

## ANEMÔMETRO DIGITAL E SENSOR DE DIREÇÃO DO VENTO

**Luis Rodolfo Rebouças Coutinho** – rodolfo@bcoutinho@yahoo.com.br

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

**Paulo C. M. Carvalho** – carvalho@dee.ufc.br

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

### 4.2 Construção e Calibração de Anemômetros

**Resumo.** Este documento tem o objetivo de mostrar o projeto de um anemômetro digital e um sensor de direção do vento, ambos desenvolvidos na Universidade Federal do Ceará. Este equipamento de medição foi desenvolvido de forma tal que é de fácil construção e instalação, baixo custo e bastante robusto, ou seja, capaz de suportar as condições climáticas locais. A medição tanto da velocidade do vento quanto da sua direção são feitas a partir de uma interação da parte mecânica dos sensores com sensores ópticos que convertem respectivamente a quantidade de rotações por segundo e a posição do sensor de direção do vento em sinais digitais os quais são interpretados por um microcontrolador 8051 da Intel e enviados serialmente por sinal de rádio para o computador. Depois de transferidos para o computador os dados podem ser convertidos em gráficos e salvos em um arquivo através de um programa também desenvolvido para o projeto. Com isso tem-se a possibilidade de se obter um histórico das condições de velocidade e direção do vento no local estudado.

**Palavras-chave:** Anemômetro, Microcontrolador, Vento.

## 1. INTRODUÇÃO

A função de um anemômetro é medir a velocidade de vento. Os anemômetros de concha são utilizados largamente por um grande número de razões:

- São apropriados para medições da velocidade do vento;
- Têm custo atrativo em comparação com outros tipos de instrumentos;
- São mais resistentes a ações climáticas;

Entretanto apresentam algumas limitações:

- Sensibilidade não ideal para ângulo de ataque fora do plano horizontal;
- Resposta dinâmica, devido à inércia do sistema mecânico;
- Não linearidade da calibração;
- Variação na calibração causada pelos mecanismos de fricção ou devido à forma da concha

O anemômetro de concha desenvolvido junto com o modulo de direção do vento é mostrado na Fig. 1:



Figura 1 – O anemômetro de concha desenvolvido

## 2. DESENVOLVIMENTO

O anemômetro digital desenvolvido juntamente com um sensor de direção de vento tem como base o microcontrolador 8051 da INTEL. Os dados gerados pelo equipamento podem ser coletados através de um PC com um software adequado que foi desenvolvido especialmente para esse projeto, através de uma interface de comunicação serial. Deste modo, o equipamento desenvolvido possui a vantagem de usar um microcontrolador de baixo custo e de fácil obtenção no mercado brasileiro, e oferece também a possibilidade de aquisição de dados em intervalos de tempos programáveis via software.

A tela principal do programa é mostrada na Fig. 2, com uma janela para a velocidade de vento e para a direção de vento e quadro para os dados coletados, que são automaticamente salvos como um arquivo de extensão \*.anp.

A screenshot of a software application window titled 'UFC - ANEMÔMETRO DIGITAL'. The window has a menu bar with 'Arquivo', 'Opções', and 'Ajuda'. The main interface is divided into several sections. On the left, there is a table titled 'DADOS RECEBIDOS' with columns for 'Velocidade', 'Direção', 'Hora', and 'Data'. The table contains ten rows of data. On the right, there are two large green digital displays. The top one is labeled 'VELOCIDADE DO VENTO (m/s)' and shows '00,0'. The bottom one is labeled 'DIREÇÃO DO VENTO' and shows '\*\*\*'. To the right of these displays, there are labels for 'DATA' (10/09/2006) and 'HORA' (08:18:55). The status bar at the bottom of the window reads 'Anemômetro Digital'.

Figura 2 – A tela principal do programa

O Software ainda permite a impressão da tabela com os dados, o calculo da velocidade média, mostrar a direção predominante do vento e ainda a visualização dos mesmos em forma de gráficos como podemos ver nas Fig. 3 e 4. Na Fig. 3 tem-se um histórico da direção do vento de acordo com a quantidade de dados coletados (eixo das ordenadas no gráfico). Já na Fig. 4 temos o histórico da velocidade do vento por quantidade de dados adquiridos. Ambos os gráficos são dados em função da quantidade de dados recebidos, pois a taxa de transmissão para o computador pode ser modificada ficando a critério do usuário do sistema.

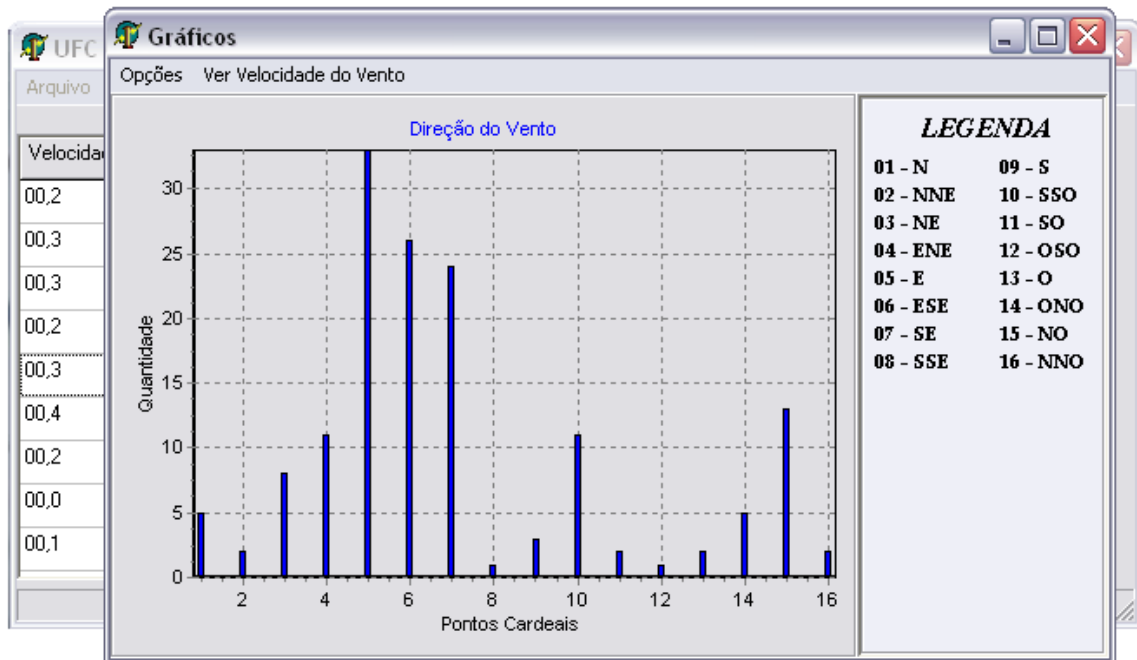


Figura 3 – Gráfico exemplo da direção do vento

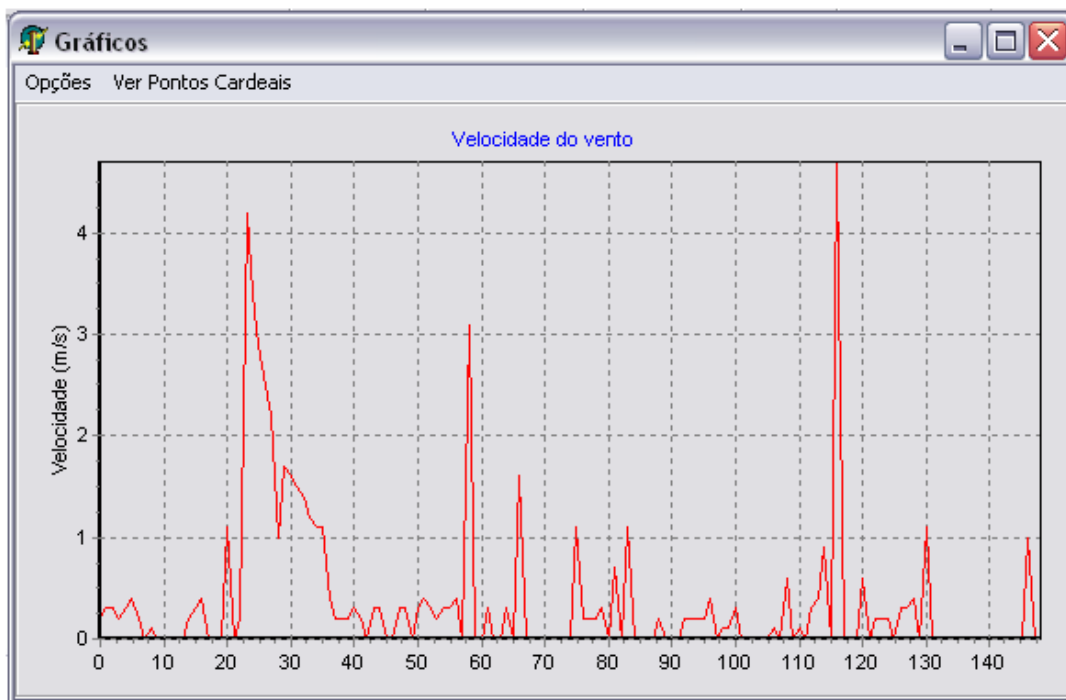


Figura 4 – Gráfico exemplo da velocidade do vento

A estrutura para a aquisição dos dados é composta por um sensor ótico e por um disco com 30 furos, como pode ser visto na Fig. 5. No equipamento, cada rotação do disco gera um pulso elétrico que é capturado por um sistema eletrônico de aquisição de dados. Como 30 pulsos correspondem à distância de uma volta, contando o número de pulsos em um intervalo de tempo podemos calcular a velocidade do vento.

Para o cálculo exato da velocidade de vento, foi criada uma variável de calibração que pode ser ajustada facilmente de acordo com a faixa de velocidade (calibração por trechos), de forma que o equipamento desenvolvido possa mostrar a mesma velocidade que um equipamento de referência, neste caso usado como um instrumento padrão.



Figura 5 – Sensor de Velocidade do Vento

Para a medida da direção do vento temos um outro tipo de sensor ótico. Este consiste num disco codificado em seções as quais são decodificadas posteriormente pelo microcontrolador de forma a indicar as direções resultantes, como é mostrado na Fig. 6.

A Tab. 1 mostra os códigos para a direção de vento e a Fig. 7 mostra os passos básicos utilizados no software de baixo nível escrito em assembly 8051 para a aquisição dos dados.

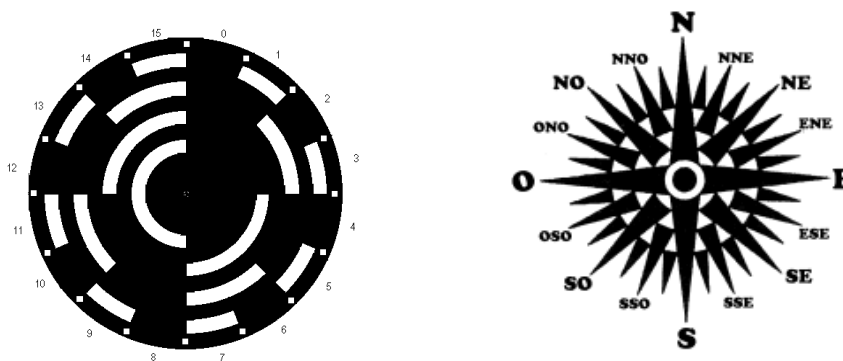


Figura 6 –Sensor de direção do vento

Tabela 1 – Códigos para a direção do vento

CODE	DIREÇÃO	CODE	DIREÇÃO	CODE	DIREÇÃO	CODE	DIREÇÃO
0000	N	0100	E	1000	S	1100	O
0001	NNE	0101	ESSE	1001	SSO	1101	ONO
0010	NE	0110	SE	1010	SO	1110	NO
0011	ENE	0111	SSE	1011	OSO	1111	NNO

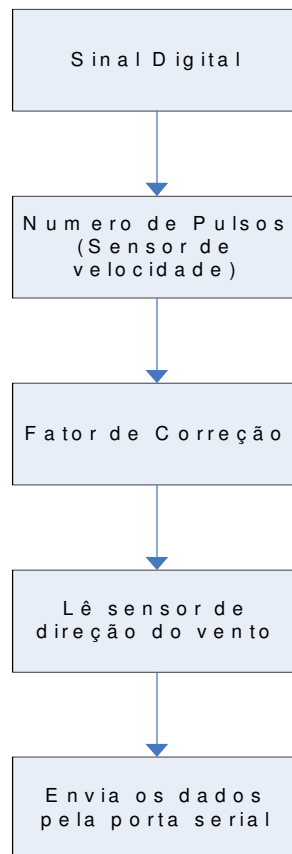


Figura 7 – Passos para a aquisição dos dados

### 3. RESULTADOS

A pesquisa presente teve como resultado o desenvolvimento de um anemômetro digital com as seguintes características de hardware:

- Circuito tendo um microprocessador como central de controle
- Hardware para comunicação serial com um PC;
- Faixa de medida: 0.0m/s a 29.9 m/s;
- Sensor óptico para a direção de vento em 16 passos;
- Data Hold;
- Display com 3 dígitos (opcional);
- Baixo consumo de energia.

Foram feitos testes de medida e os resultados foram comparados com um anemômetro padrão em condições reais de operação com o auxílio de um grande ventilador. Para o teste os equipamentos foram colocados lado a lado de forma simétrica em relação ao ventilador.

Os resultados dessa comparação são mostrados na Tab. 2. Foi observado que o protótipo desenvolvido tem um desempenho satisfatório em todas as faixas de velocidade, apresentando um erro de medida menor que 1.2%.

Tabela 2 – Erros na medição: Equipamento desenvolvido versus Padrão

Speed Range	Error	Speed Range	Error	Speed Range	Error
0-3 m/s	+0.10 m/s	6-12m/s	+0.32 m/s	16-24 m/s	+0.86 m/s
3-6 m/s	+0.16 m/s	12-16 m/s	+0.52 m/s	24-30 m/s	+1.18 m/s

O anemômetro foi testado sob vento constante, tendo como referência um outro anemômetro, com a meta de obter o fator de correção de instrumento desenvolvido. Na Fig.8 podem ser visualizados os valores obtidos e as respectivas curvas dos instrumentos.

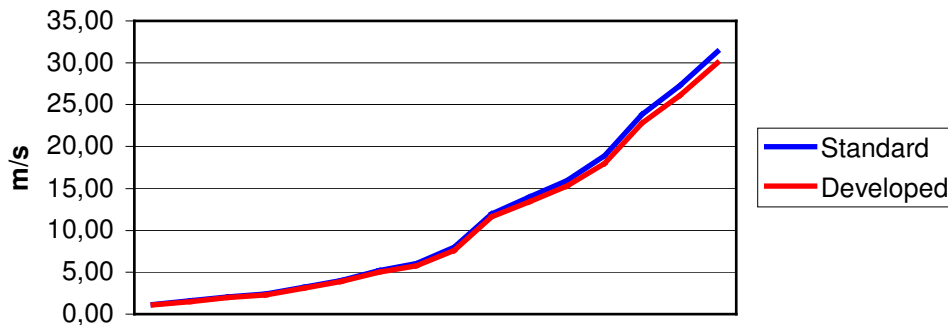


Figura 8: Anemômetro desenvolvido versus anemômetro padrão

#### 4. CONCLUSÕES

O anemômetro desenvolvido mostrou uma resposta boa às mudanças de velocidade do vento. As curvas de calibração têm um comportamento linear que permite o uso de uma rotina simples de ajuste no software de aquisição de dados. O uso de um sensor ótico permitiu uma frequência de coleta de pulsos para uma alta rotação do disco e evitou-se o problema de atrito com o disco. Deste modo, um sinal apropriado é provido no formato digital, reduzindo o número de componentes na interface com o computador.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [IEC99]: Wind turbine Generator Systems – Part 1: Safety Requirements. IEC 6140-1 Edition 2. 1999.
- [BLACKADAR85]: BLACKADAR, A. F., Almanaque para uma Estação Meteorológica. Publicações de Heldref, Washington, DC 20016, U. S. Proteção do Ambiente Agência, 1995,: Qualidade Manual de Garantia para Medida de Poluição de Ar Sistemas, Volume IV: Medidas Meteorológicas. EPA-600/R-94/038d, Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento, Parque de Triângulo de Pesquisa, NC.
- CEPEL, Energia Eólica Princípios e Aplicações, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, ultimo acesso em 05/11/2004. <http://www.cepel.br/crese/cresesb.htm>
- [IEA99] International Energy Agency: Wind Speed Measurement and Use of Cup Anemometry; 1999
- Carvalho, Paulo: Geração Eólica; Imprensa Universitária da UFC, 2003
- Bartelt, Terry L M.: Industrial Electronics – Devices, Systems and Applications; Delmar, 1997
- ATMEL, Data Sheet AT89C2051 Microcontroller; <http://www.atmel.com>
- Nicolosi, Denys E. C.: Microcontrolador 8051 Detalhado; Editora Erica, 2000

### DIGITAL ANEMOMETER AND A WIND DIRECTION SENSOR

**Abstract.** *This paper has the goal to show the project of a digital anemometer with a wind direction sensor, developed in the Federal University of Ceará. The equipment is of easy construction, low cost and built with materials found in the Brazilian market. The instrument measures the wind speed and direction having as a base a mechanical system coupled to a optic sensor and connected to a computer, that makes the acquisition of data automatically through a program elaborated to interpret the received data, saving them for applications in the energetic area.*

**Key words:** *Anemometer, Microcontroller, Wind.*