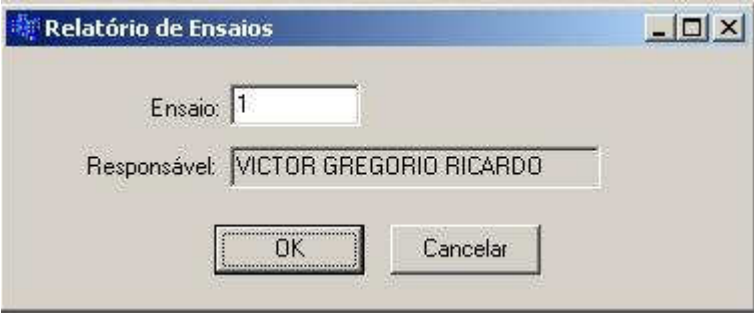
No menu Processos >> Exclusão de Ensaios, é possível excluir um ensaio que não se deseja manter no banco de dados. É mostrado na Figura 30 a tela de exclusão de ensaios.



A screenshot of a software window titled "Exclusão de Ensaios". The window has a blue title bar with a close button (X) on the right. The main area is light gray and contains three text input fields: "Código do Ensaio:" with the value "1", "Data do Ensaio:" with the value "3/4/2007", and "Responsável:" with the value "VICTOR GREGORIO RICARDO". Below the fields are two buttons: "Excluir" and "Cancelar".

Figura 30. Tela de Exclusão de Ensaios

Para que se possa acompanhar os ensaios de monitoramentos gravados no banco de dados, foi desenvolvido um relatório que será emitido por meio da janela localizada no menu Relatórios >> Ensaios conforme demonstra a Figura 31.



A screenshot of a software window titled "Relatório de Ensaios". The window has a blue title bar with standard window controls (minimize, maximize, close) on the right. The main area is light gray and contains two text input fields: "Ensaio:" with the value "1" and "Responsável:" with the value "VICTOR GREGORIO RICARDO". Below the fields are two buttons: "OK" and "Cancelar".

Figura 31. Tela de emissão do relatório de ensaio

O relatório é demonstrado na Figura 32 e no apêndice C no final deste trabalho:

Ensaio: 7		Data: 14/06/2007		Escala: Celcius		14/6/2007 15:57:50										
Responsável: 1		VICTOR GREGORIO RICARDO														
Data/Hora	Monitor 1	Estab.	Monitor 2	Estab.	Monitor 3	Estab.	Monitor 4	Estab.	Monitor 5	Estab.	Monitor 6	Estab.	Monitor 7	Estab.	Monitor 8	Estab.
15:04:08	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:10	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:12	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:14	0,00	0,00	19,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:16	0,00	0,00	20,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:18	0,00	0,00	20,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:20	0,00	0,00	21,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:22	0,00	0,00	21,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:24	0,00	0,00	22,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:26	0,00	0,00	22,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:28	0,00	0,00	23,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:30	0,00	0,00	24,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:32	0,00	0,00	22,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:34	0,00	0,00	24,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:36	0,00	0,00	26,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:38	0,00	0,00	23,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

1

Figura 32. Relatório de ensaios

## 7.5 DIAGRAMA DE ESTADOS

O diagrama de estados permite demonstrar com mais detalhes o comportamento do sistema. É um diagrama que representa uma máquina de estados, essa demonstrando graficamente os estados e transições do sistema. A seguir é demonstrado resumidamente um diagrama com os estados do *software*.

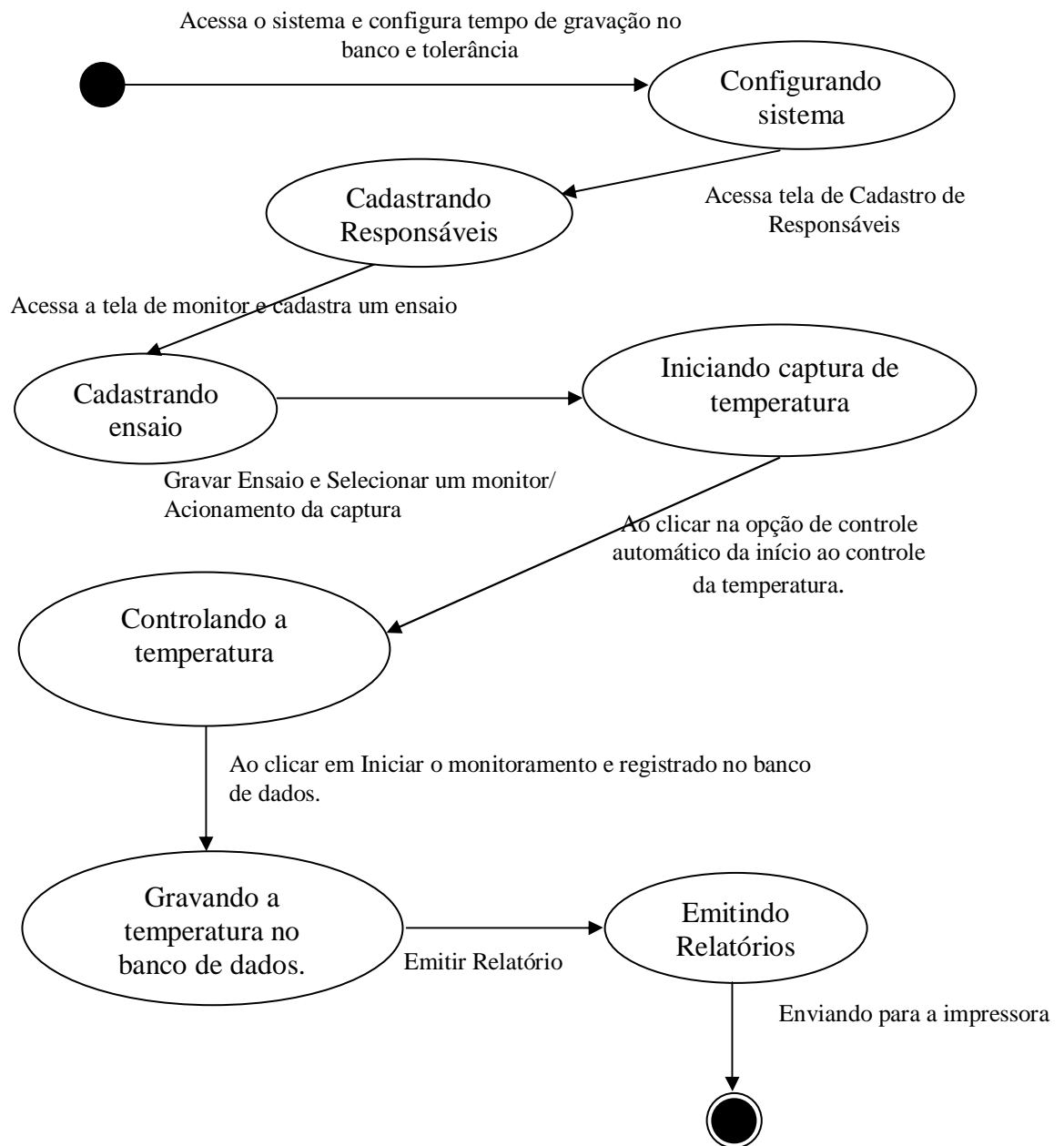


Figura 33. Diagrama de Estados

## 7.6 CASO DE USO

Na engenharia de *software* o Diagrama de Caso de Uso descreve a funcionalidade proposta para o sistema. Um Caso de Uso representa uma unidade

discreta de integração entre um usuário (humano ou máquina) e o sistema (MEDEIROS, 2004).

- a) Acesso ao sistema – O usuário acessa a aplicação e visualiza a área principal da aplicação com seus menus de acesso;
- b) Cadastro de Ensaio - O usuário acessa o menu de cadastro de ensaio e informa os dados para dar início a monitoria e controle.
- c) Selecionar monitor e inicia captura da temperatura - O usuário informa o parâmetro de controle e dá início a monitoria. O sistema busca os dados enviados pelo hardware.
- d) Envia temperatura para o sistema - O sistema recebe o valor do sensor. O sistema converte o valor em temperatura para escalas do grau Celsius ou Fahrenheit e exibe na tela;
- e) Armazenamento de dados no banco de dados - O usuário determina a faixa de tempo que quer gravar as informações no banco de dados. O sistema verifica no banco de dados qual o tempo para armazenamento dos dados. O sistema envia os dados para o banco de dados.
- f) Controlar os Periféricos Liga/Desliga – Usuário coloca o sistema em controle automático ou aciona manualmente o controle. O sistema envia o parâmetro necessário para o controle de temperatura.
- g) Gerar Relatórios - Mostrar ao usuário resultados do ensaio mantidos no banco de dados – O usuário solicita o relatório e informa o código do ensaio. O sistema consulta o banco de dados. O sistema gera a visualização do relatório na tela permitindo a impressão.

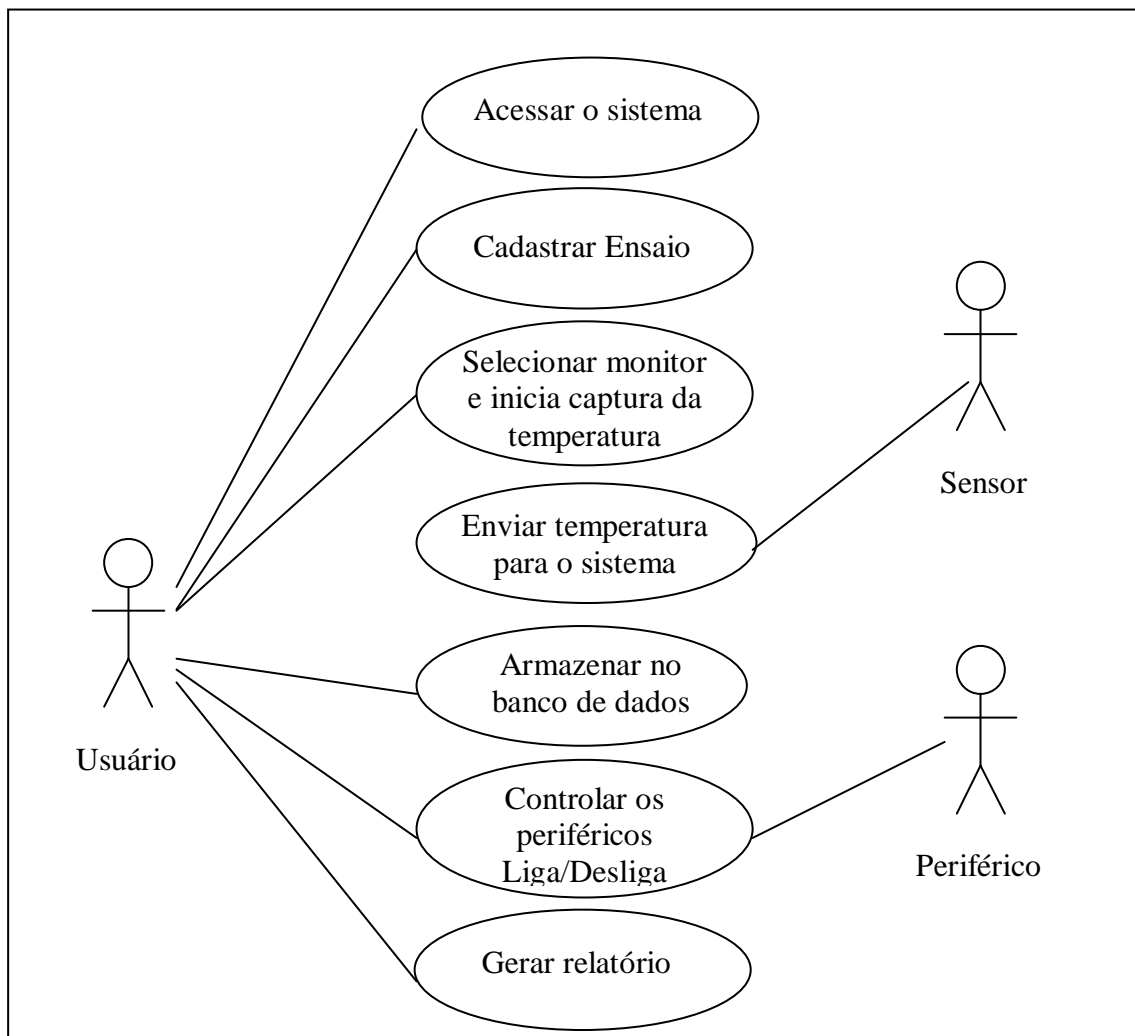


Figura 34. Diagrama de caso de uso

## 7.7 BANCO DE DADOS

A utilização de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) no projeto permitirá manter os registros dos ensaios realizados no sistema. O SGBD escolhido para este projeto foi o Firebird. Este SGBD foi desenvolvido pela empresa Borland, onde hoje não mantém mais este produto, sendo uma ferramenta totalmente independente do seu produto que o originou: Interbase, sendo uma cópia de código livre deste produto disponibilizado em junho de 2000. Além de ser uma ferramenta gratuita é compatível com várias plataformas (Windows, Linux, FreeBSD, e outras), possuindo

linguagem de suporte a *stored procedures* e *triggers* de banco além de suportar várias linguagens de programação, dentre elas, o C++ Builder, utilizada neste projeto, também é um banco relacional separando seus dados em tabelas, utilizando a linguagem padrão relacional SQL (Strutured Query Language – Linguagem estruturada de consulta) (FIREBIRD, 2007).

### 7.7.1 Dicionário de Dados

Tabela: CONFIG

PK	i_config	Inteiro	Código da configuração
	tempo_registro	Inteiro	Tempo para gravar captura da temperatura no banco de dados
	tolerância	Real	Percentual de limite de tolerância para acionamento do controle de temperatura

Tabela: ENSAIO

PK	i_ensaio	Inteiro	Código do ensaio
	data_hora_ini	Data_hora	Data/Hora inicio do ensaio
	data_hora_fim	Data_hora	Data/Hora Fim do ensaio
FK	i_responsavel	Inteiro	Código do responsável pelo ensaio
	obs	Texto(300)	Observações do ensaio
	controle	Inteiro	Número do controle interno
	escala	texto(1)	C para Celsius e F para Fahrenheit

Tabela: PROCESSOS ENSAIO

PK	i_processo	Inteiro	Código do processo
FK	i_ensaio	Inteiro	Código do Ensaio
	data	Data_hora	Data/hora do registro
	monit1	Real	Grau registrado do monitor 1
	estab1	Real	Grau a estabilizar para o monitor 1
	monit2	Real	Grau registrado do monitor 2
	estab2	Real	Grau a estabilizar para o monitor 2
	monit3	Real	Grau registrado do monitor 3

	estab3	Real	Grau a estabilizar para o monitor 3
	monit4	Real	Grau registrado do monitor 4
	estab4	Real	Grau a estabilizar para o monitor 4
	monit5	Real	Grau registrado do monitor 5
	estab5	Real	Grau a estabilizar para o monitor 5
	monit6	Real	Grau registrado do monitor 6
	estab6	Real	Grau a estabilizar para o monitor 6
	monit7	Real	Grau registrado do monitor 7
	estab7	Real	Grau a estabilizar para o monitor 7
	monit8	Real	Grau registrado do monitor 8
	estab8	Real	Grau a estabilizar para o monitor 8

Tabela: RESPONSÁVEIS

PK	i_responsaveis	Inteiro	Código do responsável
	responsavel	Texto(60)	Nome do responsável

## 7.8 RESULTADOS

No experimento registrado, configuramos o *software* para uma tolerância de controle em 10% e gravação no banco de dados a cada 2 segundos. Utilizando-se de atuador de aquecimento acionado por um relê, obtemos aquecimento da temperatura capturada pelo sensor. Foram obtidos os resultados a seguir:

- a) Foi iniciado o cadastro do ensaio;
- b) acionamos o monitor 2 e visualizamos a temperatura ambiente de 18 graus conforme mostra a Figura 35 abaixo;

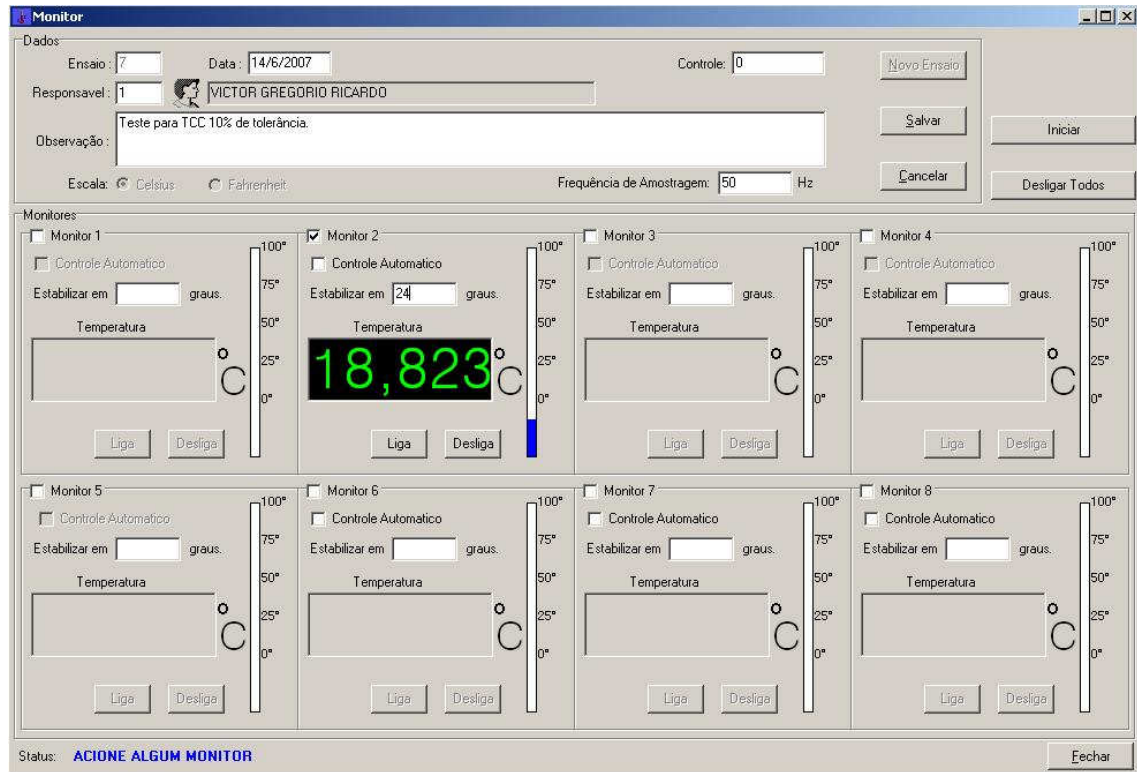


Figura 35. Monitores

- c) foi estipulada a estabilidade em 24 graus Celsius conforme figura acima, logo o limite mínimo e máximo de tolerância variavam entre 21.6 e 26.4 graus respectivamente;
- d) foi acionado o controle automático do monitor 2 e iniciou-se o controle ligando atuador de aquecimento automaticamente, visto que a temperatura estava abaixo da tolerância mínima 21.6 graus Celsius;
- e) nos primeiros 10 segundos a temperatura aumentou 2 graus chegando a 20 graus Celsius;
- f) Após 20 segundos a temperatura estava próxima da estabelecida, 24 graus Celsius e após 26 segundos a temperatura atingiu a limite máximo dando início a estabilização desligando o atuador de aquecimento;
- g) No decorrer do tempo a temperatura variava entre 23 e 26 graus Celsius, ligando e desligando atuador de aquecimento automaticamente para manter a estabilidade.

- h) O apêndice C mostra o relatório emitido pelo sistema demonstrando o resultado do ensaio realizado.

## **8 TRABALHOS CORRELATOS**

Neste capítulo são discutidos alguns trabalhos correlatos que serviram de base o desenvolvimento deste trabalho.

### **8.1 SOFTWARE PARA CONTROLE DE TEMPERATURA EM ESTUFAS**

Um sistema desenvolvido por sete acadêmicos do curso de Ciência da Computação da UFLA - Universidade Federal de Lavras, é demonstrado nesse artigo de seis páginas um sistema que foi desenvolvido para controlar a temperatura de uma estufa denominado CTE, permitindo ao usuário o controle automático, com uma temperatura mínima e máxima e o controle manual, desligar e ligar periféricos. Este implemento permite controlar até 3 periféricos sendo eles duas lâmpadas para o aquecimento e um exaustor para o resfriamento. O trabalho foi implementado na linguagem C++ com a ferramenta C++Builder versão 1, 4 e 6 (SILVA A., 2006).

### **8.2 SISTEMA EM HARDWARE E SOFTWARE PARA AQUISIÇÃO DE SINAIS ANALÓGICOS UTILIZANDO A PORTA PARALELA**

O trabalho discute a aquisição de dados analógicos associada à conversão de sinais para o formato digital. Um circuito conversor A/D de 8 bits e 8 canais é construído para a utilização na análise de sinais. A captura e o condicionamento de sinal são realizados pelo computador de forma automática. O trabalho descreve também a utilização da porta paralela na captura de sinais analógicos. Os modos de operação da Porta Paralela dos computadores do padrão IBM/PC são abordados, bem como aspectos

estruturais desta forma de comunicação. Alguns circuitos de condicionamento de sinais são analisados bem como elementos de aquisição de sinais, os transdutores. O software, desenvolvido em C++ Builder, utiliza técnicas de orientação a objetos a fim de modularizar o sistema. O programa efetua a aquisição de dados controlando o circuito conversor, exibe os dados digitalizados em forma de gráficos e armazena-os em disco (MADEIRA, 2004).

### 8.3 PROTÓTIPO PARA MONITORAMENTO DE TEMPERATURA DO PROCESSO DE INCUBAÇÃO

O trabalho discute um Sistema de Monitoramento de Temperatura do Processo de Incubação Artificial. O protótipo desenvolvido coleta os parâmetros enviados pelos sensores de temperatura, em 8 canais, que poderão ser distribuídos em diferentes pontos dentro da incubadora. Foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados em hardware e software capaz de coletar os sinais enviados pelos sensores e disponibilizar e armazenar as grandezas de temperatura em tempo real. O armazenamento dos dados obtidos pelos sensores, é realizado em um banco de dados que fornece relatórios na forma de texto (ROCHO, 2006).



## CONCLUSÃO

As áreas de controle e automação, associadas aos domínios da eletrônica e da ciência da computação, cada vez mais vem se destacando nos mais diversos meios. A chave que torna isto possível são os recursos tecnológicos e humanos provindos da pesquisa e do desenvolvimento. Ficou evidenciado neste trabalho a importância da formação para execução de um projeto científico.

Foi desenvolvido um sistema de monitoramento e controle de temperatura por meio de um sistema em hardware e software. Para o desenvolvimento, foram requeridos conceitos, de eletrônica, arquitetura de computadores, controle e automação e programação. A interface do *hardware* do sistema com o computador foi realizada por meio da porta paralela. Foi desenvolvido um *software* específico para o monitoramento e controle automatizado dos atuadores de aquecimento dos 8 canais.

O *hardware* foi montado em uma matriz de contatos. Isto permite que estudos futuros possam ser viabilizados sob o mesmo hardware ou sobre evoluções deste. Outras grandezas como pressão, vazão e torque também são possíveis sob o mesmo sistema, desde que os circuitos de condicionamento de sinais e acionamento sejam redimensionados. Outras técnicas de controle poderão futuramente ser estudadas e implementadas sob o sistema desenvolvido.

O *software* desenvolvido, em linguagem “C”, mostrou-se versátil. O sistema também disponibiliza um sistema de banco de dados com cadastro de usuários para operação de registros de monitoramento e emissão de relatórios. A partir do código fonte atual, alterações são possíveis para atender outras aplicações em sistemas de controle.

Dentre as dificuldades encontradas no decorrer deste trabalho podem ser citadas: lógica e eletrônica na composição do *hardware* e sistema de conversão analógico/digital; utilização de um banco de dados *freeware*, no caso o firebird e; implementação do sistema com a ferramenta de desenvolvimento C++ Builder.

Observou-se a importância da lógica de programação estruturada e sua integração com sistemas em hardware e software, afim de possibilitar trabalhos conjuntos entre áreas como ciência da computação, engenharia de materiais, dentre outras.

Um controle via Web, é uma possível perspectiva de trabalho futuro, afim de monitorar e controlar os dispositivos de qualquer lugar com acesso a Internet. Outra possibilidade seria também o estudo de técnicas de controle usando inteligência artificial como lógica fuzzy, dentre outras.

## REFERÊNCIAS

- BALBINOT, Alexandre. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas**. Porto Alegre: LCT, 2006.
- BRABENDER. Disponível em: <http://www.cwbrabender.com/>. Acesso em: 20 de março de 2007.
- DORF, R.; BISHOP, Robert. **Sistemas de Controle Moderno**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- FAGUNDES, Rubem Ribeiro. **Elementos de Sistemas Lineares e de Controle**. Porto Alegre: Ed. Do Autor, 1989.
- FIALHO, Arivelto Bustamante. **Instrumentação Industrial: Conceitos, Aplicações e Análises**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2005.
- FIREBIRD. Disponível em: <http://www.firebird.com.br/>. Acesso em: 10 de março de 2007.
- GÜÉMEZ, Julio; FIOLEAIS, Carlos; FIOLEAIS, Manuel. **Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1998.
- HAYKIN, Simon; VAN VEEN, Barry; SANTOS, José Carlos Barbosa dos. **Sinais e sistemas**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- HOLLINGWORTH, Jarrod; BUTTERFIELD, Dan; SWART, Bob; ALLSOP, Jamie; et al. **C++ Builder 5 Developer's Guide**. New York: SAMS, 2000.
- KAUFMAN, Milton; WILSON, J.A.. **Eletrônica Básica: teoria e prática**. V.1. São Paulo: Rideel Ltda. S/ ano.
- LARMAN, Craig. **Utilizando UML e Padrões: uma introdução à análise e ao projeto orientados a objetos**. Trad. Luiz A. Meirelles Salgado. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- MADEIRA, Valmor Mrotskoski. **EXTRUDATA**, Santa Catarina. 2004.
- MANZANO, José Augusto Navarro Garcia. **C++ ANSI(ISO / IEC 14882: 1998): programação de computadores**. São Paulo: Érica, 2003.
- MATEUS, C. A. **C++ Builder 5: Guia prático**. São Paulo: Érica, 2000.
- MEDEIROS, Ernani Sales de. **Desenvolvendo Software com UML 2.0: definitivo**. São Paulo: Person Makron Books, 2004.
- MICROSOFT. **Deploying Windows XP Part I: Planning**. Disponível em <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb457061.aspx>> Acesso em jun. 2007.

NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. São Paulo: Érica, 2000.

NATIONAL Semiconductor. **AD0808/0809 8-bit mP Compatible A/D Converters with 8-Channel Analog Multiplexer**. Disponível em <<http://www.national.com/ds/AD/ADC0808.pdf>> Acesso em mai. 2007.

NATIONAL Semiconductor. **National P/N LM741 - Operational Amplifier**. 2000. Disponível em <<http://www.national.com/pf/LM/LM741.html>> Acesso em mai. 2007.

OGATA K., **Discrete-Time Control Systems**. 2. Ed. Estados Unidos: Prentice Hall New Jersey, 1995.

OGATA K., **Engenharia de Controle Moderno**. 4. Ed. Prentice Hall do Brasil, 2003;

ORYZON indústria de Máquinas e equipamentos Ltda. **Extrusora OZ-EXM-22 PVC-CE – Manual Técnico**. Oryzon. Joinville: 2000.

PERTENCE JUNIOR, Antonio. **Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos – 5..** São Paulo: Makron, 1996.

ROCHO, Wagner da Silva; SALVARO, Everson Bez Birolo. **Protótipo para Monitoramento de Temperatura do Processo de Incubação**. Santa Catarina. 2006

ROGÉRIO, Antônio. **Enviar e receber bytes através da Porta Paralela**. Disponível em: <<http://atlas.ucpel.tche.br/~rafaelte/portap.html>> 1999, acesso em 17 nov 2006.

SENAI-DR/BA – CETIND/NIP. **Extrusão de Plásticos**. Salvador: Núcleo de Informação e Serviços em Plásticos, 1998.

SILVA, João Manoel Gomes da. **Ajuste de Controladores PID**. Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.ece.ufrgs.br/~jmgomes/pid/Apostila/apostila/apostila.html>> acesso em 17 nov 2006.

SILVA, A. Carlos Alves et all. **Software para Controle de Temperatura em Estufas**. MG. Disponível em: <[http://www.dcc.ufla.br/infocomp/artigos/v2.1/artigo\\_cte.pdf](http://www.dcc.ufla.br/infocomp/artigos/v2.1/artigo_cte.pdf)> acesso em 20 nov. 2006.

SILVEIRA, P. R.; Winderson E. Dos Santos. **Automação e Controle Discreto**. São Paulo : ERICA, 1998.

TOCCI, Ronald J. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**. 8. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

WIKIPÉDIA.(f) A Enciclopédia Livre. **Conversor Analógico x Digital**. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Conversor\\_Anal%C3%B3gico-Digital](http://pt.wikipedia.org/wiki/Conversor_Anal%C3%B3gico-Digital)> acesso em: 16 out. 2006.

WIKIPÉDIA.(e) A Enciclopédia Livre. **Conversor Digital x Analógico**. Disponível em

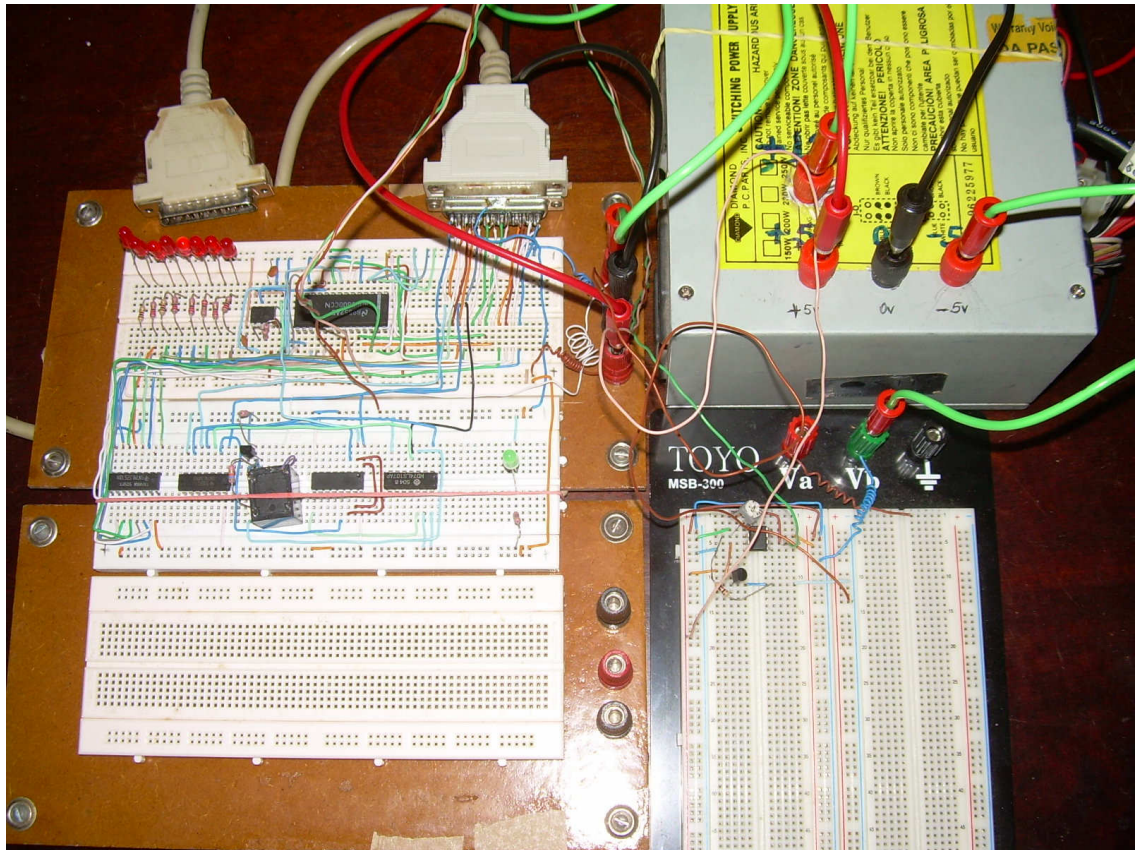
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Conversor\\_digital-anal%C3%B3gico](http://pt.wikipedia.org/wiki/Conversor_digital-anal%C3%B3gico) acesso em: 16 out 2006.

WIKIPEDIA (win). A Enciclopédia Livre. **Windows XP**. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Windows\\_xp](http://pt.wikipedia.org/wiki/Windows_xp)> acesso em: 25 mar 2007.

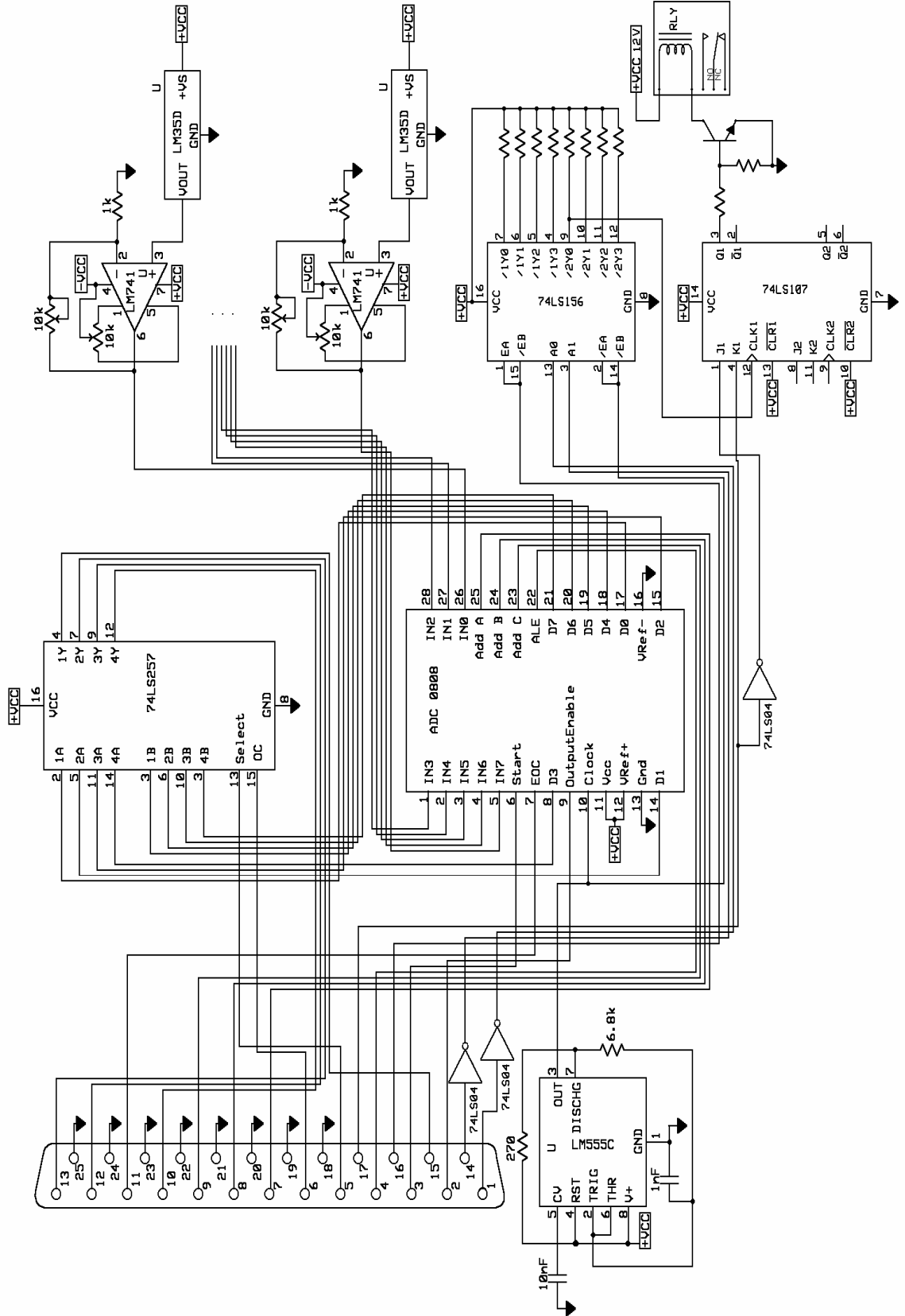
ZELENOVSKY, Ricardo; MENDONÇA, Alexandre. **PC: Um Guia Prático de Hardware e Interfaceamento**. 2a ed. Rio de Janeiro: MZ Editora Ltda, 1999. 760p.:il.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A: Foto do hardware desenvolvido para o projeto do sistema.**



### APÊNDICE B: Diagrama elétrico.



### APÊNDICE C: Relatório do Ensaio 1/2

Ensaio: 7		Data: 14/06/2007		Escala: Celcius		14/6/2007 15:55:17		
Responsável: 1		VICTOR GREGORIO RICARDO						
Data/Hora	Monitor 1	Monitor 2	Monitor 3	Monitor 4	Monitor 5	Monitor 6	Monitor 7	Monitor 8
15:04:08	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:10	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:12	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:14	0,00	19,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:16	0,00	20,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:18	0,00	20,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:20	0,00	21,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:22	0,00	21,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:24	0,00	22,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:26	0,00	22,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:28	0,00	23,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:30	0,00	24,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:32	0,00	22,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:34	0,00	24,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:36	0,00	26,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:04:38	0,00	23,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



**APÊNDICE D: Relatório de Responsáveis**

18/6/2007 11:34:58

**Relatório de Responsáveis**

Código	Nome
2	EVANIO RAMOS
4	FERNANDO COLONETTI
3	LUIZ INÁCIO LULA
1	VICTOR GREGORIO RICARDO