

**Carlos Jones Rebello Junior**

**Sistema de Aquisição de Dados Agrometeorológicos Baseado no  
Microcontrolador “*BASIC Step*”**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciência da Computação, para obtenção do título de Bacharel

Orientador

Prof. Luciano Mendes dos Santos

Co-Orientador

Prof. Giovanni Francisco Rabelo

Co-Orientador

Prof. Antônio Augusto Aguilardantas

Lavras  
Minas Gerais - Brasil  
2004



**Carlos Jones Rebello Junior**

**Sistema de Aquisição de Dados Agrometeorológicos Baseado no  
Microcontrolador “*BASIC Step*”**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciência da Computação, para obtenção do título de Bacharel

Avaliada em 21/06/2004

---

Prof. Luciano Mendes dos Santos  
(Orientador)

---

Prof. Giovanni Francisco Rabelo  
(Co-Orientador)

---

Prof. Antônio Augusto Aguilar Dantas  
(Co-Orientador)

Lavras  
Minas Gerais - Brasil



## Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Carlos Jones e Eliane, por terem me dado a oportunidade de hoje estar aqui concluindo a primeira etapa da minha vida acadêmica e aos meus irmãos Mário e Thaísses por terem me dado a sobrinha mais linda do mundo, a Victorinha.

A minha namorada Ana Carla, por seu amor que muitas vezes não fui capaz de corresponder a altura, por ter estado sempre ao meu lado, ensinado-me a crescer como “pessoa” que hoje sou, *TE AMO*.

Aos meus tios Paulinho, Shirley, José Cláudio, Teresinha, Vera e aos primos Luisinho, Verônica e Bianca pelo apoio e carinho e por terem me dado incentivo quando mais precisei.

Agradeço especialmente, acima de todos os meus familiares, a minha “Vó Isaura”, que sem dúvida foi a pessoa que mais “brigou” para que eu chegasse onde estou hoje.

Aos professores Luciano, Giovanni e Antônio Augusto, que mais do que orientadores, foram amigos nos momentos que mais precisei.

Aos meus “irmãos” Robert e Blade, por terem sido os maiores companheiros tanto nos bons como nos maus momentos do curso, e que mais do que ninguém mereceram chegar onde hoje estão. Aos companheiros Adler, Renata, Vanessa e demais companheiros de curso, pela amizade e principalmente a companhia nas noites mal dormidas.

Aos professores e demais funcionários do Departamento de Ciência da Computação, pela ajuda prestada e conhecimento transmitido.

Aos meus companheiros de apartamento Wellington (Elvis), Shigueto (Joãoponês), Gleimar (Gaymar) e Márcio (Pantera), juntamente com meus ex-companheiros Rafael (Pira), Daniel (Kbeça), Thiago (Boogaloo), Adler (Boto) e Flávio (Flaveco), por terem me proporcionado os momentos mais cômicos da minha vida e pela amizade compartilhada a todo o tempo.

Ao amigo Tiquinho e a minha “mãe” Maria, pela ajuda e carinho me dados.

A Deus.

Finalmente gostaria de dedicar este trabalho a memória do professor Luis Artur Vilela, por ter me dado oportunidade de desenvolvê-lo, sem o qual eu hoje não estaria aqui...



*À minha maravilhosa família.*





## **Resumo**

O objetivo deste trabalho é apresentar um sistema de aquisição de dados (“*datalogger*”) meteorológicos para fins agrícolas, onde sua utilização se torna de grande importância para áreas como agrometeorologia e climatologia, mais especificamente em alguns ramos dessas áreas como irrigação e controle de pragas e doenças. Este trabalho descreve a modelagem do sistema de forma que a apresentação detalhada da construção de cada módulo desenvolvido, permitirá ao usuário, com alguns conhecimentos básicos de programação e eletrônica, a construção do seu próprio sistema automatizado.

## **Abstract**

The purpose of this work is the presentation a system of acquisition of data (“*datalogger*”) meteorological for agricultural ends, where its use if becomes of great importance for areas as agricultural meteorology and study of the climate, more specifically in some branches of these areas as irrigation and control of plagues and illnesses. This work describes the modeling of the form system that the detailed presentation of the construction of each developed module, it will allow to the user, with some basic knowledge of programming and electronics, the construction of its proper automatized system.



# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Considerações iniciais . . . . .	1
1.1.1	Meteorologia . . . . .	1
1.1.2	Microcomputador uma poderosa ferramenta . . . . .	2
1.2	Objetivos e Justificativas . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>5</b>
2.1	Microcontroladores e Microprocessadores . . . . .	5
2.1.1	Plataforma <i>BASIC Step 1</i> . . . . .	6
2.2	Dados Meteorológicos . . . . .	9
2.3	Aquisição de Dados e Controle . . . . .	11
2.4	Estações Meteorológicas . . . . .	16
2.5	Amplificadores Operacionais . . . . .	16
<b>3</b>	<b>O Sistema de Aquisição de Dados</b>	<b>21</b>
3.1	Considerações iniciais . . . . .	21
3.2	Visão Geral do Sistema . . . . .	22
3.3	Divisão dos Dados . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Os Módulos do Sistema</b>	<b>25</b>
4.1	Temperatura . . . . .	25
4.1.1	Conceitos de Temperatura . . . . .	25
4.1.2	Medição da Temperatura . . . . .	26
4.1.3	O <i>Hardware</i> para a medição de Temperatura . . . . .	26
4.1.4	O <i>Software</i> para a medição de Temperatura . . . . .	28
4.1.5	A interação entre <i>Hardware</i> e <i>Software</i> . . . . .	29
4.1.6	A Calibragem do Módulo de Temperatura . . . . .	30

4.2	Velocidade do Vento . . . . .	31
4.2.1	Conceito de Vento . . . . .	31
4.2.2	Tipos de Anemômetro . . . . .	32
4.2.3	O <i>Hardware</i> para a medição da Velocidade do Vento . . . . .	32
4.2.4	O <i>Software</i> para a medição de Velocidade do Vento . . . . .	33
4.2.5	A interação entre <i>Hardware</i> e <i>Software</i> . . . . .	36
4.2.6	A Calibragem do Módulo de Velocidade do Vento . . . . .	37
4.3	Radiação Solar . . . . .	37
4.3.1	O <i>Hardware</i> para a medição de Radiação Solar . . . . .	38
4.3.2	O <i>Software</i> para a medição de Radiação Solar . . . . .	39
4.3.3	A interação entre <i>Hardware</i> e <i>Software</i> . . . . .	40
4.3.4	A Calibragem do Módulo de Radiação Solar . . . . .	40
<b>5</b>	<b>Interface com o Usuário</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	<b>43</b>
6.1	Resultados . . . . .	43
6.2	Discussão . . . . .	46
<b>7</b>	<b>Conclusão</b>	<b>49</b>
	<b>Referências bibliográficas</b>	<b>51</b>

# Lista de Figuras

2.1	Pinagem do <i>BASIC Step 1</i> . . . . .	7
2.2	Interface do compilador para o <i>BASIC Step 1</i> . . . . .	8
2.3	Placa StepLab da Tato Equipamentos Eletrônicos. . . . .	9
2.4	Cabo de gravação do <i>BASIC Step 1</i> com o PC através dos conectores DB9 e DB25. . . . .	10
2.5	Esquema de ligação do <i>BASIC Step 1</i> a um microcomputador. . . . .	10
2.6	Diagrama simplificado de um sistema de aquisição de dados e controle. . . . .	13
2.7	Diagrama do fluxo de dados entre um sistema de aquisição de dados e o microcomputador. . . . .	14
2.8	Esquema elétrico de um Amplificador Operacional. . . . .	17
2.9	Esquema do amplificador não-inversor. . . . .	18
3.1	Visão geral do sistema de aquisição de dados. . . . .	22
4.1	Algoritmo simplificado para aquisição de temperatura. . . . .	29
4.2	Algoritmo simplificado para gerar pulsos em intervalos pré-definidos na porta paralela. . . . .	30
4.3	Foto do anemômetro da mini-estação da DAVIS . . . . .	34
4.4	Esquema de montagem do radiômetro . . . . .	39
6.1	Gráfico de regressão linear da temperatura. . . . .	44
6.2	Gráfico de regressão linear da radiação solar. . . . .	45
6.3	Gráfico de regressão linear da velocidade do vento. . . . .	46



# Lista de Tabelas

2.1	Alguns microcontroladores encontrados no mercado. . . . .	5
2.2	Exemplos de processadores e seus fabricantes. . . . .	6
4.1	Algumas das principais características do <b>CA3140</b> . . . . .	28
4.2	Algumas das principais características do módulo de temperatura da <b>mini-estação meteorológica</b> da <i>DAVIS</i> , modelo <i>Weather Wizard III</i> . . . . .	31
4.3	Características da célula fotovoltaica . . . . .	38





# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Considerações iniciais

#### 1.1.1 Meteorologia

De um modo geral, a Meteorologia pode ser definida como a “Ciência da Atmosfera”, a que estuda os fenômenos ocorridos na atmosfera.

Ao ramo da meteorologia que investiga as respostas das plantas ao meio atmosférico com objetivo principal de melhorar a produção agrícola, chamamos Meteorologia Agrícola ou Agrometeorologia.

É fato estabelecido que o aumento da produção agrícola pode ser obtido de três formas: ampliando-se a área cultivada, intensificando-se o uso das áreas cultivadas já existentes e aumentando-se a produtividade. Nas três, informações sobre as relações entre o clima e a cultura são de extrema importância, uma vez que cada cultura tem suas exigências climáticas, isto é, necessita que os valores de certos “fenômenos” meteorológicos (temperatura do ar e solo, radiação solar, precipitação, velocidade do vento, umidade relativa do ar, etc) atinjam níveis considerados ótimos para que seu potencial genético de produção revele-se o máximo.

Para caracterizar um determinado fenômeno, deve-se dispor de dados em uma quantidade, tal que, assim se possa estudar o seu comportamento.

Através de **transdutores** (ou sensores), pode-se converter dados de determinadas grandezas em sinais elétricos, o que permite medi-las e analisá-las, podendo então estimá-los de forma quantitativa.

A necessidade de automatização dos métodos de coleta de dados leva ao desenvolvimento de sistemas de aquisição, armazenagem e transferência de dados.

Microprocessadores permitem a utilização de sistemas computadorizados de aquisição e análise de dados.

Basicamente, deve-se efetuar a monitoração contínua e automática das variáveis meteorológicas e armazená-las para tratamento e análise.

Na literatura agrometeorológica já se tem conhecimento de vários sistemas de monitoração, baseados em microcomputador, com facilidade de gravação digital dos dados e recursos de comunicação, constantemente utilizados em pesquisas e estudos agrícolas (análise de épocas da semeadura, colheita, pulverização, estudo de variedades agrícolas, projetos de irrigação, etc).

### **1.1.2 Microcomputador uma poderosa ferramenta**

Atualmente o computador pessoal está em todo lugar, sendo uma poderosa ferramenta para a indústria e pesquisa científica.

Aliado a um sistema de interface analógico/digital de precisão, um microcomputador pode, efetivamente, realizar todas as funções de um grande sistema de aquisição e controle por uma pequena fração de seu custo. Através das várias opções de *hardware* e *software*, atualmente disponíveis, as interfaces do computador pessoal poderão facilmente serem configuradas e expandidas para satisfazer uma larga variedade de aplicação.

Os microcomputadores e seu software fornecem um conjunto de ferramentas padrões para tarefas e gerenciamento de tarefas. Novos sistemas estão surgindo para a aplicação em áreas cada vez mais específicas, como: aquisição de dados, instrumentação, medidas e controle.

Um especialista pode combinar estas ferramentas para obter dados, testar produtos e sistemas, e realizar controles. Ele pode usar estas mesmas ferramentas para organizar, exibir no monitor, fornecer gráficos e imprimir dados e relatórios. Sistemas poderosos tornam-se flexíveis, programáveis e baratos.

## **1.2 Objetivos e Justificativas**

Áreas de pesquisa tais como a Biologia, Hidrologia, Geofísica, Oceanografia, Meteorologia e Agrometeorologia, requerem a representação numérica, de muitas variáveis, em meios compatíveis com sistemas computacionais. Tais variáveis são, em geral, sinais que variam lentamente com o tempo o que dificulta a sua aquisição devido, principalmente, aos erros gerados pela leitura visual e ao tempo que se necessita ter disponível para tal.

Este trabalho descreve a construção e calibração de um sistema que permite a aquisição e armazenamento de dados meteorológicos na forma digital, através de obtenção de sinais tanto analógicos como digitais, por meio de um microcontrolador de reduzidas dimensões e de baixo custo, o (*BASIC Step 1*), que é facilmente programável pela porta serial de um microcomputador, utilizando linguagem PBASIC, que é uma versão simplificada, da linguagem BASIC tradicional. O dispositivo contém funções especiais tais como, comunicação serial, conversão analógica/digital, geração de som, e pode ser utilizado para resolver uma grande variedade de problemas de controle, sem que para isso seja necessário um conjunto de circuitos complexos e muitas vezes de custo alto para o tipo de serviço que teria de realizar. Possui ainda oito pinos que podem ser configurados tanto para entradas como para saídas. O sistema utilizará um LM35, que veremos mais à frente, como sensor de temperatura do ar, uma célula fotovoltaica como sensor de radiação solar e um *reed-switch*, em um anemômetro comercial, como sensor de velocidade do vento.

Através de tais equipamentos espera-se que o microcontrolador juntamente com o *hardware* construído, trabalhe harmonicamente com um microcomputador.

Os dados recebidos são tanto armazenados em disco, possibilitando a formação de uma base de dados para análise e cálculos posteriores, como mostrados em tempo real em um *display* disponível para o usuário.

Relatórios, gráficos, médias escalares, máximos, mínimos, frequência de ocorrência entre parâmetros e totalização, podem então ser facilmente obtidos a partir dos arquivos gerados.



## Capítulo 2

# Tecnologia

### 2.1 Microcontroladores e Microprocessadores

De acordo com [ANGNES (2003)] **microcontroladores e microprocessadores** são computadores digitais que realizam operações em seqüência sem intervenção humana. As operações são programadas por um programador, que segue uma lista de instruções que compõe a linguagem de programação (Assembly, C, Java).

Os microcontroladores ou  $\mu C$  são conhecidos como computadores embutidos em circuito integrado. Em um microcontrolador podemos encontrar memória, CPU, entradas e saídas. Alguns ainda possuem periféricos como conversores A/D e D/A, comparadores. Os microcontroladores chegam a custar muitas vezes mais barato do que um transistor. Existem uma quantidade grande de  $\mu C$  no mercado, veja alguns nomes na tabela 2.1

**Tabela 2.1:** Alguns microcontroladores encontrados no mercado.

<b>Microcontrolador</b>	<b>Fabricante</b>
Família 8051	Intel
PIC	Microchip
AVR	Atmel
BASIC Stamp	Parallax
BASIC Step	Tato Equipamentos

Os  $\mu C$  estão presentes em agendas eletrônicas, telefones celulares, alarmes, CLP's (Controladores Lógicos Programáveis), veículos, caixas eletrônicas, impressoras.

O **microprocessador** é um circuito integrado que possui uma poderosa Unidade Central de Processamento (CPU). É o microprocessador quem processa as informações de uma memória ou de um periférico. Não é possível obter um computador somente com um microprocessador. Um exemplo clássico é o computador pessoal que agrega no interior do gabinete diversos componentes, dentre eles o microprocessador. Os microprocessadores são requisitados sempre que houver a necessidade de se processar inúmeros cálculos em um curtíssimo espaço de tempo. A tabela 2.2 mostra alguns processadores e seus fabricantes.

**Tabela 2.2:** Exemplos de processadores e seus fabricantes.

<b>Processador</b>	<b>Fabricante</b>
Z80	Zilog
4004	Intel
8080	Intel
família X86	Intel
família Pentium	Intel
Celeron	Intel
Itanium	Intel
K5	AMD
família K6	AMD
Athlon	AMD
Duron	AMD
G3	Mac
G4	Mac

### 2.1.1 Plataforma *BASIC Step 1*

Ainda segundo [ANGNES (2003)], o *BASIC Step 1* é um microcontrolador extremamente fácil de utilizar, com comandos em português e inglês. Alimentação de 7,5V a 15V. Possui 8 entradas e saídas com capacidade de corrente de 25mA. Tamanho: 3,5 cm x 3,0 cm.

#### **O hardware**

O *BASIC Step 1* trabalha com um microcontrolador PIC16F628 e numa única placa engloba esse microcontrolador, uma memória com o interpretador PBASIC e um regulador de tensão. Pode ser alimentado com tensão de 7,5 a 15v. Possui

8 portas configuráveis para entrada ou saída. O microcontrolador é programável diretamente pela porta serial do computador, por um cabo simples, por isso, não precisa de programas caros ou difíceis de construir. Tudo isso numa minúscula placa. Outra vantagem é que ele se encaixa perfeitamente na matriz de contatos, simplificando os testes. A figura 2.1 mostra a pinagem do *BASIC Step 1*:

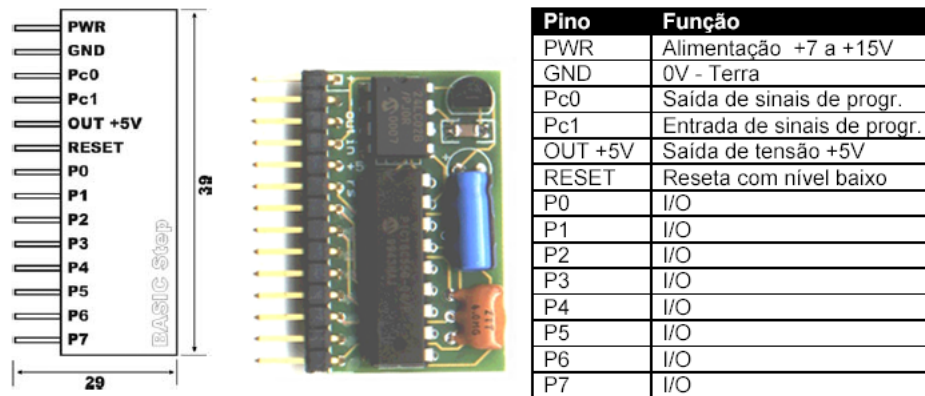


Figura 2.1: Pinagem do *BASIC Step 1*

### O software

O *BASIC Step 1* é programado pela linguagem TBASIC ou PBASIC, possuindo apenas 32 instruções. Ambas são muito fáceis de utilizar, sendo que a diferença está no idioma: PBASIC é inglês e o TBASIC é português. A figura 2.2 mostra a interface do compilador *BASIC Step 1*. O compilador permite edição de texto do código fonte, possui um *debug* para procurar erros de digitação, *download* para transferência do programa ao microcontrolador e ajuda para consulta de instruções. O *software* está na versão 1.0.0.0 e pode ser executado no Windows 95, Windows 98, Windows Me e Windows XP. Infelizmente ainda não há uma versão do mesmo para o sistema operacional **LINUX**.

### A programação

Para programar o *BASIC Step 1* são necessários:

- Microcontrolador *BASIC Step 1*

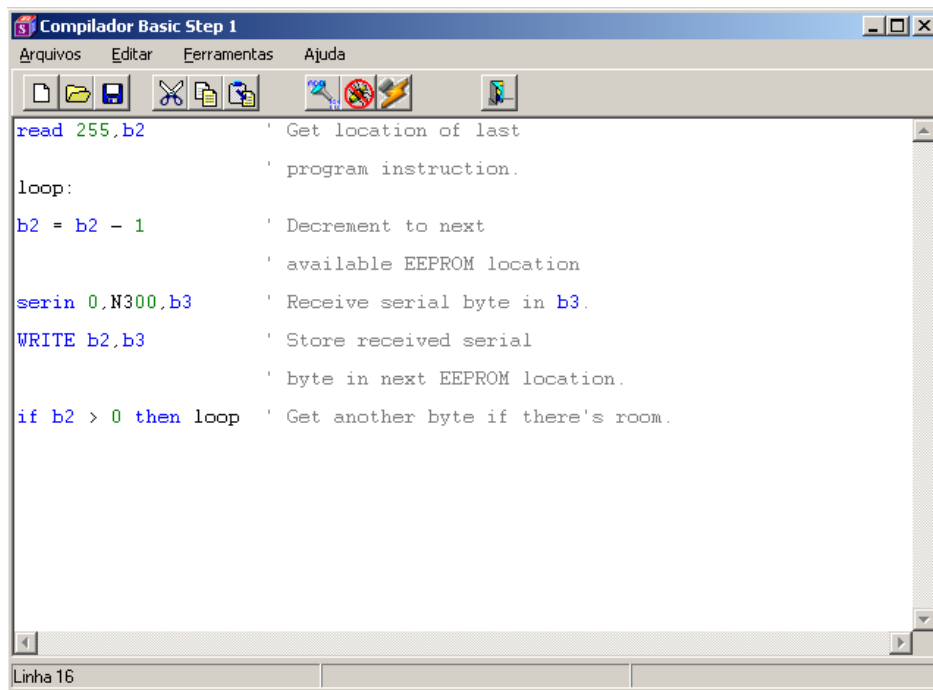


Figura 2.2: Interface do compilador para o *BASIC Step 1*

- Fonte CC para alimentação do  $\mu C$
- Compilador *BASIC Step 1*
- Microcomputador
- Sistema Operacional Win95 ou superior
- Cabo de gravação
- Opcionalmente uma placa de prototipagem *StepLab*

A figura 2.3 mostra um esquema da placa de prototipagem, *StepLab*, para o *BASIC Step 1*, fabricada pela **TATO EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS**.

O *Basic Step 1* utiliza a comunicação serial do PC para gravação. O cabo utilizado é simples e a conexão para DB9 e DB25 são indicadas na figura 2.4.



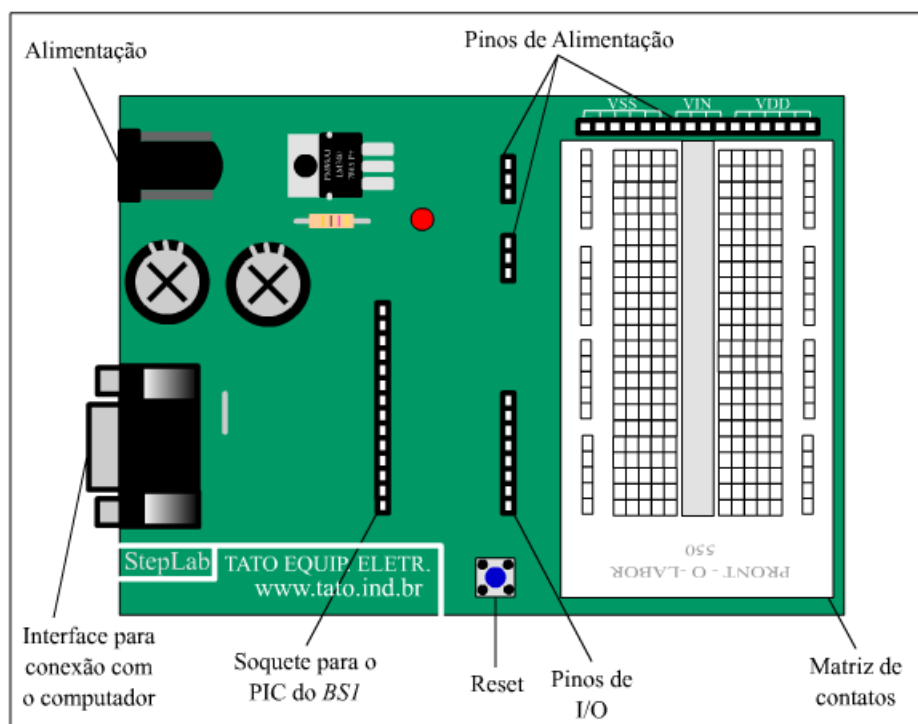


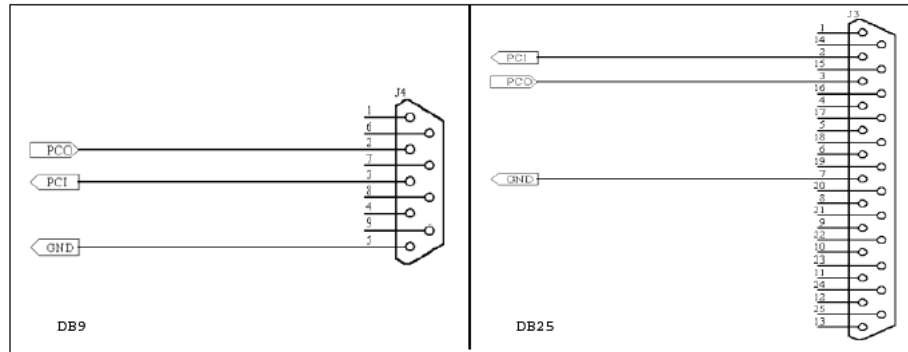
Figura 2.3: Placa StepLab da Tato Equipamentos Eletrônicos.

O *hardware* mínimo, necessário para um bom desempenho em termos de tempo, é um microcomputador: 100Mhz com 8MB de memória e 2MB de espaço no disco com um driver de disquete. O compilador utiliza sistema operacional Windows 95 ou superior.

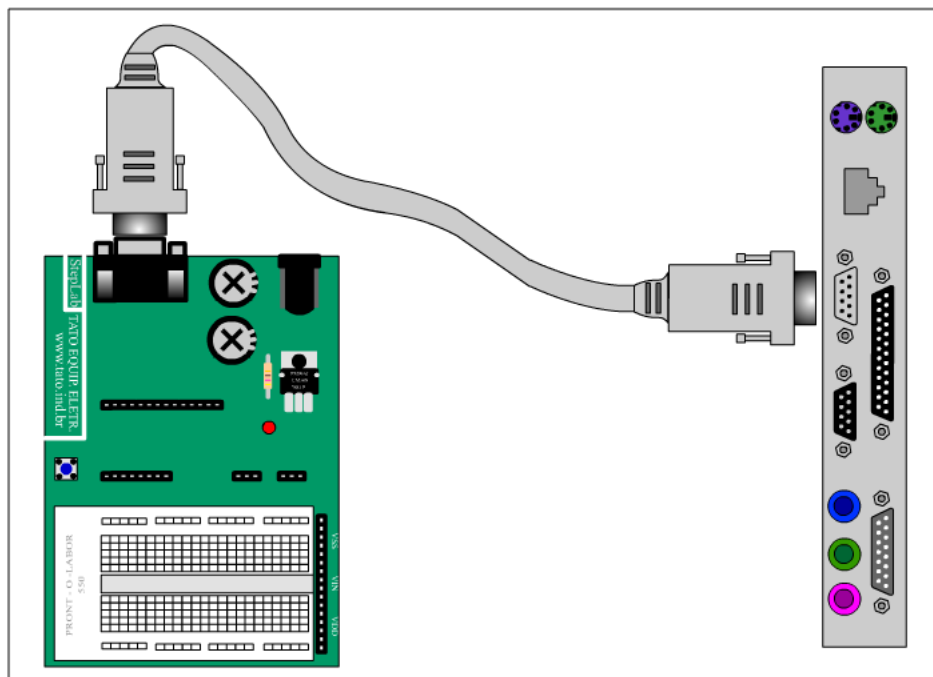
O esquema de ligação do *BASIC Step 1* a um microcomputador é mostrado na figura 2.5.

## 2.2 Dados Meteorológicos

A produção agrícola é substancialmente afetada pelas condições atmosféricas. Esta influência se faz sentir nas fases de plantio, crescimento, frutificação e colheita dos produtos agrícolas. Mesmo depois de colhidos, a sua conservação e armazenamento continuam sendo afetadas pelas condições atmosféricas.



**Figura 2.4:** Cabo de gravação do *BASIC Step 1* com o PC através dos conectores DB9 e DB25.



**Figura 2.5:** Esquema de ligação do *BASIC Step 1* a um microcomputador.

Com o desenvolvimento da meteorologia agrícola foi possível conhecer-se o efeito dos principais fatores meteorológicos nos organismos vegetais.

Embora existam estas relações de causa e efeito, seu uso fica na dependência da existência de dados meteorológicos. Sem eles não é possível, por exemplo, avaliar quando as precipitações estão ou não sendo suficientes para atender a demanda de água das culturas, ou se a temperatura e umidade do ar são favoráveis ou não ao aparecimento de determinada doença.

Assim, a existência do dado meteorológico é condição assencial para o emprego de métodos climáticos de moderna agricultura, [TUBELIS (1988)].

Conforme [HAYHOE & BALCHIN (1988)], dados agrometeorológicos em tempo real podem ser empregados para estimar exigências de água das culturas, desenvolvimento de culturas, *stress* do gado e índices de secagem do feno. Podem ser úteis também na determinação da época de pulverização, para controle de doenças e pragas em plantações, por exemplo.

A necessidade de automatização dos métodos de coleta de dados meteorológicos leva ao desenvolvimento de sistemas computadorizados e aquisição, armazenagem e transferência de dados. O desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados compreende construção ou adaptação de sensores, interfaceamento de sensores com o microcomputador, condicionamento de sinal, armazenagem e transmissão de dados, [BRITO & SOUZA (1987)].

Entretanto, a diversidade de situações e climas traz sérios inconvenientes à padronização de equipamentos de medição remota, conseqüentemente dificultando a formação de redes meteorológicas e elevando o custo de tais instrumentos devido a necessidade de projetos especiais para cada caso, [ZAMBALDE (1991)].

## 2.3 Aquisição de Dados e Controle

De uma forma mais simples, **aquisição de dados** é, a coleção de informações que descreve uma situação dada. O dado, tipicamente, reflete o que estava ocorrendo quando uma dada condição foi satisfeita. Geralmente, esta condição é definida por uma base de tempo uniforme, mas pode ser controlada por qualquer evento. Sistemas de tempo real são caracterizados por sua capacidade de realizar uma dada tarefa de aquisição de dados e/ou tarefa de controle dentro de uma janela de tempo apropriada. A velocidade de resposta de um sistema depende do projeto e dos componentes do sistema.

**Controle** implica na geração de um sinal de saída em resposta a um dado de entrada. Ele pode ser de **laço aberto** ou **laço fechado**. Desligar um aquecedor às 4

horas, é um exemplo de **laço aberto**. Desligar um aquecedor porque a temperatura ultrapassou um limite, representa um **laço fechado**.

Os dados são colecionados por uma variedade de “pessoas” envolvendo uma variedade de aplicações. Eles estabelecerão tendências, alarmes, tomarão decisões e operações de controle. Registra-se dados, analisa-se e faz-se a comunicação, entretanto, os métodos mudam. Agora a ênfase é construir máquinas para realizar as necessidades de aquisição de dados e controle. Motivo fundamental: produtividade. Fatores relacionados: velocidade, exatidão, confiabilidade e custos.

No passado quando a tarefa principal era monitoramento de processo, uma forma aceita de automação era um *datalogger* automático. Quando o monitoramento não é a única tarefa, controladores programáveis eram, em geral, utilizados pra encontrar as necessidades do problema. Entretanto com o crescente número de aplicações, *dataloggers*, controladores programáveis e microcontroladores podem não fazer tudo o que se deseja, devido em parte, pelas limitadas funções fornecidas pelo seu *hardware* e *software*. Sistemas modernos, que oferecem esta grande gama de capacidade, estão baseados em microcomputadores.

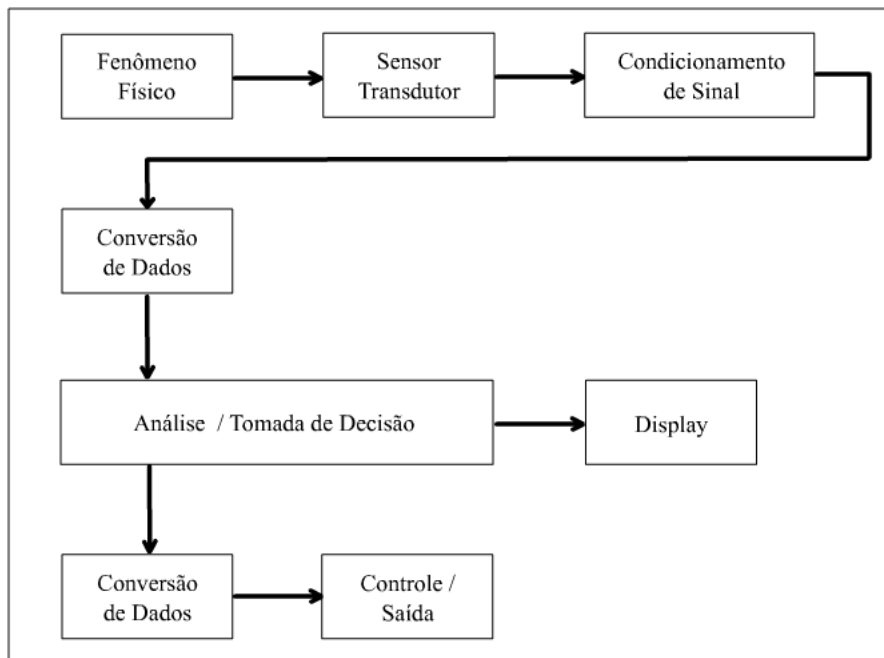
A figura 2.6 sugere os componentes de um sistema de aquisição de dados e controle. O computador não só fornece a capacidade de tomada de decisão e análise, mas também, controla as funções de condicionamento de sinal e conversão de dados. Nem todos os elementos apontados são incluídos em um determinado sistema.

Computadores modernos oferecem alta velocidade, flexibilidade, adaptabilidade, consistência, confiabilidade e memória de massa. Estas características fornecem capacidade da matemática avançada, análise, memória, *display*, geração de relatórios, capacidades de controle e comunicação. Entretanto, muitos sinais do mundo real (temperatura, pressão, fluxo, velocidade, intensidade, posição e etc...) não podem ser lidos diretamente pelos microcomputadores. Estes parâmetros são representados por sinais analógicos distinguidos por seus níveis contínuos. Como o computador só pode reconhecer sinais digitais, há necessidade um artifício de conversão para realizar esta tradução.

O elo de ligação entre os sinais do mundo real para o formato do microcomputador deverá ser fornecido pelos produtores de aquisição de dados e controle, tornando-se a ponte entre os dois mundos.

### **Microcomputadores na aquisição de dados e controle**

Historicamente, tarefas de aquisição de dados e controle (científicas ou industriais) foram implementadas através de grandes computadores (*mainframes*) ou



**Figura 2.6:** Diagrama simplificado de um sistema de aquisição de dados e controle.

microcomputadores. Em geral, tratava-se de máquinas de 16 bits que rodavam em modos de *time-sharing* ou multitarefas. Sua complexidade e custo, levava a uma configuração centralizada compartilhada por muitos usuários e aplicações. Trabalhos remotos ou pequenos eram relegados a técnicas manuais ou de *datalogging*, não se beneficiando da flexibilidade e potência de uma solução computadorizada.

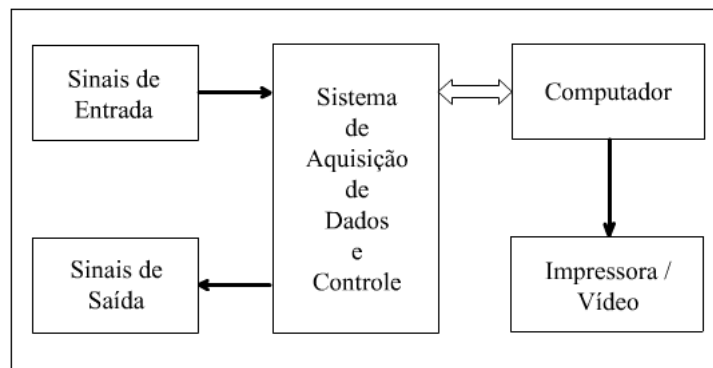
Com o advento do computador pessoal, tornou-se possível para qualquer usuário obter as vantagens de flexibilidade, potência e eficiência de aquisição de dados e controle computados. Estes sistemas oferecem baixo custo e alta performance através de técnicas de utilização simples. Graças a um significativo grau de padronização entre fabricantes de computadores pessoais e de sistemas de aquisição de dados e controle, uma grande família de ferramentas de *hardware/software* e pacotes de aplicação tem sido desenvolvido. O resultado é que um especialista implementa um sistema de aquisição e controle usando uma fração do tempo e dinheiro anteriormente necessários. Além do mais, microcomputadores são um convite para inovações, como a que revolucionou escritórios e agora estão revolu-

cionando fábricas, linhas de produção, testes e laboratórios.

As funções de aquisição de dados e de armazenamento, que antigamente eram realizadas por registradores de dados dedicados, podem agora ser implementados através de sistemas baseados em microcomputadores. Uma das razões que contribuíram para esta aplicação é a grande disponibilidade de *software* que facilmente transformam qualquer computador em uma poderosa unidade de aquisição de dados.

As primeiras aplicações de interface de computadores com os sensores de campo exigiam um profundo conhecimento do *hardware* e um tedioso trabalho de programação a baixo nível utilizando linguagem *assembly*. Desta forma o tempo de desenvolvimento e concepção da unidade era um fator desestimulante, forçando o usuário a buscar meios mais simples que solucionasse o seu problema. Mas esta situação está mudando drasticamente, vários fabricantes tem oferecido produtos de fácil *interface* com o computador. Os produtos normalmente encontrados compatíveis com o computador, são do tipo *plugin*, módulos de expansão e unidades inteligentes que podem ser configuradas e controladas através de *softwares* do tipo auto dirigido.

A figura 2.7 mostra a relação entre sistemas e seu computador hospedeiro.



**Figura 2.7:** Digrama do fluxo de dados entre um sistema de aquisição de dados e o microcomputador.

Os sistemas de aquisição de dados baseados em computadores, podem oferecer muitas vantagens em aplicações de monitoração e controle devido aos recursos computacionais cada vez mais crescentes e complexos. Os usuários podem monitorar pontos de alarme e graficamente mostrar no vídeo a evolução das variáveis

em tempo real, permitindo uma correção mais rápida quando necessário. Se considerarmos este último caso como um requisito importante, o uso de pequenos computadores é indispensável pois eles podem ser colocados perto das atividades que estão sendo controladas e portanto podem avaliar os dados imediatamente. Se necessário os dados poderão ser enviados a computadores maiores para avaliações mais complexas.

Em qualquer sistema de aquisição de dados, a informação de um ou mais sensores é transmitida a uma placa de entrada analógica, onde é condicionada e convertida para um sinal elétrico. Este sinal, agora na forma digital, é então enviado ao computador para processamento. O processamento dependerá da aplicação específica e pode estar relacionado com um simples armazenamento, manipulação de dados ou a execução de um algoritmo de controle e decisão dos comandos a serem efetuados. Se o sistema de aquisição de dados é parte de um sistema de controle de processo ou de um sistema de automação, o computador irá determinar se algum problema foi detectado e, em caso afirmativo, comandará uma ação corretiva. Em um ambiente de laboratório, o computador armazenará os dados comparando-os com outros dados obtidos em tempos anteriores. Em uma aplicação de simulação, o computador usará os dados do sensor para avaliar as ações do processo que está sendo simulado.

Os intervalos nos quais as amostras estão sendo obtidas dependem da aplicação. Em medidas de temperaturas, por exemplo, as amostras devem ser realizadas em frações de horas. Independente da aplicação a capacidade de armazenamento de dados é limitada e a regra geral é nunca obter mais dados do que o necessário. Quanto maior a frequência de amostragem maior a quantidade de dados a ser armazenada. Devemos considerar ainda, a necessidade de armazenar dados por longos períodos de tempo, pois muitas vezes é necessário o histórico do sistema, o que exige o armazenamento de dados durante semanas, meses e mesmo anos.

### **Técnicas de interface de unidades de aquisição de dados ao computador**

A necessidade de realizar uma interface entre vários canais de dados analógicos e o computador de forma a atender os requisitos tais como: tempo, custo e complexidade exige que se conceba sistemas com uma técnica apropriada. Estas técnicas são desenvolvidas de forma a minimizar o tempo em que um componente (conversor ou microcomputador) espera a conclusão do serviço do outro componente para continuar com sua operação normal. Dependendo da técnica utilizada, não há necessidade de interrupção de *software* (ou *hardware*) para que o microprocessador obtenha o dado convertido. Neste caso, o microprocessador acessa

um dado do conversor de forma similar a um acesso a dado de memória. Por outro lado, conversores analógicos/digitais de alta velocidade, com taxas de atualização maiores que 500KHz, são mais rápidos do que o ciclo de instruções de microprocessadores e assim o conversor terá que esperar pelo microprocessador.

## 2.4 Estações Meteorológicas

RODRIGUES et al.(1982), citado por [ZAMBALDE (1991)], apresenta um sistema para aquisição de dados ambientais em fita cassete. Segundo o autor o sistema permite a gravação, em fita cassete, de sinais analógicos ou digitais e fornece uma saída compatível com a maioria das sistemas computacionais. O equipamento é composto de sensores e interfaces, coletor de dados e leitora/interface para computador. A saída pode ser, uma impressão dos valores das variáveis físicas em um sistema de unidades conveniente, indicando a data e o instante de cada medida.

As principais vantagens deste sistema baseiam-se no grau de automatização que elimina a necessidade de assistência permanente de operador no processo, como permite a recuperação direta e rápida (via fita cassete) da informação. Talvez a grande restrição com relação ao equipamento venha a ser a falta de recursos de comunicação para aplicações de tempo real.

[ZAMBALDE (1991)] cita, que um sistema de aquisição de dados com a utilização de microcomputador, foi implementado por ARLINO et al.(1987). Neste sistema os sensores podem ser de qualquer tipo, mas devem estar condicionados para que suas saídas sejam em tensão analógica ou em pulsos digitais. Os dados provenientes dos sensores são lidos em intervalos preestabelecidos e armazenados na memória da própria estação, para posterior transmissão serial RS-232C.

## 2.5 Amplificadores Operacionais

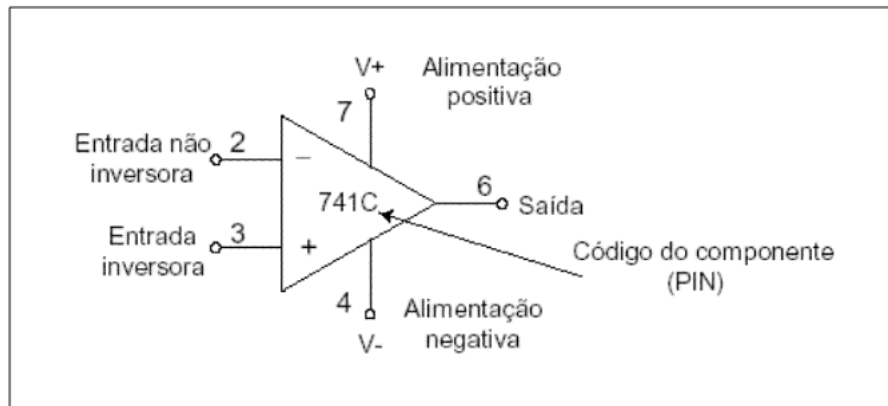
Um amplificador operacional (abreviadamente ampop ou opamp) é basicamente um dispositivo amplificador de tensão, caracterizado por um elevado ganho em tensão, impedância de entrada elevada, impedância de saída baixa e elevada largura de banda. Estes dispositivos são normalmente dotados de uma malha de realimentação para controle do ganho e são usualmente associados a outros semelhantes, em estruturas de múltiplos andares e com funções que transcendem a simples amplificação.

O ampop é um dispositivo de dois portos, ou seja, possui dois terminais de entrada e um terminal de saída que é referenciado à massa. O seu símbolo elétrico,



apresenta na figura 2.8 , é um triângulo que aponta no sentido do sinal. Das duas entradas, uma, assinalada com o sinal (-) é chamada de entrada inversora e a outra, a que corresponde o sinal (+) é chamada entrada não-inversora. A saída faz-se no terminal de saída que se encontra referenciado à massa. O amplificador é normalmente alimentado com tensões simétricas, tipicamente  $\pm 12\text{ V}$  ou  $\pm 15\text{ V}$ , que são aplicadas aos respectivos terminais de alimentação  $V^-$  e  $V^+$ . Note-se que nos esquemas elétricos freqüentemente estes terminais são omitidos, representando-se apenas as entradas e a saída.

O amplificador operacional é um amplificador diferencial, ou seja, amplifica a diferença entre as tensões presentes as suas entradas. Se  $V^+$  e  $V^-$  forem as tensões aplicadas às entradas não-inversora e inversora respectivamente e  $V_o$  for a tensão de saída. Inicialmente os amplificadores operacionais foram utilizados para realizar operações matemáticas.



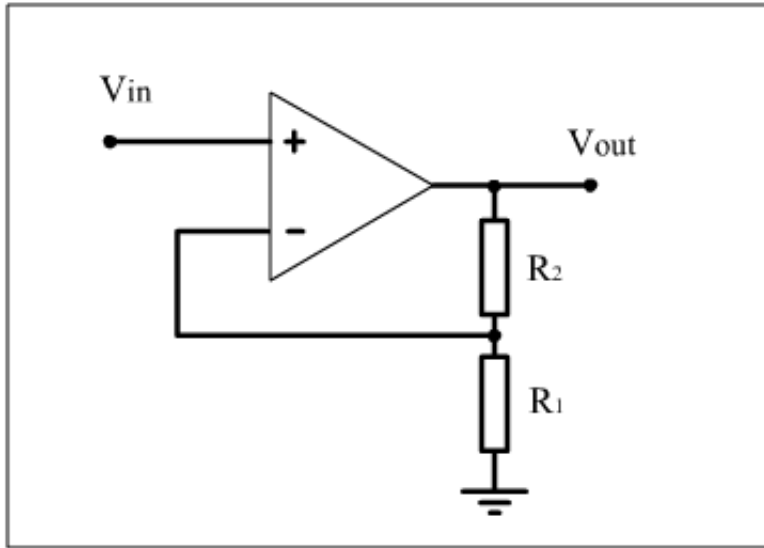
**Figura 2.8:** Esquema elétrico de um Amplificador Operacional.

### O amplificador não-inversor

Existem variadas configurações para a utilização de amplificadores operacionais, este trabalho limitou-se a utilização da configuração que se chama **Amplificador não-inversor**.

A principal característica do amplificador não inversor é a utilização de uma malha de realimentação na sua configuração.

Considere-se o circuito da figura 2.9. A malha de realimentação é constituída pela série de resistências R1 e R2. A análise do circuito faz-se da seguinte maneira:



**Figura 2.9:** Esquema do amplificador não-inversor.

1 - A tensão na entrada não inversora  $V_+$  tem que ser igual à tensão na entrada inversora  $V_-$ , caso contrário o amplificador saturaria rapidamente. Isto mesmo é assegurado pela malha de realimentação. Assim:

$$V_{IN} = V_+ = V_- = V_{R_1} \quad (1)$$

2 - Como a impedância de entrada do ampop (ideal) é infinita, a corrente entra na entrada inversora é nula e pode-se dizer que

$$V_{R_1} = V_{OUT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

3- Igualando as expressões (1) e (2) e resolvendo em ordem ao ganho  $G$ , tem-se:

$$G = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

Desta maneira pode-se calcular os valores dos resistores que serão utilizados no projeto para o ganho (**G**) desejado.



## Capítulo 3

# O Sistema de Aquisição de Dados

### 3.1 Considerações iniciais

#### *Os dataloggers*

Os *dataloggers* são medidores essencialmente digitais que dependem da conversão de um sinal analógico para um sinal digital correspondente, através de um “aparelho” que se chama conversor analógico/digital (A/D). Estes aparelhos, desde que devidamente protegidos das condições atmosféricas e de vandalismo, são capazes de operar em módulos não supervisionados. Quando projetados para campo, possuem a característica de poderem ser deixados em operação por longos períodos. Posteriormente estes sinais, agora digitais, poderão ser processados por um microprocessador, de forma a serem armazenados em algum tipo de memória de armazenagem, como unidades de discos rígidos e disquetes, ou ainda, serem enviados para algum periférico como impressoras e monitores.

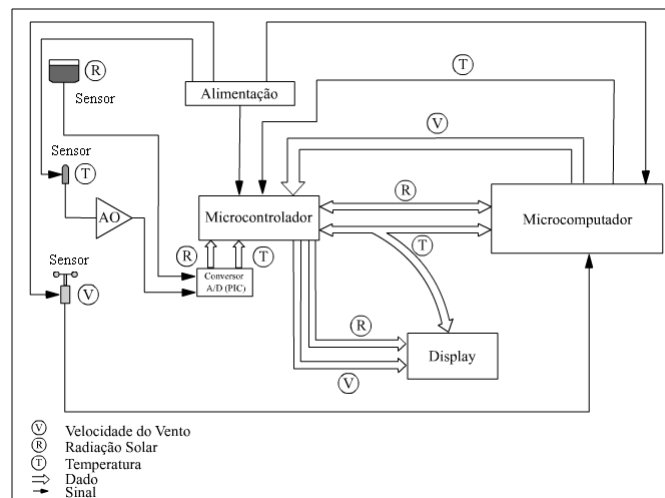
#### *Dataloggers X Aquisição de Dados*

De acordo com [SILVA (2000)], existe hoje um certo número de *dataloggers* portáteis comercialmente disponíveis, assim como sistemas de aquisição de dados para computadores portáteis que são apropriados para uso em campo.

Estes sistemas compartilham muitos elementos comuns, mas também diferem em aspectos importantes que influenciam na sua capacidade para algum uso particular. Além do mais, modelos novos estão continuamente sendo introduzidos de forma que é sábio consultar os fabricantes antes de tomar decisões com relação as suas adequabilidades na resolução de problemas específicos.

## 3.2 Visão Geral do Sistema

Transdutores, amplificador operacional, microprocessador, microcontrolador, conversor A/D, display e fonte de alimentação, compõem o sistema de aquisição de dados que é mostrado na figura 3.1.



**Figura 3.1:** Visão geral do sistema de aquisição de dados.

Os sinais elétricos gerados por cada transdutor são tratados e enviados ao microcontrolador e ao microcomputador os quais são responsáveis, juntamente com seus respectivos *software*, pelo controle de todo módulo a ser trabalhado. Esses elementos (microcomputador e microcontrolador), utilizando-se de seus softwares específicos, tem o controle sobre todos os componentes, fazendo com que assim, eles possam trabalhar de forma harmônica, afim de conseguir a aquisição de determinado dado, para poder armazená-lo ou enviá-lo a um determinado periférico.

## 3.3 Divisão dos Dados

Para uma maior simplicidade dos usuários finais, a medida em que os arquivos são gerados pelo *software*, eles são direcionados para a sua respectiva pasta, até mesmo para evitar a sobreposição ou mistura dos dados em um mesmo arquivo, por exemplo, os arquivos gerados para dados de temperatura são armaze-

nados diretamente na pasta chamada **dados\_temperatura**, os arquivos gerados para dados de radiação solar são armazenados diretamente na pasta chamada **dados\_radiacao\_solar** e os arquivos gerados para dados de velocidade do vento são armazenados diretamente na pasta chamada **dados\_velocidade\_do\_vento**. Além da simplicidade, optou-se por essa estrutura de pastas porque os arquivos são gerados no padrão de data americano, pois a data do sistema, é característica da linguagem C. Uma vez que, se os dados gerados para cada módulo do sistema fossem armazenados em uma mesma pasta, como os nomes gerados seriam os mesmos, como já foi dito anteriormente, poderia haver sobreposição ou mistura de dados de um determinado arquivo.

Arquivos gerados pela linguagem C não aceitam nomes com um número de caracteres maior que oito, que é exatamente o tamanho da *string* que a data gera quando nomeia-se um determinado arquivo.





## Capítulo 4

# Os Módulos do Sistema

Neste capítulo será mostrada a modelagem de cada módulo de uma forma mais detalhada, como foi desenvolvido o *hardware*, o *software*, a interação entre ambos e também como foi feita a calibragem de cada equipamento desenvolvido.

### 4.1 Temperatura

#### 4.1.1 Conceitos de Temperatura

Max Planck, citado por [MCGEE (1988)], definiu temperatura como a sensação de calor ou frio de um corpo. Entretanto na literatura, a temperatura pode ser definida como o nível de energia térmica. Desta forma, pode-se dizer que todas as substâncias são constituídas por moléculas que possuem movimentos mais ou menos rápidos e que quando a velocidade do movimento intermolecular de um corpo aumenta, a temperatura desse corpo se eleva, [SILVA (2000)].

De acordo com a Termologia, parte da Física que estuda o calor, a interpretação da temperatura é possível sob dois pontos de vista, o macroscópico e o microscópico, onde ambos muitas das vezes se complementam.

Sob o ponto de vista macroscópico temos a noção de temperatura a partir da sensação de quente ou frio sugerida pelos sentidos (noção subjetiva de temperatura), esta noção se aprofunda quando considera-se o movimento molecular e entende-se temperatura como sendo a mediada do grau de agitação das moléculas de um corpo (ponto de vista microscópico).

De acordo com [TUBELIS & NASCIMENTO (1988)], sob o ponto de vista da Agrometeorologia, é importante o conhecimento dos valores médios, extremos

e absolutos da Temperatura do Ar. Estes valores, vão permitir identificar as condições mais propícias para uma determinada cultura, uma vez que independentemente de quão favoráveis possam ser as condições de luz, o crescimento da planta é interrompido quando a temperatura cai abaixo de um certo nível ou excede um valor máximo.

#### **4.1.2 Medição da Temperatura**

Os instrumentos utilizados para a determinação de temperatura são denominados termômetros quando se limitam a indicar o valor assumido por essa variável num dado instante, ou termógrafos quando capazes de efetuar um registro contínuo dos valores assumidos a cada instante ao longo de um intervalo de tempo preestabelecido, [BLAIR & FITE (1964)].

A temperatura do ar deve ser medida à sombra, em local ventilado e protegido da precipitação.

#### **4.1.3 O *Hardware* para a medição de Temperatura**

##### **O LM35**

Neste trabalho, o sensor de temperatura utilizado foi um LM35, que permite a medição de temperaturas de  $-55^{\circ}\text{C}$  até  $+150^{\circ}\text{C}$ , e fornece uma saída linear de  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ . Outras características do LM35 são:

- Calibração direta em Celsius (Centígrada)
- Adequado para aplicações remotas
- Baixo custo devido a facilidade de sua fabricação
- Opera com valores que na faixa de 4 a 30 volts
- Menos de  $60\mu\text{s}$  de corrente de dreno
- Baixa impedância de saída,  $0,1\Omega$  para  $1\mu\text{A}$  de carga

Como a temperatura é recebida todo o tempo e está sempre sofrendo variações, faz-se necessário o uso de um conversor analógico/digital (A/D) para que os valores recebidos sejam transformados em novos valores possíveis de serem interpretados por um computador, tornando-os assim, possíveis de serem processados

e posteriormente retornados de alguma forma que os usuários consigam interpretá-los e trabalhá-los.

O conversor A/D do coletor de dados já vem embutido no PIC do novo modelo do *BASIC Step 1*, que foi utilizado neste trabalho, uma vez que programá-lo, se utilizasse o *BASIC Step 1* antigo, traria grandes problemas que estariam diretamente relacionados com a sua principal limitação que é o seu pequeno espaço de memória disponível para o armazenamento tanto de dados como do próprio programa, que é de apenas 256 Bytes.

O conversor A/D opera com uma precisão de 10 bits e pode manipular sinais com uma precisão  $5V/2^{10}$  o que dá aproximadamente 4,88mV, assim, os sinais originários do sensor devem portanto serem amplificados para que se possa ter uma maior flexibilidade de dados aumentando assim a precisão no processo de medição térmica diminuindo bastante a porcentagem de erro nessa medição.

O sinal de saída do sensor é amplificado em 10 vezes, conseqüentemente, o sistema formado pelo sensor e pelo amplificador passa a operar com uma precisão 100 mV/°C.

Como o coletor manipula sinais com precisão de 4,88mV, a sua precisão de medição passa automaticamente a ser de 4,88mV/100mV o que dá aproximadamente 0,05 °C. A precisão poderia ser aumentada, mas isso implicaria em uma diminuição do limite máximo. O amplificador utilizado possui um ganho que é ajustado por um resistor variável no seu *off-set*, permitindo uma calibração do sensor, caso necessário. Neste projeto limitou-se trabalhar com temperaturas que variam de 0 a 50°C, devido as limitações do *hardware*, já que o propósito desse projeto não é a marcação de valores da temperatura e sim a aquisição de seus dados e de outras variáveis.

## O CA3140

O **amplificador operacional** (AO) utilizado neste *hardware* é o **CA3140**, que é um **circuito integrado** (CI) e amplificador operacional que combinam as vantagens de transistor de alta tensão **MOSFET(PMOS)** com os transistores bipolares de alta tensão em único *chip* monolítico.

Algumas de suas principais características são mostradas na tabela 4.1:

Neste trabalho limitou-se ao uso do **CA3140** com a configuração que chamamos de **Amplificador não-inversor**, cujo funcionamento já citado anteriormente.

**Tabela 4.1:** Algumas das principais características do CA3140.

Impedância de entrada muito alta	$(Z_{IN}) - 1T\Omega$ (Típico)
Corrente de entrada muito baixa	$(I_I) - 10pA$ (Típico) at $\pm 15V$
Comportamento	Linear
Faixa de Operação	4 a 36 volts
Substituto direto do AO 741	mais estável a interferências como ruídos
Baixa impedância de saída	$0,1\Omega$ para $1\mu A$ de carga

#### 4.1.4 O Software para a medição de Temperatura

Como já dito anteriormente, o desenvolvimento deste projeto foi feito em cima do microcontrolador *BASIC Step 1* que possui uma linguagem própria de programação, a linguagem PBASIC, que é uma versão mais simples da linguagem BASIC. A seguir é mostrado em linhas gerais como funciona o *software* para o controle de temperatura.

##### A modelagem do Software de temperatura para o *BASIC Step 1*

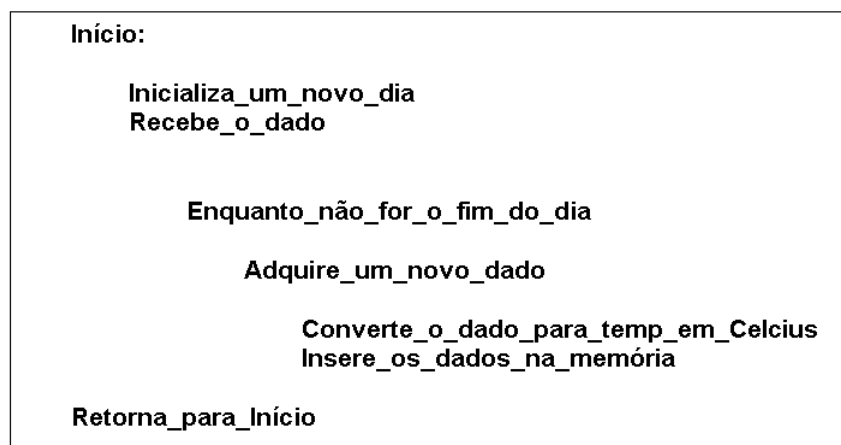
O *software* se baseia em uma rotina que contém um *loop* que depende apenas de pulsos que são recebidos pelo *BASIC Step 1* em intervalos de 1 hora, fornecidos por um outro *software*, que será explicado na subseção à seguir. De posse desses dados recebidos o *BASIC Step 1*, inicia uma nova rotina que irá inicializar um novo dia chamando uma segunda rotina que irá fazer a aquisição dos dados da temperatura.

O dado recebido passa então pelo conversor A/D de forma que seja devolvido para o computador para que este possa interpretá-lo e por conseguinte trabalhá-lo, sendo então o dado convertido para a temperatura em Celsius correspondente.

Após esta etapa, o dado convertido deve ser inserido na memória para que no decorrer das horas possa ser comparado com o restante dos dados adquiridos. Como é o primeiro dado, ele automaticamente será a máxima, a mínima e a média das temperaturas, mais com a aquisição de um novo dado, é feita a comparação com os valores máximo e mínimo da temperatura encaixando-o se possível em uma dessas variáveis através da chamada da rotina correspondente a qual o novo dado adquirido satisfaz.

Feito isso no decorrer de 1 hora as variáveis são novamente inicializadas e o processo se repete até o fim da última hora do dia que é quando o programa retorna os dados para o microcomputador através da porta serial, onde um terceiro *soft-*

*ware* irá recebê-lo e criar um arquivo texto com os dados de temperatura máxima, mínima e média de cada hora e também do dia. O arquivo então gerado receberá o nome na forma do padrão americano para a data atual, como explicado anteriormente. Depois disso a rotina principal inicializa novamente um novo dia e todo processo de aquisição de dados é refeito. O algoritmo simplificado do *software* é mostrado na figura 4.1.



**Figura 4.1:** Algoritmo simplificado para aquisição de temperatura.

#### 4.1.5 A interação entre *Hardware* e *Software*

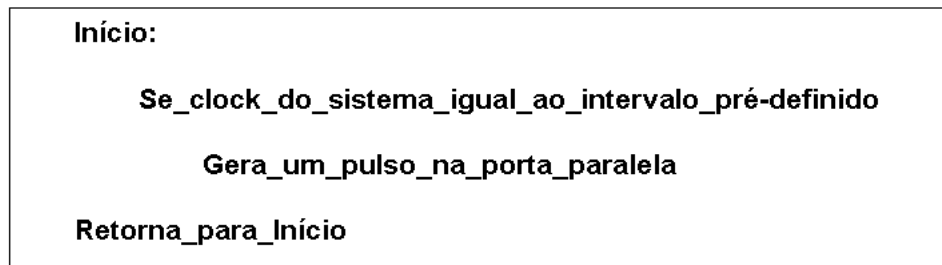
Aqui será mostrado como foi possível a interação entre *hardware* e *software*, para aquisição dos dados pelo sistema, uma vez que é desejável o perfeito sincronismo entre ambos para que os resultados alcançados tenham valores expressivos para o projeto.

##### **O *Software* para o controle dos pulsos no *BASIC Step 1***

O *BASIC Step 1* não possui um “Relógio de Tempo Real” para controle em intervalos de tempo definidos. Essa característica negativa levou este trabalho a utilizar um artifício que supra essa deficiência, que é a utilização de um segundo *software* que faça tal controle.

O *software* é composto de uma rotina que irá trabalhar com pulsos através da porta paralela do microcomputador em intervalos pré-definidos, onde através

desses pulsos, o *BASIC Step 1* passe a adquirir um novo dado que será utilizado no seu *software*. A rotina criada foi desenvolvida em C puro, e compilada com o compilador Turbo C++ versão 3.0 da *Borland*. A figura 4.2 mostra algoritmo simplificado para essa rotina.



**Figura 4.2:** Algoritmo simplificado para gerar pulsos em intervalos pré-definidos na porta paralela.

### **O *Software* para a geração do arquivo de dados**

Uma vez que o *BASIC Step 1* não possui um sistema de geração de arquivos, fez-se necessário a implementação e utilização de um *software* que atendesse essa demanda dentro do projeto. Foi criada portanto uma nova aplicação que tornou-se responsável exclusivamente por receber os dados do *BASIC Step 1*, enviados via porta serial (COM1), para que de posse destes, venha a gerar um arquivo texto onde são armazenadas as temperaturas máxima, mínima e média de cada hora e do dia.

#### **4.1.6 A Calibragem do Módulo de Temperatura**

Para o processo de calibragem do termômetro, foi utilizada como referência uma **mini-estação meteorológica DAVIS**, modelo *Weather Wizard III*, cujas características em relação a temperatura são mostradas na tabela 4.2. A calibragem foi feita através da comparação direta, por regressão linear simples, com o ajuste da temperatura sendo feito a partir do *offset* do amplificador operacional (CA3140), dando assim uma regulagem mais fina na precisão do aparelho.

Como visto na tabela 4.2 essa mini-estação permite a medição de temperaturas tanto na escala Celsius como na escala Fahrenheit, sendo aqui utilizada a calibragem do termômetro para a escala Celsius que é o padrão Brasileiro.

**Tabela 4.2:** Algumas das principais características do módulo de temperatura da **mini-estação meteorológica** da DAVIS, modelo *Weather Wizard III*.

Temp. Interna	32 a 140F / 0 a 60°C com precisão de $\pm 1F / \pm 0.5^\circ C$
Alarme para altas e baixas temperaturas internas	
Temp. Ambiente	-50F a 140F / -45°C a 60°C com precisão de $\pm 1F / \pm 0.5^\circ C$
Alarme para altas e baixas temperaturas externas	

A calibragem do equipamento foi feito utilizando-se comparação de forma direta entre as temperaturas do sensor criado e da mini-estação referência, por regressão linear simples, em diferentes horários do dia.

## 4.2 Velocidade do Vento

### 4.2.1 Conceito de Vento

O [DICIONÁRIO AURÉLIO (1999)] define vento da seguinte forma:

“O ar em movimento, fenômeno ocasionado sobretudo pelas diferenças de temperatura (e, portanto, de pressões) nas várias regiões atmosféricas.”

[TUBELIS & NASCIMENTO (1988)], no entanto, coloca uma definição mais elegante para este tipo de fenômeno, mais voltada para as áreas em questão como a Climatologia e Meteorologia: “O vento é o movimento do ar em relação à superfície terrestre, e que ele é gerado pela ação dos gradientes de pressão atmosférica e sofre influências modificadoras pelo movimento de rotação da Terra, pela força centrífuga as seu movimento e pelo atrito com a superfície.”

Dados sobre o perfil do vento permitem avaliar as transferências de vapor d'água e  $CO_2$  e ajudam a estimar a velocidade do vento em determinada altura a partir da medida em outra altura, [ZAMBALDE (1991)].

A importância de se ter um aparelho que consiga medir a velocidade do vento, é que ele afeta o crescimento das plantas em três principais aspectos, são eles:

- transpiração;
- absorção de  $CO_2$ ;
- efeito mecânico sobre as folhas;

A transpiração aumenta com a velocidade do vento até certo ponto, o mesmo ocorrendo com absorção de  $CO_2$  pelas plantas. Altas velocidades são prejudiciais ao crescimento das plantas, as folhas, mecanicamente danificadas pelo vento, têm reduzido a sua necessidade de translocação e fotossíntese.

O aparelho utilizado para a medição da velocidade do vento é o **anemômetro**.

#### **4.2.2 Tipos de Anemômetro**

A pressão ou força exercida pelo vento vem sido usada como base para medir a velocidade do vento. As mais variadas formas de instrumentos têm sido, hoje, desenvolvidos para esta finalidade. Estes instrumentos estão divididos em três principais classes: aqueles que medem a pressão dinâmica do vento, aqueles que medem a força dinâmica total em uma superfície e aqueles que medem a velocidade da frequência através de pulsos. Os instrumentos da primeira classe são limitados e são melhores representados por um tubo *pitot* comum. A segunda classe possui numerosos instrumentos. Incluem os tipos estacionários que trabalham através da pressão, como o de placa de pressão ou o dispositivo do pêndulo e aqueles que movem ou rotacionam áreas de pressão como canecas e hélices. A terceira classe é representada por movimentos em vórtice (redemoinho), e anemômetros sônicos e acústicos de efeito *Doppler*, [FRITSCHEN & GAY (1979)].

Neste trabalho nos limitamos a abordagem apenas do anemômetro de canecas, por possuir uma grande sensibilidade e ser de fácil manuseio, que pertence a segunda classe desses instrumentos, citada acima, que será melhor detalhada à seguir.

#### **4.2.3 O *Hardware* para a medição da Velocidade do Vento**

##### **O Anemômetro de Canecas**

De acordo com [FRITSCHEN & GAY (1979)], o anemômetro de canecas é extensamente usado devido a sua simplicidade e sensibilidade, consistindo de um número (usualmente três) de canecas fixadas radialmente por hastes horizontais em um rolamento. Vale lembrar aqui, não citada nessa bibliografia, que estas hastes estão igualmente separadas por ângulos de  $120^\circ$ , o que tornam o aparelho perfeitamente equilibrado, que é de fundamental importância para o seu uso. Com uma variação da “força de arrasto” exercida pelo vento nas canecas, o conjunto gira em torno de um eixo vertical, eixo de rotação do conjunto.

Segundo ainda [FRITSCHEN & GAY (1979)], a velocidade de rotação é uma função da velocidade do vento. A relação entre o tamanho da haste e o tamanho da



caneca foi estudada por diversos pesquisadores. Brazier (Middleton and Spilhaus, 1953), citado por [FRITSCHEN & GAY (1979)], concluíram que a relação entre a velocidade do copo e a velocidade do vento é linear quando o tamanho da haste (distância axial entre a caneca e o eixo de rotação) é igual ao diâmetro da caneca. Entretanto, comercialmente, anemômetros avaliados usualmente possuem hastes de tamanho 25% maiores que o diâmetro de sua respectiva caneca.

### **O hardware utilizado**

O módulo de velocidade do vento possui características diferentes dos outros módulos do sistema. Enquanto os outros módulos eram baseados em sinais analógicos dos dados recebidos, que logo depois seriam transformados em sinais digitais para que o microcomputador pudesse trabalhá-los, juntamente ao microcontrolador *BASIC Step 1*, neste módulo o uso de microcontrolador não foi muito bem aceito, uma vez que a resposta para os pulsos elétricos recebidos deu-se de uma forma muito abaixo da desejado, tornando-se assim, um processo inviável seu uso em conjunto com o *BASIC Step 1*.

O sensor utilizado é do tipo três canecas com características de apresentar grande sensibilidade e baixo ponto de partida, funcionando com um sensor magnético do tipo *reed-switch*, preso ao suporte, ao lado de um rolamento altamente sensível e de lubrificação permanente onde será fixado o conjunto de canecas e hastes. O sensor é ativado através da atração de um magneto (ímã) que também faz parte do conjunto de citado, a cada vez que o ímã passa ao lado do *reed-switch* um pulso é contado, para que mais tarde o número de pulsos armazenados possam ser convertidos na velocidade correspondente.

O *hardware* do anemômetro utilizado, é parte integrante da **mini-estação meteorológica** da *DAVIS*, modelo *Weather Wizard III*, mostrado na figura 4.3.

Neste módulo a linguagem de programação utilizada foi C puro, e o *software* desenvolvido foi compilado com o compilador Turbo C++ versão 3.0 da *Borland*. Detalhes do *software* desenvolvido serão mostrados na subseção a seguir.

#### **4.2.4 O Software para a medição de Velocidade do Vento**

O *software* para a medição de velocidade do vento foi feito em C puro, e compilado com o compilador Turbo C++ versão 3.0 da *Borland* por ser uma linguagem que possui a característica de trabalhar muito bem com o *hardware*, e o *software* desenvolvido necessitar apenas de algumas rotinas que para o seu perfeito funcionamento. Esta linguagem foi a que mais se adequou aos requisitos necessários



**Figura 4.3:** Foto do anemômetro da mini-estação da DAVIS

para o andamento do projeto. Outra característica é que para o compilador Turbo C++ da *Borland*, já existe uma série de funções prontas que poderiam ser reutilizados para o projeto necessitando apenas para isso, uma adequação da mesma a cada caso do problema a ser resolvido como, por exemplo, no caso deste projeto, o uso de funções que controlam as interfaces serial (RS232, COM1 ou DB9) e paralela (LPT1 ou DB25) do microcomputador. Trabalhando diretamente com umas das principais filosofias da programação que é a **reutilização de softwares já existentes**, ganhando assim maior conforto, e evitando assim a perda de tempo com aprendizado e utilização de outras linguagem de programação de mais baixo nível como *Assembly*, por exemplo.

O *software* criado trabalha basicamente com cinco “rotinas”:

- **Rotina\_Principal;**
- **Inicia\_Aquisição\_de\_Dados;**
- **Conta\_Pulsos;**
- **Calcula\_Velocidade\_do\_Vento;**
- **Gera\_Arquivo\_de\_Dados;**

A seguir e detalhado funcionamento de cada uma das rotinas do *software* em questão.

## **Rotina\_Principal**

A rotina **Rotina\_Principal** na verdade não faz jus ao nome que lhe foi dado, uma vez que tal rotina limita-se a função de fazer a chamada de uma outra rotina, **Inicia\_Aquisição\_de\_Dados**, esta sim seria a rotina que é a “espinha dorsal” do programa, mais o fato da **Rotina\_Principal** não ter sido retirada, é que para propostas futuras tem-se em mente a criação de uma interface para a manipulação do programa por usuários mais avançados e seguindo as boas práticas de **Técnicas de Programação**, torna-se necessário uma separação entre a rotina para a criação da interface e as rotinas de processamento.

## **Inicia\_Aquisição\_de\_Dados**

É a rotina mais importante do *software* em questão, seu funcionamento é baseado em um *loop* onde, são inicializadas as variáveis do problema, que são a **velocidade máxima**, a **velocidade mínima** e a **velocidade média** decorrentes, para cada minuto do dia, além da **velocidade média do dia** que é o valor que mais interessa para o usuário. Os outros valores tem importância para montagem de gráficos para saber como foi o andamento do vento no decorrer do dia. Enquanto o dia não chega ao fim, o programa executa um segundo *loop* para cada minuto do dia, adquirindo a velocidade do vento a cada segundo e atualizando cada variável a medida que cada dado é obtido, sendo que ao final de cada minuto teremos a velocidade média daquele minuto. Quando é chegado o fim do dia, é feita a média aritmética da velocidade média do vento de cada minuto do dia, chegando ao resultado que é o de maior importância, a **velocidade média diária do vento**. Mais para mostrar os resultados obtidos ao usuário, é preciso primeiro calculá-los, e para isso precisa-se chamar outras duas rotinas, isso é feito a cada segundo do dia, uma que forneça os dados para o cálculo da velocidade e outra para calcular essa velocidade através de tais dados.

## **Conta\_Pulsos**

A rotina **Conta\_Pulsos** nada mais faz do que contar os pulsos fornecidos pelo *hardware* do módulo. Os pulsos são gerados a medida em que o *reed-switch* é ativado pelo magneto. Em um determinado segundo é contado a quantidade de pulsos que foi enviada ao programa isso é feito via porta paralela do microcomputador através de uma seqüência de bits pré-determinada, para que o *software* consiga interpretar tal pulso e incrementar o “contador de pulsos”. A escolha do uso da porta paralela para se trabalhar com os pulsos gerados, deu-se pelo simples

fato de deixar a porta serial para trabalhar exclusivamente com transferência de dados evitando-se assim o conflito nessa porta e conseqüentemente a perda dos dados trabalhados. Contados os pulsos em um determinado segundo faz agora a necessidade de traduzi-los para a sua velocidade correspondente, passa-se então para a rotina **Calcula\_Velocidade\_do\_Vento**, que é chamada pelo programa ainda dentro da rotina **Inicia\_Aquisição\_de\_Dados**.

#### **Calcula\_Velocidade\_do\_Vento**

A rotina **Calcula\_Velocidade\_do\_Vento**, é a que possui o funcionamento mais simples, ela apenas recebe o número de pulsos obtidos a cada segundo e faz o cálculo da velocidade correspondente, utilizando de um fator de correção para a calibração da mesma. A velocidade é medida em metros por segundo. Após a conversão dos pulsos recebidos em velocidade, é chegada a hora do armazenamento desses dados, e então é chamada a rotina **Gera\_Arquivo\_de\_Dados**, ainda, também, dentro da rotina **Inicia\_Aquisição\_de\_Dados**.

#### **Gera\_Arquivo\_de\_Dados**

A rotina **Inicia\_Aquisição\_de\_Dados**, é a que faz o armazenamento dos dados já convertidos, dentro de um arquivo texto, que poderá ser visualizado em qualquer editor de texto, desde o um simples *edit* no DOS, como em um o mais sofisticado como o *word* no próprio *Windows*, assim, é dado ao usuário, informações necessárias para a montagem de gráficos e planilhas, de acordo com a sua necessidade, além do valor da velocidade média diária do vento, que é, a princípio, o dado de maior interesse.

### **4.2.5 A interação entre *Hardware* e *Software***

A interação entre o *hardware* e o *software* desenvolvidos, só foi possível através do uso de funções que estavam comprometidas em trabalhar exclusivamente nas interfaces serial e paralela do microcomputador.

#### **A interface paralela**

Como já dito anteriormente a interface paralela foi utilizada neste projeto para fins de envio e recepção de sinais, uma vez que a combinação dos bits que formam o byte nesta porta, podem ser trabalhados de tal forma que pode-se identificar para qual função estaria sendo enviado determinado sinal, lembrando que a utilização

da porta paralela para a troca de dados, apesar de ser mais eficiente que a porta serial, foi descartada, pois o *BASIC Step 1*, utiliza apenas a porta serial para a sua troca de dados.

### **A interface serial**

O uso da interface serial para o função de troca de dados, não foi uma escolha muito difícil de ser feita, na verdade nem foi uma escolha, foi uma necessidade uma vez que o *BASIC Step 1* não conhece, ainda, uma segunda maneira de se “comunicar” com o mundo externo.

#### **4.2.6 A Calibragem do Módulo de Velocidade do Vento**

Para o processo de calibragem do anemômetro, assim como o termômetro, foi utilizada como referência uma **mini-estação meteorológica** da *DAVIS*, modelo *Weather Wizard III*, cuja única característica em relação ao anemômetro é o valor de sua velocidade mostrada no seu *diplay* que é de até 78,2 m/s ou 282 Km/h com uma precisão de  $\pm 5\%$ . A calibragem foi feita através da comparação direta, com o ajuste da velocidade do vento sendo feito a partir da inclusão da equação gerada pela análise de regressão linear, dando assim uma maior precisão para os dados obtidos pelo aparelho.

### **4.3 Radiação Solar**

Os radiômetros, que são os aparelhos usados para medir a intensidade da radiação solar, bem como os seus sensores, as fotocélulas ou as células fotovoltaicas, tem custo relativamente alto, sendo utilizados em estudos de Oceanografia e Climatologia, principalmente. [DIRMHIRN (1968)] relata que as células de silício são empregadas cada vez mais como detectores de radiação, nas medições meteorológicas. A principal restrição para o sensor está relacionada a faixa espectral de resposta, seletiva a determinados comprimentos de ondas, aproximadamente na faixa de 350nm e 1150nm. A resposta é uma característica comum dos sensores fotovoltaicos. [SUEHRCKE et al. (1990)] acrescentam que estes podem ser empregados em instrumentos simples e baratos para medirem radiação solar.

### 4.3.1 O *Hardware* para a medição de Radiação Solar

#### A célula fotovoltaica

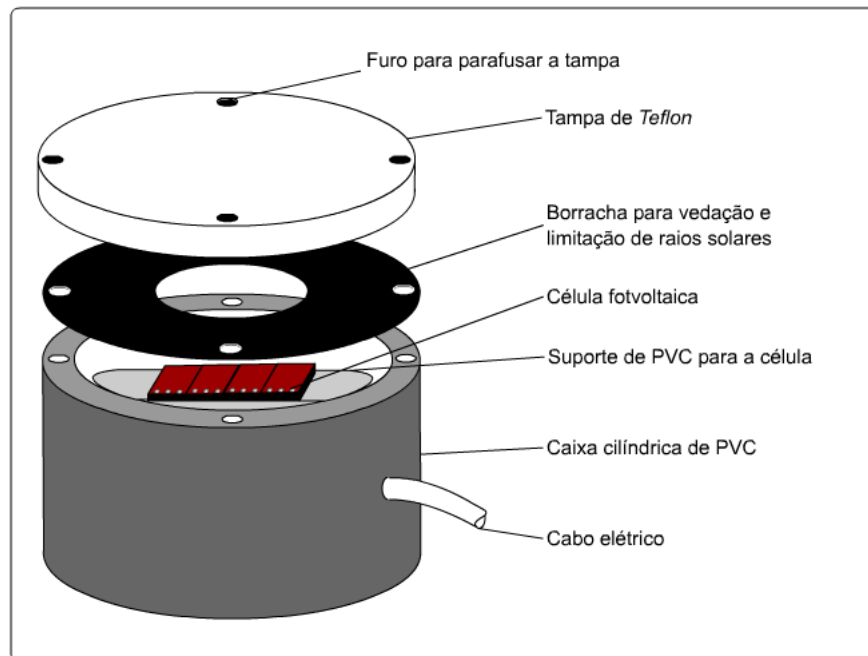
O dispositivo fotovoltaico usado como sensor é constituído de por apenas uma célula solar, montada em um suporte de PVC, dentro de uma caixa cilíndrica também de PVC. A célula tem a especificação, **KSC 14 992** de dimensões 10mm x 38mm x 0.9mm, e não possui o nome do fabricante, mais basicamente é a mesma célula encontrada em calculadoras solares, que as usam como fonte de alimentação para o funcionamento do seu circuito eletrônico. O seu material é feito basicamente de silício amorfo, depositado em substrato de vidro. Suas características elétricas se aproximam muito de uma outra célula fotovoltaica similar, produzida pela **TAYO YUDEN CO.,LTDA**, do modelo **TAC 3812-4ST**, que segundo [DANTAS (1996)] na temperatura ambiente (25°C) e sob a luz de lâmpada fluorescente branca, com 200Lx, são apresentados na Tabela 4.3

**Tabela 4.3:** Características da célula fotovoltaica

Parâmetros	Condições	Valores	
Tensão de circuito aberto (Voc)	I = 0A	1,7 V (mín.)	
Corrente de curto circuito (Isc)	V = 0V	9,7 $\mu$ A (mín.)	
Corrente de operação (Ip)	V = 1,5 V	9,3 $\mu$ A (mín.)	11,2 $\mu$ A (típica)

#### O esquema da montagem do sensor

O esquema de montagem do sensor e mostrado na figura 4.4. Compõe-se de uma caixa cilíndrica de PVC com aproximadamente 90mm de diâmetro e 55mm de altura. O bloco cilíndrico vazado no centro, abriga a célula fotovoltaica, encaixada num rebaixo a aproximadamente 10mm da tampa da caixa. A tampa é de um material do tipo “teflon”, com aproximadamente 100mm de diâmetro e 8mm de espessura, onde, em sua parte inferior, existe um “anel” de borracha preta que serve tanto para vedação da caixa, quanto para formação de uma janela de aproximadamente 30mm de diâmetro exatamente no seu centro, que permitirá a incidência de radiação solar sobre a célula fotovoltaica. Esta tampa é fixada na caixa através de quatro parafusos. A saída do sinal elétrico produzido na célula é enviado ao *BASIC Step 1* através de um cabo cilíndrico comum com dois fios internos.



**Figura 4.4:** Esquema de montagem do radiômetro

### 4.3.2 O *Software* para a medição de Radiação Solar

#### O *Software* de radiação solar no *BASIC Step 1*

O *software* roda em cima de uma rotina que está em *loop* e a cada segundo do dia vai adquirindo os dados da radiação solar. O dado recebido passa então pelo conversor A/D de forma que seja devolvido para o computador de forma que este possa interpretá-lo e por conseguinte trabalhá-lo, passada esta etapa o dado, a cada segundo, é enviado para o microcomputador através da porta serial (COM1), onde um outro *software*, agora na linguagem C, irá receber esse dado e convertê-lo para o valor de sua radiação solar correspondente. Após a conversão, este dado é enviado para um arquivo texto onde serão armazenados todos os dados de radiação do dia, e depois é novamente devolvido ao *BASIC Step 1*, para que seu valor seja exibido no *display*, e assim, o usuário poder visualizar os dados em tempo real, ao final do dia o arquivo texto receberá a sua última informação, que é a integral dos

valores de radiação adquiridos durante todo o dia.

### 4.3.3 A interação entre *Hardware* e *Software*

A interação entre o *hardware* e o *software*, dá-se através da porta serial, para a transferência de dados, juntamente com a participação de um segundo *software* que é responsável apenas por receber, converter e devolver o dado recebido em seu correspondente valor de radiação solar. Esta escolha de um segundo *software*, deu-se devido a necessidade de cálculos mais complexos, os quais o *BASIC Step 1* é um pouco deficiente, mais tais cálculos não são impossíveis de serem executados pelo mesmo.

### 4.3.4 A Calibragem do Módulo de Radiação Solar

#### A Constante de Tempo

A constante de tempo de células fotovoltaicas fornecida por [COULSON (1975)] de  $100\mu s$ , de forma geral, é referida para este tipo de trabalho como indicação da velocidade de resposta que este tipo de célula apresenta.

#### O efeito co-seno

Os aparelhos produzidos desta forma, determinam erros devido ao formato da janela, por onde os raios incidentes produzem desvios, em relação a curva teórica da resposta co-seno. [DANTAS (1996)] encontrou para um radiômetro semelhante, um erro máximo de 8% para um ângulo de incidência de  $50^\circ$ .

#### Calibração do Radiômetro

Para se produzir uma resposta linear, uma resistência elétrica deve ser acoplada em paralelo a célula fotovoltaica e o ajuste para determinar a resistência ideal foi pode ser feito através de tentativas, através de resistências variáveis e iluminação de alta intensidade. Esse procedimento foi adotado por [DANTAS (1996)]. O radiômetro foi calibrado em relação a um piranômetro *THEODOR FRIEDRICHS & Co.*, 2Schenefeld 1Bez. Hanburg, Typ 6010, sob luz natural, conforme recomendações de [COULSON (1975)]. A aquisição dos pontos de correspondência as tensões entre ambos aparelhos foi realizada de modo discreto e depois submetidos a análise de regressão linear simples, a equação resultante foi inserida na *software* para correção dos valores adquiridos.



## Capítulo 5

# Interface com o Usuário

A prioridade deste trabalho foi concentrada na aquisição dos dados meteorológicos não se preocupando, de certa forma, com a construção de aparelhos como anemômetro, radiômetro e termômetro, mais sim com a calibragem dos mesmos, apesar de tais aparelhos terem sido construídos mais para o enriquecimento do projeto e para mostrar que é possível a construção de transdutores dos mais variados tipos com um baixo custo, trabalhando-se com as ferramentas e componentes adequados. O objetivo é que os dados adquiridos estejam disponíveis para o usuário final. A opção foi disponibilizar tais dados para os usuários através de arquivos texto, uma vez que é muito grande o interesse por esses dados de uma forma “crua”, ou seja, sem ainda estarem trabalhados através de gráficos ou semelhantes. Tal interesse dá-se principalmente pelo fato de que com os dados desta forma o usuário poderá trabalhá-los da maneira que lhe for mais conveniente não estando limitado, portanto, a um material já definido na sua forma de apresentação.

O desenvolvimento de uma interface específica para o projeto não foi, portanto, em momento algum prioridade, visto que, há dificuldade de criar-se uma interface que agrade a usuários dos mais variados tipos. Para que isso fosse possível seria necessário todo um estudo específico dos perfis dos usuários para esse tipo de sistema. O grande inconveniente é que estudos como esse, exigem muito tempo disponível para uma pesquisa aprofundada dos perfis existentes, o que não foi possível para este trabalho, devido ao tempo que se tinha disponível para que resultados fossem apresentados, salientando-se também, que um estudo desse tipo é cabido principalmente aos profissionais da área de **Interface Homem-Máquina**, que por possuírem um conhecimento prévio do assunto, saberiam otimizar o processo necessário para adquirir os dados dentro de um tempo hábil para um estudo.

Mesmo assim é perfeitamente possível o uso de aplicativos, disponíveis no mercado, para criar a interface entre os dados e o usuário, da forma que este achar mais conveniente.

Uma boa solução seria o uso de algum *software* para a geração de gráficos permitindo assim que seu usuário seja capaz de analisar os dados adquiridos através de médias, medianas, máximas, mínimas além de outras funcionalidades disponíveis, para análises estatísticas, que atendam as necessidades requeridas de interface, facilitando o estudos desses dados da forma mais viável para a área em questão.

## Capítulo 6

# Resultados e Discussão

### 6.1 Resultados

Embora reconhecendo que o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) de Pearson seja adequado para regressões lineares, neste trabalho ele foi utilizado como um critério de comparação dos dados dos aparelhos que são padrão e os aparelhos construídos em cada módulo. À seguir, mostraremos os resultados obtidos em cada módulo do sistema.

As equações de regressão obtidas em cada módulo do sistema, foram incluídas no *software* do sistema, sendo que após a calibração, cada módulo do sistema passou a estar apto para exercer sua função específica.

#### O Termômetro

Os testes feitos com o módulo de temperatura, para a sua calibragem, mostraram-se ótimos, uma vez que, se comparado ao trabalho de [SILVA (2000)], onde usou-se um termistor, cuja característica principal é variar inversamente proporcional ao aumento do sinal gerado, mostrando que o LM35, por ser um componente linear, possui uma performance muito mais satisfatória para exercer funções deste tipo, levando-se ainda em consideração a maior facilidade de correção através de uma equação extremamente simples, principalmente se comparada com a do termistor em questão.

A figura 6.1 mostra o gráfico da regressão linear da temperatura em comparação com a **mini-estação meteorológica** da DAVIS, modelo *Weather Wizard III*, a equação de correlação e o coeficiente de correlação obtido.

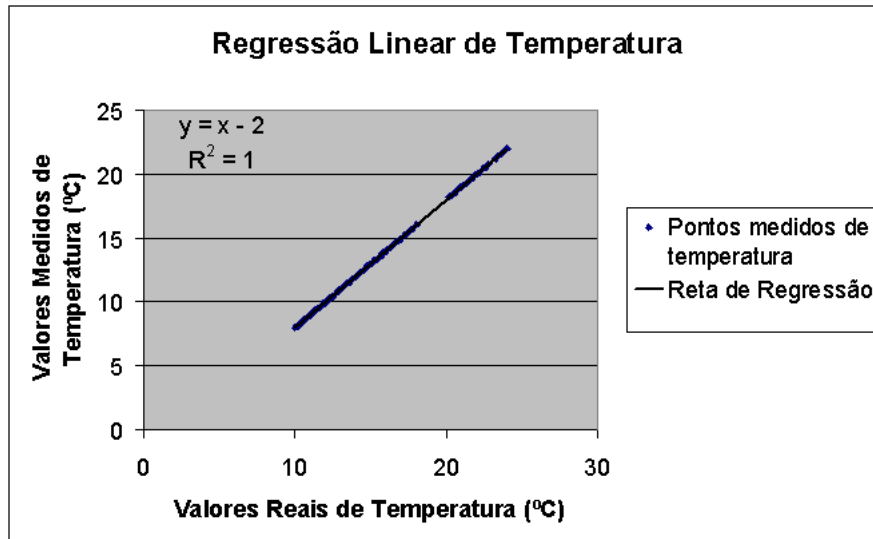
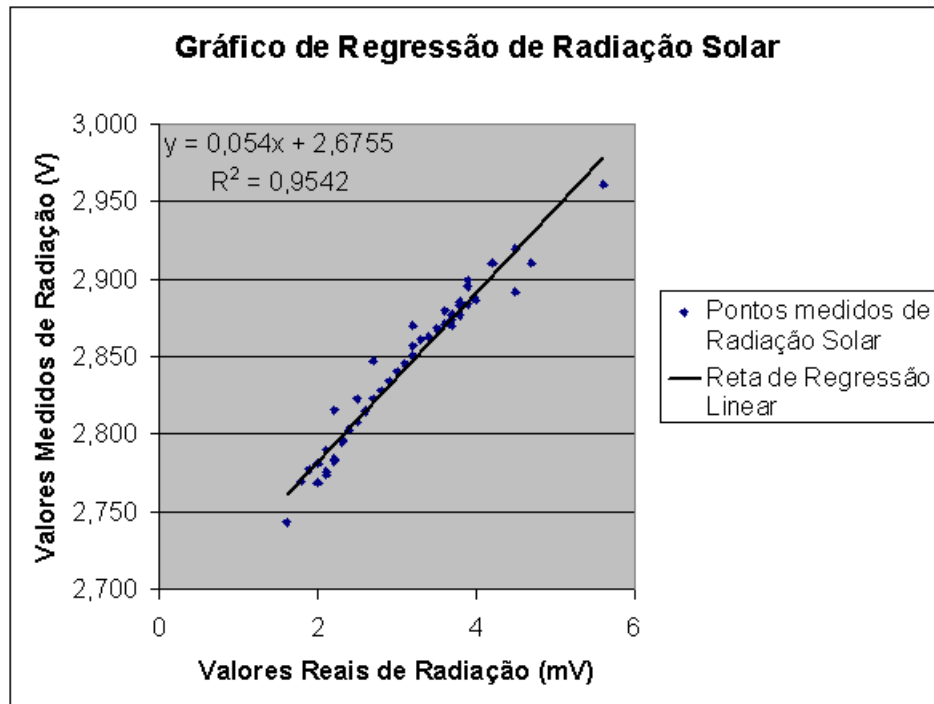


Figura 6.1: Gráfico de regressão linear da temperatura.

## O Radiômetro

Os testes feitos com o módulo de radiação solar, para a sua calibragem, mostraram-se muito satisfatórios, uma vez que, se comparado ao trabalho de [DANTAS (1996)], onde usou-se três células fotovoltaicas ligadas em paralelo entre si e também a uma resistência de  $1,7K\Omega$ , para uma melhora da resposta linear, mostrando que mesmo não tendo sido acoplado uma resistência em paralelo a única célula fotovoltaica do módulo, pois se isso fosse feito, seria necessário projetar um amplificador não-inversor de ganho muito alto, da ordem de grandeza de  $10^3$  ou  $10^4$ , uma vez que o *BASIC Step 1* não trabalha com valores de tensão muito baixos como da ordem de miliamperes ou inferior, para que assim o sinal pudesse ser recebido convertido e processado pelo módulo. Esta escolha não condena a viabilidade do projeto uma vez que, mesmo sem o uso de tal resistência, o aparelho mostrou respostas lineares muito boas, apresentando variações apenas na segunda e terceira casas decimais, quando medidas os valores correspondentes de radiação, isso já após ter sido feita a correção através da equação de correlação.

A figura 6.2 mostra o gráfico da regressão linear da radiação solar em comparação com a **mini-estação meteorológica** da *DAVIS*, modelo *Weather Wizard III*, a equação de correlação e o coeficiente de correlação obtido.



**Figura 6.2:** Gráfico de regressão linear da radiação solar.

## O Anemômetro

Os testes feitos com o módulo de velocidade do vento, para a sua calibragem, mostraram-se satisfatórios, quando comparado ao seu “referencial real”, mais o que se pôde notar no decorrer do projeto, foi que o módulo usado como referência para a medição da velocidade do vento, mostra-se por muitas vezes impreciso e não-linear, uma vez que, o sensor do tipo *reed-switch* por ser eletro-mecânico, além de ter respostas mais lentas que sensores de outras espécies como os infravermelhos, que possuem respostas elétricas, dependendo da distância que se encontra de um magneto, pode ou não ser ativado, tirando a precisão do aparelho. A escolha de tal equipamento não condena a viabilidade do projeto, muito pelo contrário, com este trabalho podemos mostrar que o uso de tal tipo de sensor para a resposta instantânea de sinais torna-se inconveniente, uma vez que sabe-se que equipamentos mecânicos geram sinais muito mais lentamente que equipamentos

elétricos.

A figura 6.3 mostra o gráfico da regressão linear da velocidade do vento em comparação com a **mini-estação meteorológica** da *DAVIS*, modelo *Weather Wizard III*, a equação de correlação e o coeficiente de correlação obtido.

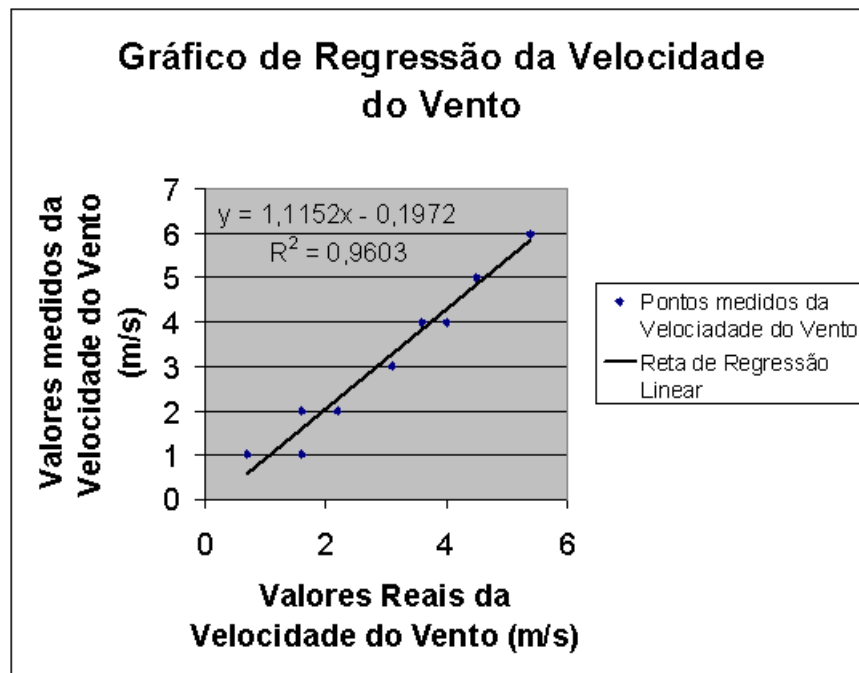


Figura 6.3: Gráfico de regressão linear da velocidade do vento.

## 6.2 Discussão

Desde que o conjunto dos módulos desenvolvidos, em harmonia com o microcontrolador e o com microcomputador, tenham sido devidamente testados e calibrados tomando como referência equipamentos de confiança, pode-se garantir que os dados adquiridos e armazenados em arquivo, são também confiáveis.

Os resultados obtidos mostram que a utilização de um microcontrolador juntamente com um microcomputador em um sistema de aquisição de dados, é prática e perfeitamente viável, uma vez que tais equipamentos possuem baixo custo,

uma vez que qualquer computador que utilize o sistema operacional *Windows* seria capaz de utilizá-lo. Um exemplo é o próprio microcomputador utilizado neste projeto, um Pentium 75MHz, 500MB de HD e 8MB de memória RAM, e pelos recursos gráficos de *software* disponíveis para a montagem de gráficos e planilhas.

Os desdobramentos deste trabalho, posto aqui como sugestão para outros que possa vir a ser realizados, são:

- Implementação de uma Interface Gráfica para o sistema, permitindo assim que usuários mais avançados trabalhem com gráficos e estatísticas diretamente no *software* do próprio sistema de aquisição de dados;
- Implementação de módulos RF para a transmissão e recepção de dados em locais onde o acesso à estação, para a recuperação dos dados adquiridos, é mais crítica;
- Criação de um *software* para a postagem automática dos dados adquiridos em um determinado dia, diretamente para o e-mail do responsável pela estação, evitando assim a sua locomoção diária até a mesma;
- Criação de um quarto módulo, que seria a aquisição dos dados de Umidade Relativa do ar.





## Capítulo 7

### Conclusão

Tomando como base os resultados obtidos e discutidos, dentro das propostas deste trabalho, todos os objetivos foram plenamente alcançados.

Tendo o sistema sido devidamente implementado e testado, concluiu-se que:

- É um sistema versátil, simples, de baixo custo e possui um bom desempenho de maneira geral;
- O uso do microcontrolador *BASIC Step 1*, juntamente com um microcomputador, para a construção de um sistema de aquisição de dados, mostrou-se totalmente viável e seguro, devido principalmente as facilidades de operação oferecidas pelo sistema e pelo seu baixo custo;
- A configuração mínima de um *hardware* para utilizar o sistema proposto é das mais simples hoje em dia.



## Referências Bibliográficas

- [AMPOP (1998)] , *O Amplificador Operacional - 1ª Parte Montagem inversora e não-inversora.* URL: [http://w3.ualg.pt/~jmariano/introelec/iae\\_ampop\\_1.pdf](http://w3.ualg.pt/~jmariano/introelec/iae_ampop_1.pdf). Acessado em 20 de maio de 2004.
- [ANGNES (2003)] ANGNES, D.L. *Introdução ao Microcontrolador BASIC Step.*, 2003. URL: <http://www.tato.ind.br/files/Microcontroladores%20BASIC%20Step1.pdf>. Acessado em 23 de maio de 2004.
- [BLAIR & FITE (1964)] BLAIR, T.A., FITE, R.C. *Meteorologia.* USAID, Rio de Janeiro, 1964.
- [BRITO & SOUZA (1987)] BRITO, A.A.S., SOUZA, A.H. *Sistema de aquisição de dados climatológicos automatizado por microcomputador.* CONGRESSO BRASILEIRO DA AGROMETEOROLOGIA, Coletânea de trabalhos, Belém, Pará, 1987.
- [COULSON (1975)] COULSON, K.L. *Solar and terrestrial radiation.* Academic Press, New York, 1975.
- [DANTAS (1996)] DANTAS, A.A.A. *Hidro-Radiômetro com Célula de Silício.* IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão, 1996.
- [DAVIS (1996)] DAVIS Instruments Corp, *Owner's Manual.* Hayward, U.S.A., 1996.
- [DICIONÁRIO AURÉLIO (1999)] FERREIRA, A.B.H. *Dicionário Aurélio Eletrônico - Séc.XXI.* Ed. Nova Fronteira, Versão 3.0, novembro de 1999.

- [DIRMHIRN (1968)] DIRMHIRN, I. *On the use of silicon cells in meteorological radiation studies*. J.Appl. Meteor., Vol.7, 1968.
- [FRITSCHEN & GAY (1979)] FRITSCHEN, L.J. e GAY, L. W. *Environmental Instrumentation*. Springer-Verlag, New York Inc., 1979.
- [HAYHOE & BALCHIN (1988)] HAYHOE, H. N., BALCHIN, D. *Automatic retrieval of data agrometeorological using a microcomputer and radio telemetry*. Journal Computers and eletronicns and agriculture, Amsterdam, 1987.
- [INTERSIL (2002)] INTERSIL Corporation's, *CA3140,CA3140A Data Sheet*. U.S.A., 2002. URL: <http://www.intersil.com/data/fn/fn957.pdf>. Acessado em 22 de maio de 2004.
- [MALVINO (1995)] MALVINO, A.P., *Eletrônica*. Editora McGraw-Hill Ltda, Vol.1 São Paulo, 1987.
- [MCGEE (1988)] MCGEE, T.D. *Principles and methods of temperature measurements*. University of Toronto, Toronto, 1988.
- [SILVA (2000)] SILVA, K.O. da *Desenvolvimento de Sistema Automatizado de Baixo Custo para Aquisição de Dados de Umidade e Temperatura do Ar*. Dissertação de Mestrado, ESALQ, Piracicaba, São Paulo, 2000.
- [SMITH (1969)] SMITH, R.C.*An irradiance underwater collector*. J.Mar.Res., Vol.7,1969.
- [SOUZA (1989)] SOUZA, L.E. *Aquisição e Conversão de Dados por Micro-computadores*. Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria (FUPAI), Cap.9, Vol.2, Itajubá, Minas Gerais, 1989.
- [SUEHRCKE et al. (1990)] SUEHRCKE, H., LING,C.P. e McCormick,P.G. *The dinamic response of instruments measuring instantaneuous solar radiation*. Solar Energy, Vol.44, 1990.
- [TUBELIS (1988)] TUBELIS, A. *A chuva e a produção agrícola*. Nobel, São Paulo, 1988.
- [TUBELIS & NASCIMENTO (1988)] TUBELIS, A., NASCIMENTO, F.J.L. *Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações*. Nobel, São Paulo, 1988.

[ZAMBALDE (1991)] ZAMBALDE, A.L. *Sistema Computadorizado para Aquisição e Análise de dados Agrometeorológicos*. Dissertação de Mestrado, EFEI, Itajubá, Minas Gerais, 1991.