

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
(Bacharelado)

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO
PARA AUTOMATIZAÇÃO DA LEITURA
DE NIVEIS DE FLÚMENS**

TRABALHO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO SUBMETIDO À UNIVERSIDADE
REGIONAL DE BLUMENAU PARA A OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA
DISCIPLINA COM NOME EQUIVALENTE NO CURSO DE CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO — BACHARELADO

GARI JULIO EINSFELDT

BLUMENAU, JUNHO/2002

2002/06-36

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA AUTOMATIZAÇÃO DA LEITURA DE NIVEIS DE FLÚMENS

GARI JULIO EINSFELDT

ESTE TRABALHO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO, FOI JULGADO ADEQUADO
PARA OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA DISCIPLINA DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO OBRIGATÓRIA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

BACHAREL EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Prof. Miguel Alexandre Wisintainer — Orientador na FURB

Prof. José Roque Voltolini da Silva — Coordenador de TCC

BANCA EXAMINADORA

Prof. Miguel Wisintainer – Orientador

Prof. Antonio Carlos Tavares

Prof. Francisco Adell Péricas

DEDICATÓRIA

A Deus por ter colocado em meu caminho pessoas que terei eterna gratidão por suas dedicações e seus feitos e por ter-me abençoado com a serenidade necessária para absorver e praticar os conhecimentos adquiridos nesta universidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecer ao professor Miguel Alexandre Wisintainer, por sua dedicação prestada e excelência quanto à orientação, tendo fundamental papel para que este trabalho de protótipo alcançasse seus objetivos.

Ao meu amigo Alexandre José da Silva, por ter privado momentos particulares com o intuito de estender a mão e ajudar na confecção do módulo de leitura de nível.

A WEG Indústrias S.A. por ter disponibilizado seus laboratórios e permitir o livre acesso dos materiais para a elaboração do protótipo.

Agradecer a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste trabalho de protótipo, bem como as que tiveram paciência por não me terem em seus convívios nos momentos em que estava dedicado a ele.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	viii
Lista de Quadros	x
Lista de tabelas	xi
Resumo	xii
Abstract.....	xiii
1 Introdução	1
1.1 Motivação	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Organização do Texto	3
2 Enchentes	5
2.1 Histórico do Problema.....	5
2.2 Análise de Riscos	6
2.3 Rede HidroLógica Nacional	7
2.4 Importância da Medição	8
3 Comunicação de Dados	9
3.1 Transferência de Dados	9
3.1.1 Sentido de Transmissão.....	10
3.1.2 Transmissão Assíncrona.....	10
3.1.3 Transmissão Síncrona	11
3.1.4 Comunicação por Interface	11
3.1.4.1 Interface RS-232	12
3.1.4.2 Interface USART	12

3.2 Modulação	13
3.2.1 Modulação Analógica	13
3.2.2 Modulação Digital.....	14
3.3 Meios de Transmissão	15
4 Radiofrequência	16
4.1 Distorção, Ruído e Interferência	17
4.2 Classificação das Ondas de Rádio.....	18
4.3 Equipamentos de Rádio.....	19
4.4 Rádio Pacote.....	20
4.5 Módulos de Radiofrequência.....	20
4.6 Módulo RR3.....	21
4.6.1 Módulo RT4.....	22
5 Protocolo.....	23
5.1 Detecção e Correção de Erros	25
5.2 Protocolo AX.25.....	25
6 Microcontroladores	28
6.1 Conversor A/D	28
6.2 Microcontrolador PIC.....	29
6.2.1 PIC16F84A	30
6.2.2 PIC16F876	33
6.3 Fatores Determinantes	36
7 Linguagem Basic	37
7.1 Linguagem PICBasic.....	37
8 Desenvolvimento do Projeto.....	39
8.1 Considerações Iniciais	39

8.2 Protótipo de Hardware.....	40
8.2.1 Módulo de Controle	42
8.2.1.1 Especificação	43
8.2.1.2 Implementação.....	44
8.2.2 Módulo de Base	45
8.2.2.1 Especificação	46
8.2.2.2 Implementação.....	47
8.2.3 Módulo de Coleta.....	48
8.2.3.1 Especificação	48
8.2.3.2 Implementação.....	49
8.3 Protótipo de Software.....	50
8.3.1 Especificação.....	50
8.3.2 Implementação	52
8.3.3 Módulo de Coleta de Dados.....	52
8.3.4 Módulo de Gestão de Informações	55
8.3.4.1 Tela de cadastro de Flúmens.....	56
8.3.4.2 Tela de cadastro de Réguas.....	56
8.3.4.3 Tela de cadastro de Comentários	57
8.3.4.4 Tela de Visualização dos Dados Coletados	58
9 Conclusões	60
9.1 Dificuldades encontradas	61
9.2 Limitações	61
9.3 Extensões.....	62
Glossário.....	63
Referências Bibliográficas.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Byte em transmissão assíncrona	11
Figura 2: Transmissão Síncrona de Dados	11
Figura 3: Pacote USART	13
Figura 4: Modulação por amplitude	14
Figura 5: Modulação por frequência	14
Figura 6: Comprimento de Ondas com Frequências Diferentes.....	16
Figura 7: Módulo receiver RR3.....	21
Figura 8: Esquema de montagem do receiver RR3	21
Figura 9: Módulo receiver RR3.....	22
Figura 10: Esquema de montagem do transmissor RT4.....	22
Figura 11: Pacote de Protocolo.....	23
Figura 12: Demonstração da estrutura do pacote AX.25.....	26
Figura 13: Diagrama de bloco do PIC16F84A.....	31
Figura 14: Diagrama de pinos do PIC16F84A	32
Figura 15: Diagrama de pinos do PIC16F876.....	33
Figura 16: Diagrama de bloco do PIC16F876.....	34
Figura 17: Esquema de conversão A/D do PIC16F876.....	35
Figura 18: Conversor A/D do PIC16F876.....	36
Figura 19: Demonstração da estrutura do pacote do projeto.....	40
Figura 20: Diagrama de funcionamento do protótipo de hardware.....	41
Figura 21: Módulo de Controle	42
Figura 22: Fluxograma do Módulo de Controle.....	43

Figura 23: Módulo de Base	45
Figura 24: Fluxograma do Módulo de Base	46
Figura 25: Módulo de Leitura.....	48
Figura 26: Fluxograma do Módulo de Coleta	48
Figura 27: Modelo Entidade Relacionamento	50
Figura 28: Diagrama de Contexto Módulo de Coleta	51
Figura 29: Diagrama de Contexto Módulo de Gestão.....	51
Figura 30: Tela do Módulo de Coleta de Dados.....	52
Figura 31: Tela de Controle de Flúmens	56
Figura 32: Tela de Controle de Réguas	57
Figura 33: Tela de Controle de Comentários	58
Figura 34: Tela de Visualização dos Dados Coletados	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Rotina de Controle do Módulo de Controle	44
Quadro 2: Rotina de Controle do Módulo de Base	47
Quadro 3: Rotina de Controle do Módulo de Coleta.....	49
Quadro 4: Rotina para Iniciar Porta Serial	53
Quadro 5: Rotina para Finalizar Porta Serial.....	54
Quadro 6: Rotina de Controle de Leitura	54
Quadro 7: Rotina de Gravação do Valor Coletado.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracteres de controle na interface USART.....	12
Tabela 2: Classificação das ondas de rádio	18
Tabela 3: Características principais das ondas de rádio	19
Tabela 4: Caracteres de controle de pacotes de protocolos orientados a byte.....	24
Tabela 5: Funções da Pinagem do Microcontrolador PIC16F84A	32

RESUMO

Este trabalho descreve a construção de um protótipo para automatização da leitura de níveis de flúmens. Com o objetivo de auxiliar no monitoramento e fornecer informações sobre o comportamento dos flúmens, este protótipo busca demonstrar uma forma automatizada de leituras de réguas de medição de nível utilizando tecnologia relacionada a comunicação por radiofrequência, controles baseados em microcontroladores da família PIC e conversão analógico-digital.

ABSTRACT

This work describes the building of a prototype for automation of rivers level read. Having the objective to aid rivers monitoring and to supply information about them, this proposal comes to automate the read of river rules levels using some technologies as communication of data through radio frequency, PIC family microcontroller based control and analog-digital conversion development.

1 INTRODUÇÃO

Com o progresso da humanidade e seus avanços na colonização de espaços cada vez mais populosos, há uma conseqüentemente agressão ao meio-ambiente e devastação desenfreada dos recursos naturais e da própria geografia.

Com estas ações, segundo Munõz-espínosa (1984), o ser humano tem conseguido um desequilíbrio no ecossistema, fazendo com que as chuvas não tenham mais sua contenção natural (a citar: as florestas e a vegetação marginal), e como conseqüência elevando exacerbadamente os níveis dos rios, quando de chuvas torrenciais.

Considerada num sentido amplo, uma cheia num curso de água é qualquer afluxo relativamente alto de água, tal que enche a calha fluvial ou canal de escoamento até níveis superiores ao previamente existente no trecho considerado. Entretanto, dependendo da intensidade e duração do fenômeno, a cheia pode ser de grande utilidade, como também, provocar inundações e danos em termos de perdas de bens e de vidas, criando situações que pelas suas conseqüências, pode variar desde uma simples, tranqüila e moderada enchente benéfica até o extremo de verdadeiras catástrofes pelo impacto ambiental e socioeconômico provocado. Por isso, para os efeitos do nosso interesse, as cheias devem ser consideradas dentro de um contexto socioeconômico, merecendo do homem uma atenção especial, procurando (Munõz-espínosa, 1984):

- a) compreender os seus mecanismos de formação;
- b) fazer estimativas adequadas da magnitude e freqüência do fenômeno;
- c) desenvolver programas integrados para conviver com elas, incluindo toda classe de medidas que visem o controle ou a minimização dos danos que podem provocar.

Medidas de prevenção são medidas que visam eliminar fatores surpresa, acionando sistemas de alerta mediante modelos de prevenção hidrográfica. Estes podem variar de simples modelos empíricos a sofisticados modelos de transformação de chuva-vazão.

A prevenção justifica-se através de Silva (1975), que estudou o problema das cheias pluviais dentre o período compreendido pelos anos de 1852 a 1973 e concluiu que em todo o transcurso da história catarinense, nenhuma calamidade tem causado tantas apreensões, tantos sustos e prejuízos aos habitantes do Vale do Itajaí, como as cheias periódicas dos rios, que captam águas de uma região de mais de 12.000 km² de superfície.

Segundo dados obtidos junto à publicação do seminário internacional "Estratégias e Ações Frente a Desastres Naturais" (Gastal, 1987), pode-se dizer que "as conseqüências sociais e econômicas, diretas e indiretas de tais desastres, são dramáticas, e que seus efeitos secundários exigem soluções tão caras que comprometem seriamente o desenvolvimento (sic) econômico a médio e longo prazo: esta conclusão demonstra a urgente necessidade de iniciarse de imediato um conjunto de atividades no sentido de reduzir a vulnerabilidade da região".

Para aumentar o monitoramento sobre os rios, foi criada uma estrutura de medição dos níveis de flúmens através de réguas que são encontradas às margens dos rios. Estas réguas são lidas de tempos em tempos e estes dados mantidos como informação histórica para o entendimento do comportamento dos rios e para prevenção de desastres.

Atualmente são recrutados profissionais para que colham as informações periodicamente. Contudo, como o trabalho é humano, a coleta em períodos menores ficaria comprometida, bem como a medição de todas as réguas do flúmen em tempo real, para se ter uma noção exata da situação do mesmo.

No intuito de amenizar os esforços na coleta dos dados, garantindo um monitoramento mais eficaz sobre o comportamento dos rios (auxiliando na prevenção de desastres), esta proposta de trabalho de conclusão de curso busca fazer uso dos recursos de hardware e software para a construção de uma solução que atenda a esta necessidade de captação de medidas de níveis demonstrados nas réguas afixadas as margens dos flúmens, através do uso de transmissão de dados que faz uso de radiofreqüência.

1.1 MOTIVAÇÃO

O grande fator motivante foi a vontade de consolidar conhecimentos adquiridos em grande parte das cadeiras ministradas na graduação em Ciências da Computação em um único projeto de conclusão. Com este foco, surgiu o protótipo de leitura de níveis de flúmens, voltado tanto as áreas de hardware como a grande maioria das técnicas de desenvolvimento de software demonstradas na graduação.

1.2 OBJETIVOS

Implementar um protótipo para automatização de coleta de medidas apontadas por réguas fluviais, baseado em microcontrolador e uso das técnicas de radiofrequência.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) avaliar tecnologias utilizadas;
- b) disponibilizar sistema específico para captar o nível do rio através das réguas (hardware e software);
- c) disponibilizar banco de dados para manter dados históricos que possam gerar informações para prever tragédias por elevação dos níveis dos rios;
- d) disponibilizar sistema para poder visualizar as informações coletadas pelas réguas automatizadas.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O segundo capítulo expõe o assunto dos impactos das cheias sobre a vida humana, análise de risco e um pouco da situação atual no Brasil.

O terceiro capítulo fornece uma rápida abordagem sobre alguns conceitos básicos na comunicação de dados, abrangendo a transferência de dados e meios de transmissão.

Informações relevantes aos conceitos ligados à radiofrequência são encontrados no quarto capítulo.

O capítulo 5 trata exclusivamente o assunto protocolo, fornecendo características, métodos de detecção de erros e uma explanação sobre o protocolo AX.25 utilizado em comunicação por radiofrequência.

O sexto capítulo explica o uso dos microcontroladores PIC16F84A e PIC16F876, descrevendo detalhes sobre o conversor A/D do PIC16F876, utilizados para a leitura do nível dos flúmens, bem como fornece um resumo sobre a tecnologia de conversão analógico-digital (A/D).

O capítulo 7 descreve a linguagem de programação Basic, bem como explana sobre a linguagem e o compilador PIC Basic, utilizados na programação dos microcontroladores.

Informações sobre o desenvolvimento do projeto, quanto a considerações iniciais, especificações e as implementações tanto do produto de software, quanto do produto de hardware podem ser encontrados no capítulo oito.

No nono capítulo se têm as conclusões, limitações e trabalhos futuros.

2 ENCHENTES

A enchente é, na verdade um fenômeno natural que ocorre com frequência razoável, as vezes, a cada dez, cem ou mil anos. Os problemas de inundações decorrem, em primeiro lugar, ao fato de o homem procurar fixar suas cidades e suas atividades no interior dos vales, próximos aos grandes rios. Além disso, ele também destrói as matas no interior das bacias dos rios e impermeabiliza o solo com a pavimentação, asfaltamento e construção de casas. Fatores que contribuem para diminuir a porção de chuvas que normalmente é infiltrada e aumentar a parcela que escoar livre e rápido sobre o solo em direção aos rios (Branco, 1993).

Assim, surgem os problemas que o homem sempre teve de enfrentar ao longo de sua história: necessidade do rio para viver, obter água potável, pescar, irrigar suas plantações, mover suas indústrias, transporte, escoamento de esgotos e, por isso, procura assentar-se sempre nas suas proximidades. Por outro lado, porém, ele sofre as conseqüências dessa localização e das próprias atividades que desenvolve (Branco, 1993).

2.1 HISTÓRICO DO PROBLEMA

Segundo relatos de Solomatine (1987), as enchentes estão classificadas entre os mais desastrosos fenômenos naturais. Elas são particularmente destrutivas nas planícies de enchentes e em terrenos de nível baixo, requerendo, nestes casos, os mais extremados sistemas de mitigação. As medidas de prevenção podem ser de ordem local, ou podem exigir trabalhos de engenharia por toda a bacia de um determinado rio. Desastres de grandes proporções ocorrem frequentemente em ciclos de 100 anos. Motivo pelo qual a opinião pública tende a esquecê-los com facilidade.

Um povoamento numa determinada área, ou um projeto de engenharia podem facilmente ser ameaçados por inundações causadas por elevações anormais do nível do mar ou de um rio, oriunda de aterros, chuvas ou pela combinação de ambos.

As enchentes se constituem no perigo natural mais freqüente e tem a tendência de provocar grandes danos sobre as atividades humanas. Aproximadamente meio bilhão de

peças vivem em planícies de enchentes, no mundo. Não existe nenhum país no mundo que esteja completamente protegido contra estes fenômenos (Solomatine, 1987).

As enchentes são responsáveis, anualmente, e por todas as partes do globo, por sofrimento humano e por perdas materiais avaliadas em bilhões de dólares, passar do progresso já existente para se possuir adequadas estimativas e possibilidades de mitigação de tais desastres naturais.

Segundo Solomatine (1987), uma vez que a população mundial continua a crescer e as necessidades econômicas e culturas a exigirem novos povoamentos em áreas altamente vulneráveis, não se pode esperar que os perigos de enchentes sejam completamente evitados no futuro. Enchente são naturais, são conseqüências de fenômenos naturais. Os seres humanos devem adequar suas atividades, seus projetos, a estes fenômenos naturais, utilizando-se de técnicas tradicionais e modernas de proteção, prevenção, mitigação e mobilização.

2.2 ANÁLISE DE RISCOS

Conforme Solomatine (1987), o objetivo principal deste tipo de análise é reduzir as perdas provocadas por enchentes e uso mais efetivo das águas das enchentes e das potencialidades do solo. A análise dos riscos de enchentes é entendida como o processo de identificação dos perigos de enchentes e a avaliação de seus impactos negativos sobre as áreas sujeitas a inundações.

Tecnicamente, este processo de análise se constitui das seguintes operações:

- a) estimativa do perigo de enchentes;
- b) estimativa de danos prováveis oriundos da magnitude do perigo;
- c) determinação dos riscos de enchentes.

O perigo de uma enchente é definido em termos de sua magnitude, frequência e ocorrência. A determinação da probabilidade de uma enchente e seus perigos não se constitui de um trabalho muito difícil, desde que exista a disponibilidade de dados hidrológicos necessários.

A estimativa de perigo, de um modo geral, deve dar lugar à preparação do mapeamento dos perigos de enchentes, mostrando a distribuição do perigo em si mesmo em relação a sua intensidade, velocidade, profundidade e a frequência dos períodos de retorno. Os dados hidrológicos obtidos através de um sistema adequado de mensuração, os dados morfológicos do rio obtidos através de testes regulares, assim como os dados e as informações armazenadas dos resultados dos desastres passados possibilitam preparar e mapear adequadamente os perigos através da simulação, sempre dentro dos critérios das necessidades socioeconômicas de uma determinada comunidade, em um determinado período de tempo (Solomatine, 1987).

A estimativa do provável impacto de uma enchente sobre a vida, sobre a infra-estrutura econômica e sobre as atividades humanas, em geral é compreendida de três fatores:

- a) magnitude do período da enchente, sua profundidade e velocidades;
- b) os elementos em risco, tais como edificações, plantações, entre outros;
- c) vulnerabilidade ou grau de perda de um determinado elemento físico sujeito a perigo da enchente.

2.3 REDE HIDROLÓGICA NACIONAL

A rede hidrológica nacional, planejada e operada pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) através da Divisão de Controle de Recursos Hídricos (DCRH), assume importância maior pelas dimensões continentais do país, que possui a maior rede hidrogeográfica do mundo.

Este fato faz com que o trabalho de levantamento de dados para a operação do sistema se transformem em tarefas vastas, complexas e sofisticadas, face à necessidade de elevado número de informações. A modernização do trabalho executado pela *DCRH*, através do uso intensivo da informática e da telecomunicação, vem apresentando resultados altamente positivos. O emprego destas técnicas tem gerado mais informações em relação ao processo manual, chegando a marca de três vezes a informação manual colhida em cinco anos, em apenas um (*DCRH*, 1984?).

Para que o processo de coleta de informações hidrológicas nacionais seja efetivado, são movimentadas cerca de três mil pessoas, entre técnicos e auxiliares técnicos, que consomem cerca de 420 horas de táxi aéreo, 16.000 horas de barco, e percorrem 1.100.000 Km percorridos ao ano para cobrirem 133 roteiros de operação em 26 bases de operações (DCRH, 1984?).

2.4 IMPORTÂNCIA DA MEDIÇÃO

A utilização de modernas técnicas de telecomunicações, especialmente quanto à transmissão de dados, visa a aquisição de informações hidrológicas em tempo real, de forma a permitir ações de acompanhamento e controle, possibilitando, entre outros, a previsão de cheias, a operação de reservatórios, e a constante observação de níveis de poluição em áreas críticas, atingindo bacias hidrográficas de grande porte e importância (DCRH, 1984?).

Estas informações produzem o banco de dados de informações históricas sobre condições hidrometeorológicas. Informações estas que podem ser utilizadas para prevenção de desastres, mapeamento de possíveis áreas inundáveis e comportamento do ambiente.

3 COMUNICAÇÃO DE DADOS

Toda comunicação é composta de meios e regras nas quais a mensagem, elemento causador da comunicação, é o componente principal. Os aspectos que devem ser seriamente observados em uma comunicação são (Tafner, 1996):

- a) fonte de transmissão (transmissor);
- b) informação a ser transmitida;
- c) canal, meio de transmissão ou portadora; e,
- d) destino da informação transmitida (receptor).

Na ocorrência de transferência de informação entre dois pontos, são demonstrados a existência de um transmissor (fonte) e um receptor (destino). Nestes pontos, se pode ter o cenário, por exemplo, de pessoas ou equipamentos, que se intercomunicam utilizando uma mesma linguagem de comunicação. No caso de equipamentos, a linguagem utilizada entre ambos, fonte e destino, é chamada de protocolo (Behrens, 2000).

3.1 TRANSFERÊNCIA DE DADOS

O processo de transferência de dados entre a fonte e o destino basicamente pode ser feita de duas maneiras: transmissão serial ou paralela (Tafner, 1996).

Na forma de transmissão serial, os *bits*, representando uma informação, trafegam seqüencialmente através de um meio físico. Esta é a forma de transmissão mais utilizada na comunicação de dados entre computadores. Por outro lado, a transmissão paralela, empregada em curtas distâncias entre computadores, ou para operações internas do mesmo na forma de comunicação com periférico específicos, os *bits* trafegam simultaneamente através de diversos suportes físicos em paralelo (Tafner, 1996).

3.1.1 SENTIDO DE TRANSMISSÃO

Considerando a conexão entre dois computadores, a transmissão de informações é classificada conforme o sentido em que ocorre, determinando a figura do transmissor e do receptor. Seguindo esta linha, a comunicação classifica-se como (Tafner, 1996):

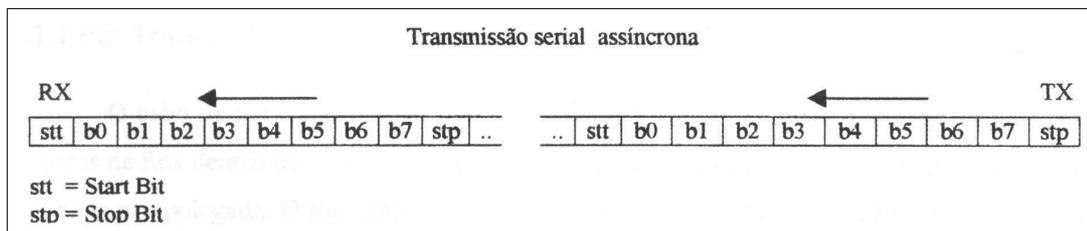
- a) *simplex*: forma de transmissão em que os dados são transmitidos em um único sentido (origem – destino). Este tipo de comunicação é pouco utilizado, principalmente por não possibilitar que o receptor informe a origem se a informação foi ou não recebida;
- b) *half-duplex*: nesta forma de transmissão, a transmissão de dados ocorre nos dois sentidos, porém não simultaneamente. A origem e o destino dos dados alternam-se durante o processo de comunicação, caso seja necessário. Atualmente, é o mecanismo mais implementado nas aplicações de comunicação de dados;
- c) *full-duplex*: possibilita que os dados sejam transmitidos e recebidos simultaneamente, geralmente, através de dois caminhos distintos, um para cada sentido. No caso de *modens full-duplex*, é utilizada uma frequência para transmissão e outra para recepção, através de um meio físico.

3.1.2 TRANSMISSÃO ASSÍNCRONA

No modo de transmissão assíncrono, cada caractere (independente do código adotado) recebe *bits* adicionais, *start bit* e *stop bit*, que indicam, respectivamente, o início e o fim do mesmo (figura 1). Desta forma, não há necessidade de uma pré-fixação de cadência entre o transmissor e o receptor. Estes possuem *clock* autônomos, sendo o *clock* do receptor sincronizado pelo *start bit* recebido, e mantido até que chegue o *stop bit*, finalizando o processo de transmissão (Tafner, 1996).

A característica mais relevante da transmissão assíncrona é a de poder ser iniciada em qualquer tempo, sem limite de tamanho de mensagem.

Figura 1: Byte em transmissão assíncrona

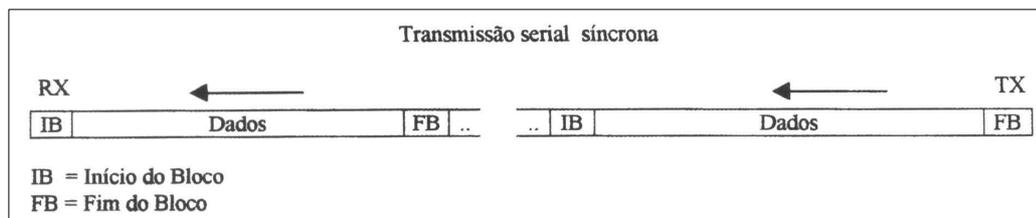


Fonte: [Tafner, 1996]

3.1.3 TRANSMISSÃO SÍNCRONA

Segundo Tafner (1996), o modo de transmissão que se baseia no estabelecimento de uma cadência (*clock*) fixa para a transmissão dos *bits*. Mesmo não havendo dados a serem transmitidos, o transmissor envia caracteres especiais para manter o sincronismo. Sua principal característica é a possibilidade de transmitir blocos de dados com a adição de controles no começo e no fim destes blocos (figura 2). Não faz uso de *buffers* nem no lado emissor nem no lado receptor, justamente por trabalharem na mesma frequência.

Figura 2: Transmissão Síncrona de Dados



Fonte: [Tafner, 1996]

3.1.4 COMUNICAÇÃO POR INTERFACE

Há diversas propostas para resolver o dilema da comunicação por interfaces, mas as que mais se destacam são as por comunicação serial e a por comunicação paralela, amplamente utilizadas nos microcomputadores atuais.

O objetivo deste tópico é discutir as interfaces comumente encontradas.

3.1.4.1 INTERFACE RS-232

A interface serial encontrada com maior frequência em microcomputadores é a *RS-232C*. Utilizada para possibilitar a comunicação entre o microcomputador e periféricos externos, a exemplo do modem.

O padrão *RS-232C* define atualmente, quatro níveis lógicos. As entradas têm definições diferentes das saídas, bem como os controles têm definições diferentes dos dados.

3.1.4.2 INTERFACE USART

USART é uma sigla que no inglês significa *Universal Synchronous Receiver-Transmitter*, ou Receptor-Transmissor Síncrono Universal. Esta forma de comunicação serial se encarrega de fazer com que o microcomputador receba corretamente os *bits* de informação que são transmitidos para a entrada da porta serial e, também assegurar que as informações transmitidas estejam livres de erros (Behrens, 2000).

Na tabela 1 estão descritos os sinais de controle disponíveis nesta forma de comunicação serial.

Tabela 1: Caracteres de controle na interface USART

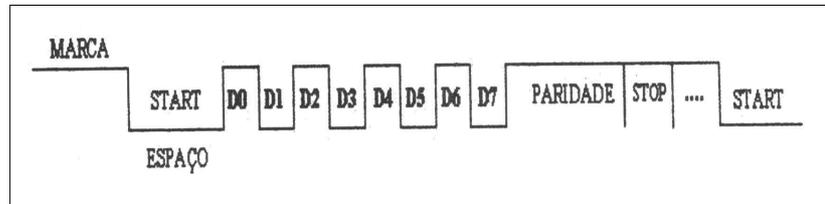
CONTROLE	DESCRIÇÃO	SINAL
DTR	Data Terminal Ready (pronto para estabelecer comunicação)	Entrada
RTS	Request to Send (Solicitação de envio de dados)	Entrada
RX	Receive Data (Recepção de dados)	Entrada
DSR	Data Set Ready (Sinal de prontidão para transmitir ou receber dados)	Saída
CTS	Clear to Send (Informa a existência de dados para transmissão)	Saída
TX	Transmit Data (Transmissão de dados)	Saída

Fonte: [Behrens, 2000]

A *USART* não apenas converte os dados de paralelo para serial, mas também acrescenta alguns *bits* de controle, como os *bits* de início (*start*), *bits* de terminação (*stop*) e *bits* de paridade, para o controle de erros e garantia do sincronismo durante a comunicação (figura 3).

O pacote de comunicação USART possui diversos modos de operação que podem ser devidamente programados através da combinação de *bits* de controle e da palavra a ser transmitida, esta podendo ser de 7 ou 8 *bits*.

Figura 3: Pacote USART



Fonte: [Behrens, 2000]

3.2 MODULAÇÃO

Behrens (2000) inicia o estudo definindo a modulação como uma técnica empregada para modificar o sinal com a finalidade de possibilitar o transporte de informações através do canal de comunicação e recuperar o sinal, na sua forma original, na outra extremidade.

Segundo Tafner (1996), a necessidade de modulação se caracteriza quando a distância entre dois equipamentos envolvidos na comunicação for geograficamente, onde se torna necessária a comunicação por meios distintos aos usados pelo microcomputador.

Existem dois tipos de modulação: a modulação analógica e a modulação digital. Ambos são utilizados na comunicação, dependendo do sinal que se quer transmitir.

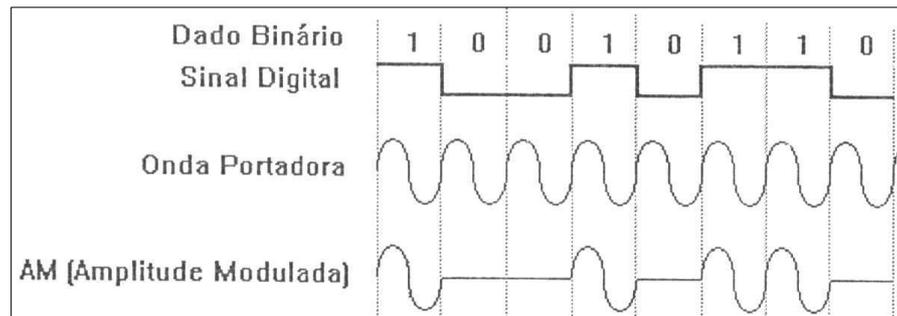
3.2.1 MODULAÇÃO ANALÓGICA

Nesta forma de comunicação, é imprescindível que o sinal digital transmitido chegue limpo ao receptor para que possa ser entendido corretamente (Tafner, 1996). Esta conversão pode ser feita de várias formas, realizada através das características básicas da onda.

As técnicas de modulação de sinal analógico são divididas em:

- a) Modulação por amplitude (AM) – este método de modulação é utilizado somente para transmissão de baixa velocidade. Conforme ilustra a figura 4, temos a modulação de sinal por amplitude de onda (altura da onda);

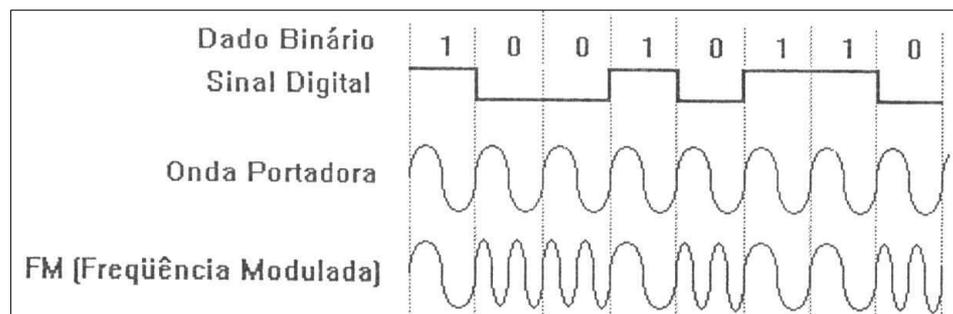
Figura 4: Modulação por amplitude



Fonte: [Tafner, 1996]

- b) Modulação por frequência (FM) – este método de modulação utiliza dois sinais, um para representar a alta frequência (associado ao dígito binário “1”) e outro para representar a baixa frequência (caracterizando o dígito binário “0”). Pode visualizar a o método através da figura 5.

Figura 5: Modulação por frequência



Fonte: [Tafner, 1996]

3.2.2 MODULAÇÃO DIGITAL

Conforme estudos realizados por Behrens (200), embora sejam possíveis duas técnicas para transmissão de dados – digital e analógica, somente a analógica realiza modulação, uma

vez que a técnica digital usa o recurso de codificação de pulsos, também chamada de modulação discreta ou codificada. Utilizada em casos em que se está interessado em transmitir uma forma de onda ou mensagem, que um conjunto finito de valores discretos representando um código.

No caso de comunicação binária, as mensagens são transmitidas por dois símbolos apenas. Um dos símbolos representado por um pulso correspondente ao valor binário “1” e o outro pela ausência de pulso (nenhum sinal) representando o dígito binário “0”. Os tipos de modulação digital encontrados são: de modulação por chaveamento de amplitude (ASK); modulação por chaveamento de frequência (FSK); modulação por chave de fase (PSK); e modulação por largura de pulso (PWM).

A transmissão de um bit via radiofrequência é realizada através de modulação em modulação por largura de pulso (PWM), executada bit a bit. O tempo total de um bit é de 1,367 ms para valor lógico “1”, e um terço do tempo total para o valor lógico “0”. Para conseguir o tempo de um bit, o contador (T0) do microcontrolador é configurado para gerar uma interrupção a cada 45 microssegundos.

Para se dar a comunicação dos *bits*, tem-se a seguinte regra:

- a) Para um bit com nível lógico “1” são necessárias 30 interrupções, sendo 10 em nível “0” e 20 em nível “1”;
- b) Para um bit com nível lógico “0”, também são necessárias 30 interrupções, porém 20 em nível “0” e 10 em nível “1”.

3.3 MEIOS DE TRANSMISSÃO

Basicamente, segundo Tafner (1996), o meio de transmissão é um suporte físico por onde as informações trafegam durante o processo de comunicação. Os meios físicos mais implementados como suportes para transmissão são:

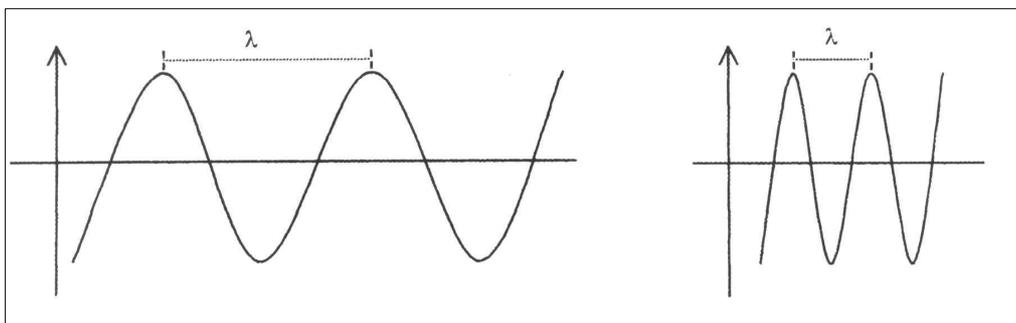
- a) par trançado;
- b) cabo coaxial;
- c) fibra ótica; e,
- d) radiofrequência.

4 RADIOFREQUÊNCIA

A tecnologia de radiofrequência, apesar de ser bem conhecida entre os profissionais de telecomunicação, passou a ser utilizada recentemente como meio de transmissão entre computadores. O uso deste recurso é possível uma vez que o sinal digital seja convertido para sinal de rádio. Sendo que, para que ocorra a transmissão de forma satisfatória, o sinal deve ser transmitido com potência suficiente para ser recuperado pelo receptor, e com o mínimo de distorção (Tafner, 1996).

Conforme estudos feitos por Jamundá (1998), ondas de rádio, são ondas eletromagnéticas geradas por dispositivos eletroeletrônicos, que se propagam a uma velocidade aproximada de 300.000 km/s no vácuo, independente do valor de sua frequência. A frequência, por sua vez, é o inverso do comprimento da onda (λ), que equivale a distância que separa duas cristas consecutivas do campo elétrico, conforme demonstra a figura 6.

Figura 6: Comprimento de Ondas com Frequências Diferentes



Fonte: [Jamundá, 1998]

Para transformar os sinais elétricos provenientes de transdutores em sinais adequados para a transmissão por ondas eletromagnéticas, utilizam-se circuitos moduladores. Estes são circuitos com a finalidade de incorporar as informações a um sinal de alta frequência, controlando suas características (Tafner, 1996):

- a) amplitude: valor instantâneo ou médio do nível do sinal (altura da onda);
- b) frequência: repetições de comprimento de onda em uma unidade de tempo;
- c) fase: ângulo em que o sinal se apresenta (inversão de fase).

O sinal correspondente à informação e o sinal de alta frequência são chamados, respectivamente, de sinal modulante e portadora, sendo este último proveniente de um circuito oscilador. O sinal modulante é o próprio sinal a ser transmitir, mas, que devido às suas características de baixa frequência, deve ser superposto a uma onda portadora de frequência mais alta, de tal forma que possa se propagar através dos meios físicos de transmissão. Tanto a portadora quanto o sinal modulado são denominados sinais de radiofrequência (*RF*), devido ao uso intensivo da modulação nos sistemas de comunicação via rádio (Jamundá, 1998).

Demoduladores nos receptores de rádio são usados para recuperar a informação incorporada ao sinal modulado, que operam segundo os princípios utilizados nos moduladores. Para demodulação, é necessário aplicar-se o sinal modulado, mais a portadora, num demodulador, para que na saída obtenha-se o sinal modulante.

A faixa de frequência reservada a um sistema de comunicação é chamada de canal de radiofrequência, ou simplesmente de canal. Para que a recepção ocorra sem interferências, é essencial que não existam dois sinais ocupando o mesmo canal, numa mesma região. Em todos os países existem órgãos responsáveis por regulamentar a operação dos sistemas de comunicação via rádio. Esses órgãos, na sua maioria, são membros do Comitê Consultivo Internacional de Radiocomunicações (CCIR), com sede na Suíça. No Brasil, atualmente, o órgão responsável por este serviço é o Ministério das Comunicações (Jamundá, 1998).

As frequências de 315 Mhz e 433.92 Mhz, utilizadas neste protótipo, não infringem as leis que regulamentam as faixas de radiofrequências nacionais.

4.1 DISTORÇÃO, RUÍDO E INTERFERÊNCIA

A distorção é uma deformação introduzida no sinal devido a falta de linearidade da curva característica de um dispositivo eletrônico, como um transformador. Pode ser também causada pela variação do ganho dos circuitos em função da frequência do sinal.

O ruído é uma perturbação introduzida por uma fonte qualquer, podendo ser interna ou externa ao circuito. A quantidade de distorção e ruído, gerados pelo equipamento eletrônico

podem ser controladas mediante um cuidadoso projeto dos circuitos. Como o grau de contaminação de ruído depende do nível do sinal, o uso de potencia elevada na transmissão e a redução da distância entre as estações, sempre que possíveis, ajudam a reduzir o problema (Jamundá, 1998 e Ribeiro, 1980).

A interferência é uma perturbação causada, quase sempre, por outra emissão de rádio, no mesmo canal do sinal desejado ou num adjacente. Outros exemplos de interferência são as escovas das máquinas elétricas e as lâmpadas de descarga gasosa. Ambas geram grande quantidade de ruído, principalmente em frequências mais baixas (Jamundá, 1998 e Ribeiro, 1980).

4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS DE RÁDIO

A propagação das ondas eletromagnéticas nas proximidades do solo depende da frequência e do percurso. As tabelas 2 e 3 mostram as principais características nas diversas faixas de frequência (Ribeiro, 1980).

Tabela 2: Classificação das ondas de rádio

SIGLA	FREQÜÊNCIA	COMPRIMENTO DA ONDA	FAIXA DE FREQUENCIA
ELF	Extremamente baixa	acima de 100 km	300 Hz a 2 KHz
VLF	Muito baixa	10 a 100 km	3 Kz a 30 KHz
LF	Baixa	1 a 10 km	30 KHz a 300 KHz
MF	Média	100 a 1000 m	300 KHz a 3 MHz
HF	Elevada	10 a 100 m	3 MHz a 30 MHz
VHF	Muito alta	1 a 10 m	30 MHz a 300 MHz
UHF	Ultra elevada	10 a 100 cm	300 MHz a 4 GHz
SHF	Super elevada	1 a 10 cm	3 GHz a 30 GHz
EHF	Extremamente elevada	0,1 a 1 cm	30 GHz a 300 GHz

Fonte: [Ribeiro, 1980]

Tabela 3: Características principais das ondas de rádio

FREQ.	SIGLAS	MODO DE PROPAGAÇÃO	ALCANCE	VARIAÇÃO DE ONDA
Menor do que 3 MHz	VLF LF MF	Ondas terrestres (é usada exclusivamente a polarização vertical)	Inversamente proporcional à frequência do sinal. Necessita de potência elevada	Pequena
Entre 3 MHz e 30 MHz	HF	Ondas ionosféricas e ondas diretas (nas frequências mais elevadas)	Proporcional a frequência	Depende da hora do dia e estação do ano
Acima de 30 MHz	VHF UHF SHF EHF	Ondas Diretas	Depende da altura das antenas	Muito pequena

Fonte: [Ribeiro, 1980]

4.3 EQUIPAMENTOS DE RÁDIO

A função de equipamentos de rádio é de transmitir ou receber informações por intermédio de ondas eletromagnéticas.

Os equipamentos de rádio mais comuns são (Jamundá, 1998):

- a) transmissor: é um equipamento eletrônico especificamente projetado para gerar sinais modulados, com frequência e nível de potência compatível com a distância a ser alcançada pela transmissão. Estes têm funções básicas: gerar a portadora, sua modulação e a amplificação do sinal modulado;
- b) receptor: tem por função receber os sinais modulados de radiofrequência. Isso exige que os receptores de rádio possuam, ao menos, seletividade e sensibilidade. A seletividade é a capacidade de discriminar sinais de diferentes frequências, que é obtida pelo uso de filtros. Já a sensibilidade é a capacidade de operar com sinais de pequena intensidade, adquirida através do uso de amplificadores. Além de selecionar e amplificar o sinal, os receptores devem proceder a sua demodulação;
- c) transceptores: tem funções tanto de emitir, como também receber sinais de radiofrequência, obedecendo as regras geração e de recepção vistas neste tópico.

4.4 RÁDIO PACOTE

Os radio pacotes, conforme estudos de Jamundá (1998), são a forma de transmissão digital por rádio amador. Nele os dados digitais são transmitidos em pequenos pacotes (*packet radio* – pacotes de rádio) para certa estação de rádio amador, sendo esta a forma mais comum de transmissão de pacotes usados nas comunicações por rádio amador atuais.

Este tipo de transmissão garante o acesso a múltiplas estações de rádio em uma mesma frequência, utilizando para este fim, o protocolo AX.25.

Outros protocolos também são encontrados para exercer a função de transmissão de dados na frequência de rádio amador. Dentre eles podemos citar os mais comuns:

- protocolo *TCP/IP*: em função do protocolo *IP* ser considerado livre de erros. Porém, quando usado em rádio amadores, o protocolo *IP* recebe o encapsulamento do protocolo AX.25;
- protocolo *PPP*: protocolo de comunicação ponto-a-ponto;
- protocolo *SLIP*: protocolo de linha serial para internet.

Dentre as faixas permitidas pelos órgãos governamentais, as transmissões de rádio pacotes utilizam frequências mais altas (*UHF* e *VHF*), por dois motivos muito importantes: maior velocidade (entre 1200 *bps* e 9600 *bps*) e menor interferência (Jamundá, 1998).

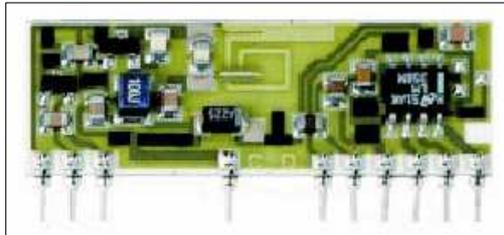
4.5 MÓDULOS DE RADIOFREQUÊNCIA

Módulos de radiofrequência são circuitos eletrônicos, dotados de tecnologia de radiofrequência e prestam suporte a este tipo de comunicação. Os tipos disponíveis no mercado disponibilizam-se na forma de módulos de recebimento de sinal *RF* (*Receivers*), módulos de transmissão de sinal *RF* (*Transmitters*) e módulos que tem tanto a função de gerar e transmitir, como também a possibilidade de receber sinais *RF* (*Transcievers*).

4.6 MÓDULO RR3

O RR3 é um módulo de recebimento de sinal *RF* da família de *receivers* da TeleControlli (TeleControlli, 2002), cuja imagem está apresentada na figura 7.

Figura 7: Módulo receiver RR3



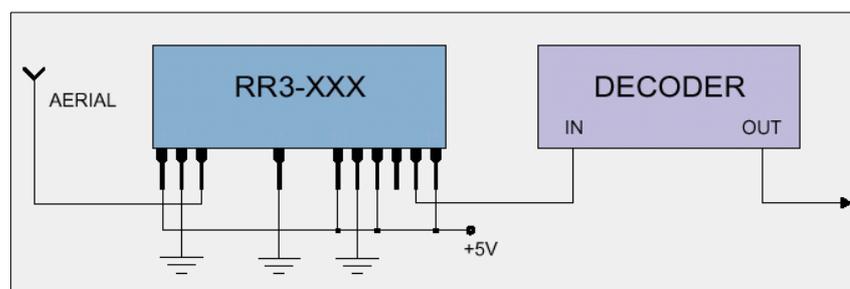
Fonte: [TeleControlli, 2002]

Suas principais características são:

- a) demonstra estabilidade de alta frequência, mesmo quando exposto a vibração mecânica, manipulação manual ou a variação de temperaturas;
- b) acuracidade de frequência muito alta;
- c) trabalha tanto nas frequências padrões européias e americanas (315 MHz, 418 MHz ou 433.92 MHz);
- d) extremamente simples para ser acoplado a projetos de radiofrequência devido a seu alto nível de miniaturização;
- e) baixo custo.

Sua montagem é extremamente simples, bastando seguir o esquema de montagem apresentado pela figura 8.

Figura 8: Esquema de montagem do receiver RR3

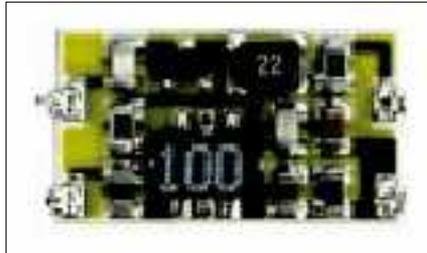


Fonte: [TeleControlli, 2002]

4.6.1 MÓDULO RT4

O RT4 é um módulo de transmissão de sinal *RF* da família de *transmitters* da TeleControlli, cuja imagem está apresentada na figura 9.

Figura 9: Módulo receiver RR3



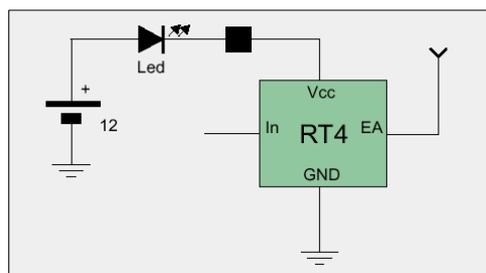
Fonte: [TeleControlli, 2002]

Suas principais características são:

- a) ser um circuito híbrido que fornece todas as características para poder transmitir um sinal RF;
- b) eletricamente estável;
- c) trabalha tanto nas frequências padrões européias e americanas (315 MHz, 418 MHz ou 433.92 MHz);
- d) extremamente simples para ser acoplado a projetos de radiofrequência devido a seu alto nível de miniaturização;
- e) baixo custo.

Seguindo a simplicidade de montagem dos módulos de radiofrequência fornecidos pela TeleControlli, para obter os serviços do módulo RT4, basta seguir o esquema de montagem apresentado pela figura 10.

Figura 10: Esquema de montagem do transmissor RT4



Fonte: [TeleControlli, 2002]

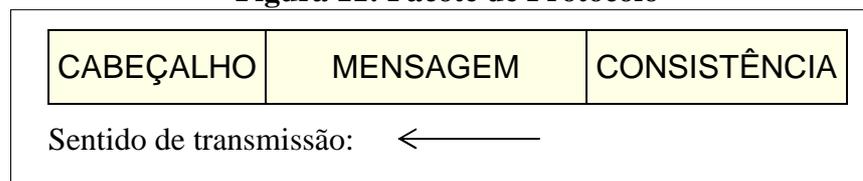
5 PROTOCOLO

Conforme Tafner (1996), protocolo é um conjunto de regras pré-estabelecidas, cuja função é fazer com que a comunicação de dados entre equipamentos seja realizada com segurança e de forma ordenada. Estas regras devem obedecer a uma seqüência lógica e padronizada.

Geralmente os protocolos seguem um empacotamento padrão. Pode-se dizer que os pacotes dos protocolos estão divididos basicamente em três características principais, ilustrados através da figura 11, que do ponto de vista dos equipamentos são:

- a) estabelecimento de conexão: estabelece o enlace;
- b) transferência de dados: troca de mensagens de dados;
- c) encerrar o enlace: desconexão do enlace.

Figura 11: Pacote de Protocolo



Fonte: [Tafner, 1996]

Protocolos são imprescindíveis na comunicação por radiofrequência, em função desta modalidade de comunicação estar sujeita a presença de inúmeros tipos de ruídos, distorções e interferências no meio de transmissão (portadora).

A garantia de que a mensagem não se modifique durante o processo de comunicação é primordial. Decompondo a estrutura (figura 11), tem-se:

- a) cabeçalho: corresponde as informações de controle do pacote. Nele podemos encontrar: endereçamentos, caracteres de sincronismo, caracteres de controles, identificadores, entre outros;
- b) mensagem: dado a ser transmitido;
- c) consistência: conjunto de caracteres que possibilitam a verificação de erros, tais como bits de paridade, caracteres de fechamento de pacote, entre outros.

Quanto aos controles durante o processo de comunicação, os protocolos se apresentam sobre a orientação a caractere ou sob a orientação por bit (Tafner, 1996).

De acordo com (Tafner, 1996), protocolos proprietários orientados a *byte* são assim denominados por possuírem todos os seus controles (regras) através de caracteres de controle de tráfego das mensagens. Como exemplo desta família de protocolos, temos o *BSC* (Basic Synchronous Communication), oriundo da IBM. Pode ser encontrado tanto em versão para comunicação ponto-a-ponto como também para comunicações multiponto. Suas principais características são: síncrono; utiliza método *CRC*; permite blocagem de dados; buffer de dados variável; permite transmissão de modo transparente; orientado a conexão e formato de mensagem padronizado. A tabela 4 demonstra os caracteres que controlam a conversação do protocolo.

Tabela 4: Caracteres de controle de pacotes de protocolos orientados a byte

CARACTERE	FUNÇÃO
SOH	Identifica o início do cabeçalho
STX	Indica o início do texto e o fim do cabeçalho
ETX	Fim do texto. Sempre transmitido como último caractere
EOT	Indica o fim da transmissão
ETB	Fim do bloco. Iniciado com um <i>SOH</i> ou um <i>STX</i>
ENQ	Obtém resposta de uma estação remota ou para solicitar retransmissão da última mensagem
ACK0 e ACK1	Reconhecimento positivo da mensagem recebida e aguardo para recebimento de outra mensagem
NAK	Reconhecimento negativo da mensagem recebida
DLE	Troca o significado de um número. Este caractere é sempre o primeiro de uma seqüência de dois bytes
SYN	Mantém o sincronismo entre o transmissor e o receptor
ITB	Caractere usado para dividir o texto da mensagem em blocos
WACK	Indica que o terminal não está preparado para receber mensagens
RVI	Pode ser usado como resposta positiva, substituindo o <i>ACK0</i> e o <i>ACK1</i> . Contudo, pede o termino da atual transmissão para enviar a mensagem para a estação transmissora
TTD	A estação transmissora usa este sinal quando deseja reter a linha, mas não está pronta para enviar qualquer mensagem no momento
PAD	Usado como caractere de preenchimento

Fonte: [Tafner, 1996]

Protocolos orientados a *bit* não utilizam caracteres especiais para delimitar blocos de mensagem. Todo o controle é tratado em nível de bit, isto é, campos formados por combinações binárias bem definidas, não existindo caracteres que designem funções especiais. Um exemplo clássico deste tipo de orientação é o protocolo X.25.

5.1 DETECÇÃO E CORREÇÃO DE ERROS

Segundo o conceito, o erro na transmissão de dados se dá quando ocorre qualquer tipo de alteração da informação transmitida no meio de transmissão (portadora). A origem dos erros pode ser de diversas fontes, a questão é que certamente acontecem e por este motivo são necessárias implementações de técnicas de detecção de erros.

Atualmente os métodos de detecção de erros mais implementados são:

- a) métodos de paridade combinada;
- b) métodos de redundância cíclica;
- c) método de detecção baseados na paridade;
- d) método de checagem de redundância vertical.

Além das propostas de técnicas de detecção de erros, existem algumas propostas que oferecem a opção do receptor detectar e corrigir os eventuais erros detectados, eliminando assim a solicitação de retransmissão.

A técnica mais conhecida e implementada, que propõe o conceito de auto-correção é denominada de *Método Hamming*. Este método define que o transmissor formatar novamente o *buffer* de transmissão, preservando as posições 1, 2, 4, 8, 16, e seus múltiplos, para que sejam preenchidas com *bits* de controle a serem calculados pelo algoritmo definido.

Métodos específicos de detecção de erros na transmissão de dados podem ser criados, para sistemas onde a probabilidade de erros na transmissão é pequena. Para este protótipo foi desenvolvido um método diferente dos já mencionados.

5.2 PROTOCOLO AX.25

O protocolo para comunicação por radiofrequência é o AX.25 (do inglês *Amateur X.25*), que teve sua primeira versão desenvolvida em outubro de 1982 e foi baseada no protocolo X.25, com o objetivo de possibilitar que blocos de dados originários de diferentes

equipamentos cheguem a endereços diversos, compartilhando o mesmo meio e, definir como os dados trafegam numa rede compartilhada, desde a transmissão até a recepção.

As modificações no protocolo X.25, que é baseado no protocolo *HDLC (High-level Data Link Control Protocol)* definido pela *ISO (International Standard Organization)*, foram necessárias para permitir as adequações de endereçamento e transmissão via rádio (Sousa, 1996).

A utilização do protocolo AX.25 permite a disponibilização de uma série de serviços, dentre os quais podem ser citados:

- a) contato teclado a teclado;
- b) utilização de Correio Eletrônico;
- c) acesso à Internet;
- d) conexão à *BBS*;
- e) transferência de arquivos;
- f) comunicação com satélites.

A figura 12 demonstra a estrutura do pacote AX.25 (Jumandá, 1980).

Figura 12: Demonstração da estrutura do pacote AX.25

Abertura do Pacote	Endereço	Controle	PID	Dados	Cálculo de Consistência	Fechamento do Pacote
8 bits	112 a 560 bits	8 bits	8 bits	N x 8 bits	16 bits	8 bits

Fonte: [Jumandá, 1980]

No detalhe do protocolo, temos a seguinte configuração, conforme Ramires (1997):

- a) “abertura do pacote” e “fechamento do pacote”: contém o conteúdo de informação do início e fim do pacote (bits 01111110);
- b) “endereço”: usa de 14 à 70 bytes, armazena o endereço de origem, destino e *digipeaters* (estações de rádio pacote para repetir pacotes), se possuir;
- c) “controle”: informa o status do pacote, podendo ser: pronto, recebido, não pronto, não recebido; seu tipo: informação ou supervisão; e o número do pacote

(inicia em 0 chegando até 7);

- d) “PID” (*Protocol IDentification*): identificador do protocolo, se informado 240 sabe-se que o protocolo usado é o AX.25;
- e) “dados”: informação a ser transmitida, compreendendo a faixa de 1 a 256 bytes;
- f) “cálculo de consistência”: checagem de erro por teste de redundância cíclica de 16 bits.

6 MICROCONTROLADORES

Microcontroladores são componentes eletrônicos, dotados de unidades programáveis utilizados para controle de processos lógicos e de periféricos (outros componentes eletroeletrônicos) ligados a ele. Como exemplo, temos: LED's, botões, display's, resistências, relês, sensores, entre tantos outros. São chamados de controles lógicos, pois a operação do sistema baseia-se nas ações lógicas que devem ser executadas, dependendo do estado dos periféricos de entrada e/ou saída (Souza, 2000).

Toda lógica de operação é estruturada na forma de programa e gravada dentro do componente, garantindo a característica de programabilidade aos microcontroladores. Uma vez programado, basta alimentá-lo para que o programa, previamente gravado, seja executado. Sua “inteligência” é associada a uma *Unidade Lógica Aritmética* (ULA), em função de todas suas operações, tanto lógicas, como matemáticas, serem executadas nesta unidade. Quanto mais funções disponíveis na ULA, maior será sua capacidade de processamento (Souza, 2000).

Os microcontroladores são formados por uma única pastilha de silício encapsulada, contendo todos os componentes necessários ao controle de um processo, a citar: memória de programa, memória de dados, portas de entrada e/ou saída paralela, *timer*, entre outros.

6.1 CONVERSOR A/D

Se olharmos ao nosso redor, veremos um mundo analógico, onde todos os sinais são contínuos no tempo, sendo que não ocorrem transições abruptas entre dois valores. Porém, quando estes sinais analógicos precisam ser processados por algum meio digital, estes devem ser digitalizados, ou seja, transformado em forma de combinação de bits, de tal modo que o processamento possa ser feito digitalmente (Taub, 1982).

Na indústria atual, microcomputadores e microprocessadores digitais são largamente utilizados, seja para fins de supervisão ou de controle dos processos. No entanto, um grande número de sistemas industrial é de natureza analógica. Sempre que um microcomputador faz

parte de um sistema como este, analógico, a presença de conversores *A/D* e *D/A* se fazem necessária (Braga, 2001). Esta regra também é verdadeira quando tratados os sistemas de comunicação analógico-digitais (Ribeiro, 1980).

Existem diversas tecnologias que cumprem o papel de fazer a conversão de uma tensão analógica em um sinal digital, contudo, é importante saber diferenciar os diversos tipos de conversores, levando em conta principalmente os requisitos de velocidade que ocorrem em determinadas aplicações (Braga, 2001).

Basicamente o processo de conversão de um sinal analógico para uma forma digital, acontece por meio de quatro processos individuais, que são (Taub, 1982):

- a) amostragem;
- b) retenção;
- c) quantização;
- d) codificação.

Estes processos não são necessariamente realizados em operações separadas. A amostragem e retenção são feitas simultaneamente em um tipo de circuito chamado circuito amostrador-segurador de primeira ordem, enquanto a quantização e a codificação são feitas simultaneamente em um circuito chamando conversor analógico digital (*A/D*) (Taub,1982).

6.2 MICROCONTROLADOR PIC

O *PIC* é um circuito integrado que pertence a categoria dos microcontroladores, caracterizando um componente que contém todos os recursos necessários para realizar um completo sistema digital programável, dentro de um único encapsulamento.

Os *PIC* utilizam a arquitetura *RISC*, apresentando assim cerca de 35 instruções (variado de acordo com o microcontrolador). Permite também a estrutura *pipelining* onde enquanto uma instrução está sendo processada outra esta sendo carregada pela via de memória de programa e, trabalham sobre uma arquitetura do tipo *Harward*, onde o barramento de dados é de oito *bits* e o barramento de instruções pode ser de 12, 14 ou 16 *bits*, conforme o modelo (Souza, 2000).

A aparência externa de um microcontrolador *PIC* é comparada a um circuito *TTL* ou *CMOS*, mas internamente dispõe de uma série de recursos típicos de um sistema microprocessado, como:

- a) Unidade Central de Processamento (CPU);
- b) memória EEPROM;
- c) memória RAM;
- d) linhas de I/O (entrada e saída);
- e) sofisticados periféricos, como PWM, A/D e D/A, USART;
- f) dispositivos auxiliares ao funcionamento, como gerador de *clock*, contadores, *timers*, acessíveis por meio de registradores.

A disponibilização destes dispositivos em um pequeno espaço, garante menor trabalho na montagem de sistemas por parte do desenvolvedor, bem como redução de custos de componentes que seriam necessários caso fosse um microprocessador.

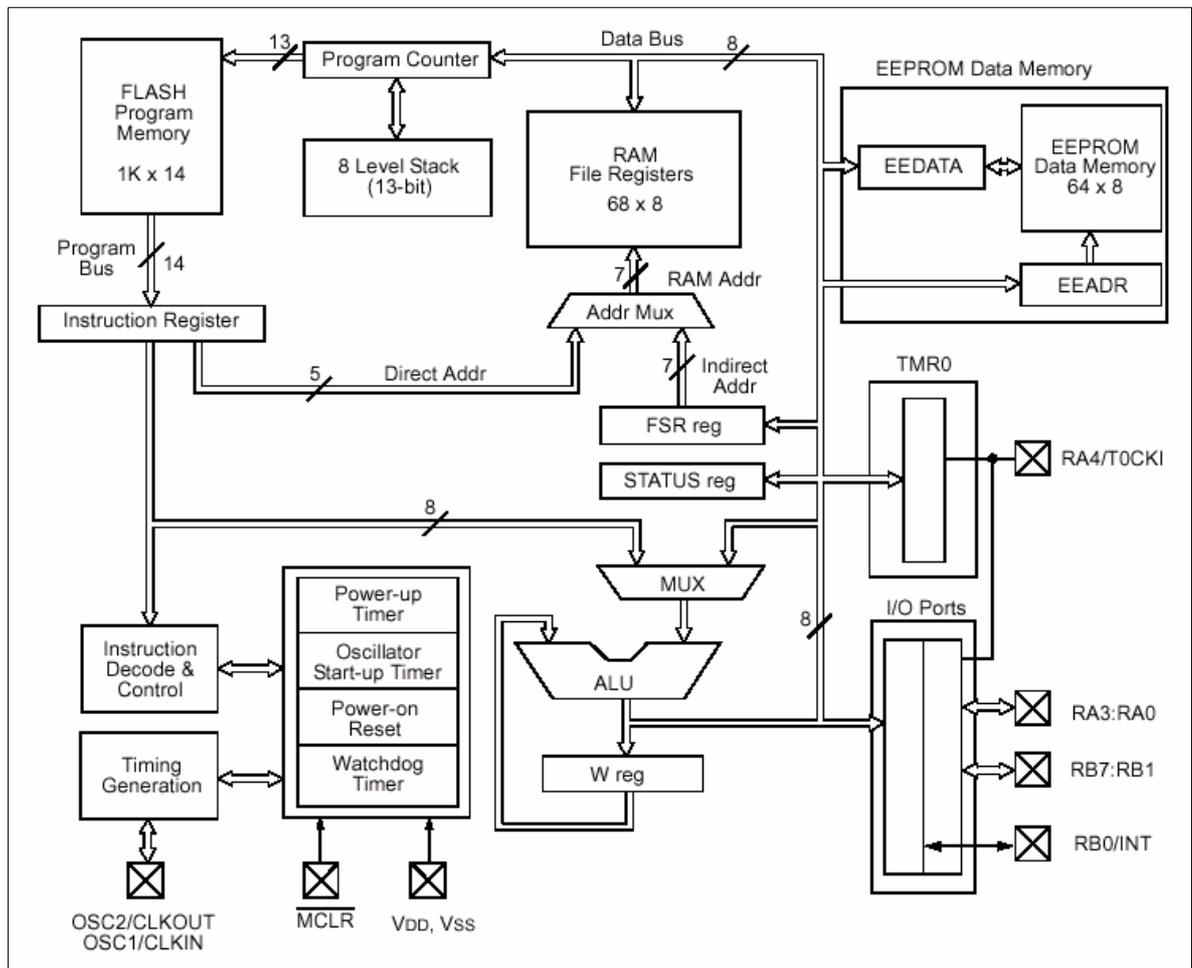
6.2.1 PIC16F84A

O PIC16F84A é um microcontrolador de 8 bits com 18 pinos da família *Mid-range* da *Microchip*. Conforme demonstrado pela figura 13, vê-se o diagrama de blocos do PIC16F84A, ilustrando as partes que o compõe (Microchip, 2002a):

- a) apresenta cinco portas de I/O;
- b) conjunto de 35 instruções;
- c) frequência de operação de 20 MHz;
- d) memória de programa para 1024 palavras;
- e) memória de dados (RAM) de 68 Bytes;
- f) memória de dados EEPROM de 64 Bytes;
- g) barramento de dados de 8 bits;
- h) barramento de endereço de 14 bits;
- i) Bytes de dados de 8 bits;
- j) 15 registradores em hardware;
- k) pilha com 8 níveis;
- l) suporta modos de endereçamento direto, indireto ou relativo;

m) apresenta um temporizador (*timer*).

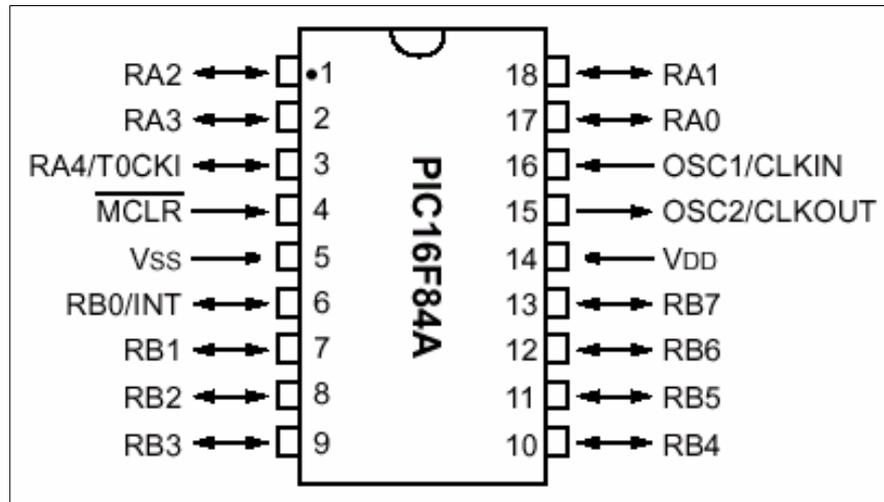
Figura 13: Diagrama de bloco do PIC16F84A



Fonte: [Microchip, 2002a]

A figura 14 ilustra o diagrama de pinos do PIC16F84A, demonstrando a posição correspondente, numeração e sentido de tramitação de sinais. Através destes pinos, pode-se testar os estados do mundo real, bem como estabelecer comunicação com o mesmo.

Figura 14: Diagrama de pinos do PIC16F84A



Fonte: [Microchip, 2002a]

Cada pino demonstrado na figura 14 tem uma função específica. Estas funções dos pinos do PIC16F84A estão detalhadas através da tabela 5.

Tabela 5: Funções da Pinagem do Microcontrolador PIC16F84A

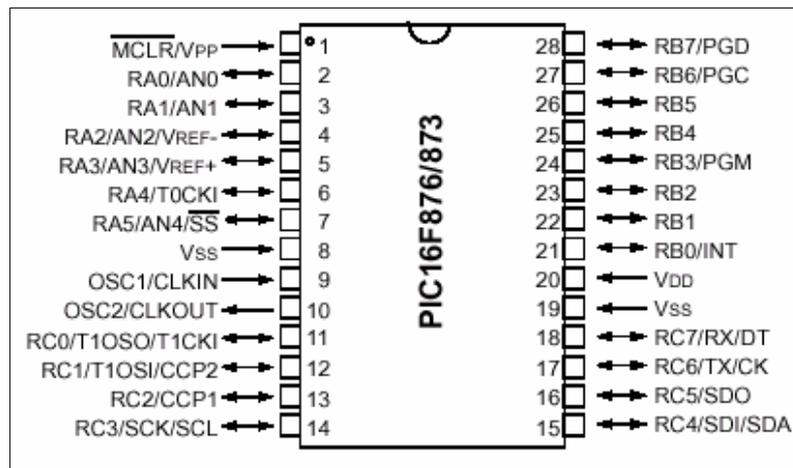
PINO	NOME	FUNÇÃO
1	RA2	Porta de I/O A
2	RA3	Porta de I/O A
3	RA4/T0CKI	Porta de I/O A, podendo ser usado também como entrada para timer/counter TMR0
4	MCLR	Reset
5	VSS	Terra para pinos lógicos e de I/O
6	RB0/INT	Porta de I/O B, podendo também ser usado para controle de interrupções externas
7	RB1	Porta de I/O B
8	RB2	Porta de I/O B
9	RB3	Porta de I/O B
10	RB4	Porta de I/O B
11	RB5	Porta de I/O B
12	RB6	Porta de I/O B
13	RB7	Porta de I/O B
14	VDD	Entrada de energia para pinos lógicos e de I/O
15	OSC2/CLKOUT	Oscilação de saída. Trabalha a $\frac{1}{4}$ da frequência de OSC1e determina o ciclo de instrução.
16	OSC1/CLKN	Entrada de sinal de interrupção externa (clock), normalmente por cristal.
17	RA0	Porta de I/O A
18	RA1	Porta de I/O A

Fonte: [Microchip, 2002a]

6.2.2 PIC16F876

O PIC16F876 é um microcontrolador 8 bits com 28 pinos da *Microchip* (Microchip, 2002b). A ilustração de seu diagrama de pinos e suas respectivas funções pode ser visto através a figura 15.

Figura 15: Diagrama de pinos do PIC16F876

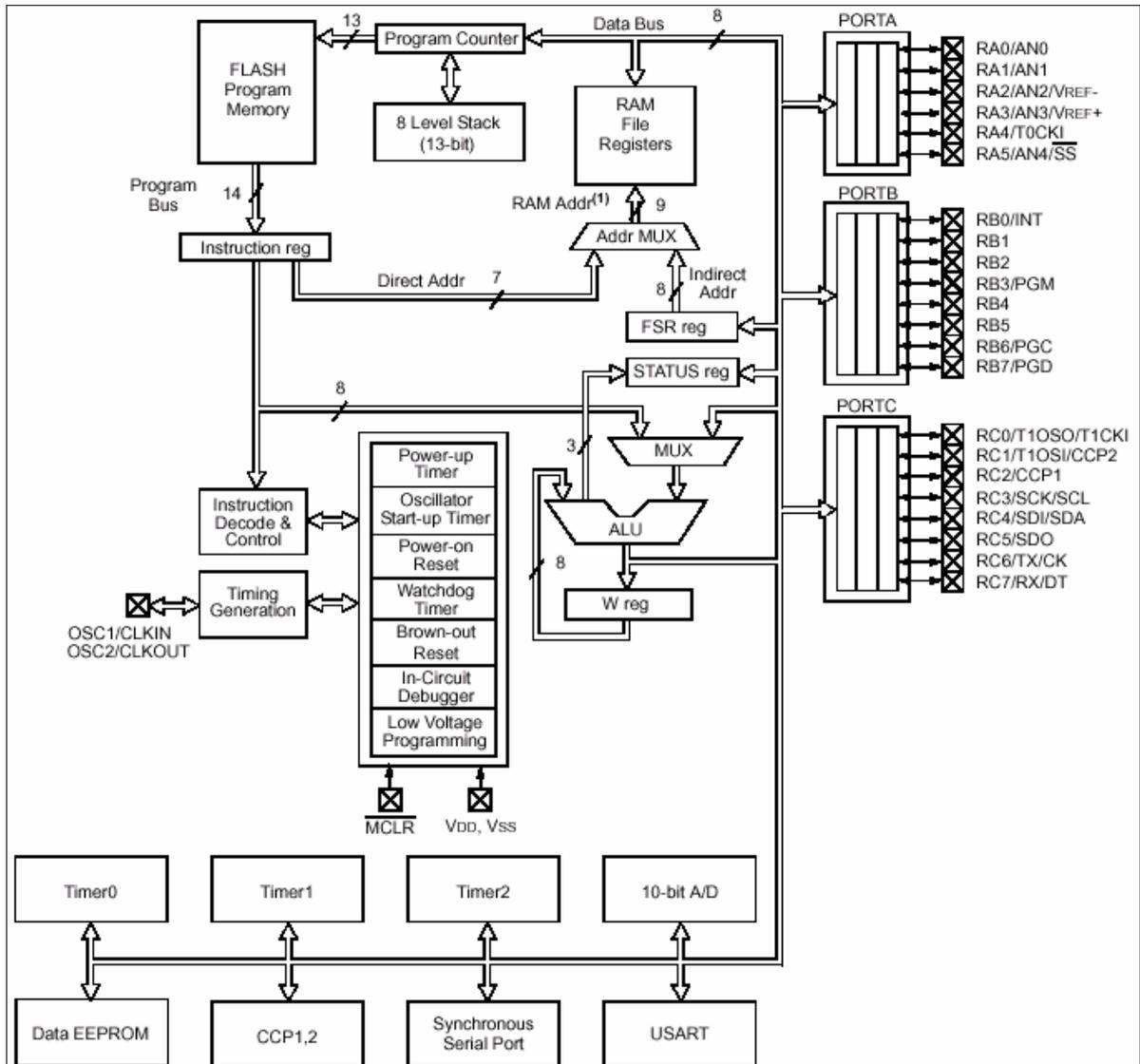


Fonte: [Microchip, 2002b]

Pode-se observar o diagrama de bloco do PIC16F876 através da figura 16, visualizando também as partes que o compõe (Microchip, 2002b):

- apresenta cinco portas de I/O;
- frequência de operação de 4 MHz a 20 MHz;
- apresenta três temporizadores/contadores;
- comunicação serial do tipo USART;
- comunicação paralela PSP;
- módulo conversor A/D com 8 entradas e resolução máxima de 10 bits;
- memória de programa de 8K bytes e de dados (RAM) de 368 bytes;
- memória de dados EEPROM de 256 bytes;
- conjunto de instruções com 35 instruções;
- pilha com 8 níveis;
- três modos de endereçamento, direto, indireto e relativo;
- apresenta 14 interrupções;
- barramento de dados de 8 bits;
- barramento de endereço de 14 bits.

Figura 16: Diagrama de bloco do PIC16F876



Fonte: [Microchip, 2002b]

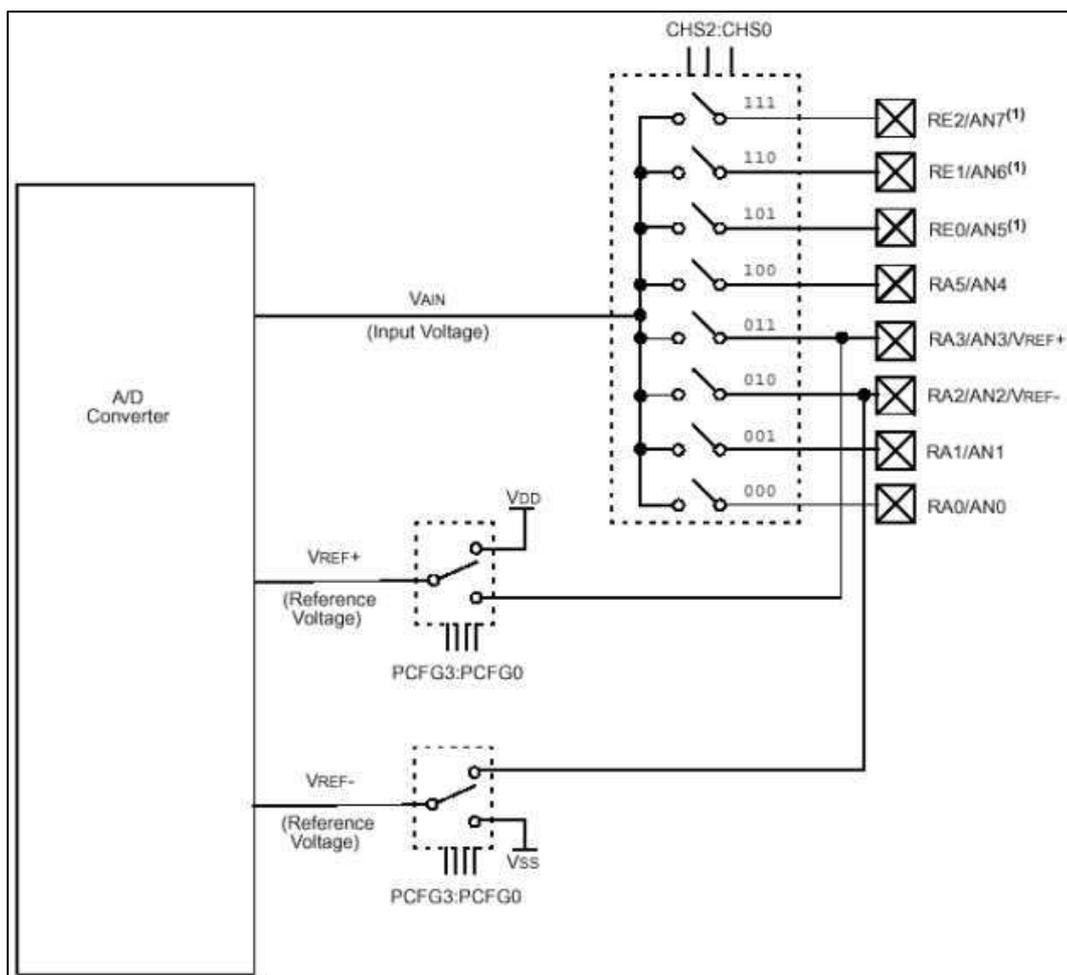
A pinagem do PIC16F876 difere da pinagem do PIC16F84A, porém, o nome e a função do pino são equivalentes. O PIC16F876 possui também a característica de disponibilizar pinos que possibilitam a entrada de sinais digitais. Este tipo de pino (a exemplo do pino dois - RA0/AN0), viabiliza a conversão A/D (conversão do sinal analógico para digital).

O módulo de conversão analógico para digital (A/D) do microprocessador PIC16F876 possui 8 entradas de resolução de 10 bits (Microchip, 2002b). Este módulo é do tipo *Dual*

Slope ADC, que usa um método analógico de carregar um capacitor com uma corrente constante, o tempo requerido por esta carga do capacitor de 0 (zero) até a voltagem de entrada do sinal, corresponde ao sinal digital. A carga de uma corrente constante de voltagem em um capacitor corresponde a uma função de tempo e esta característica pode ser usada para conectar voltagens de entrada analógica a um *timer* que é determinado por um contador digital (Silva, 2001).

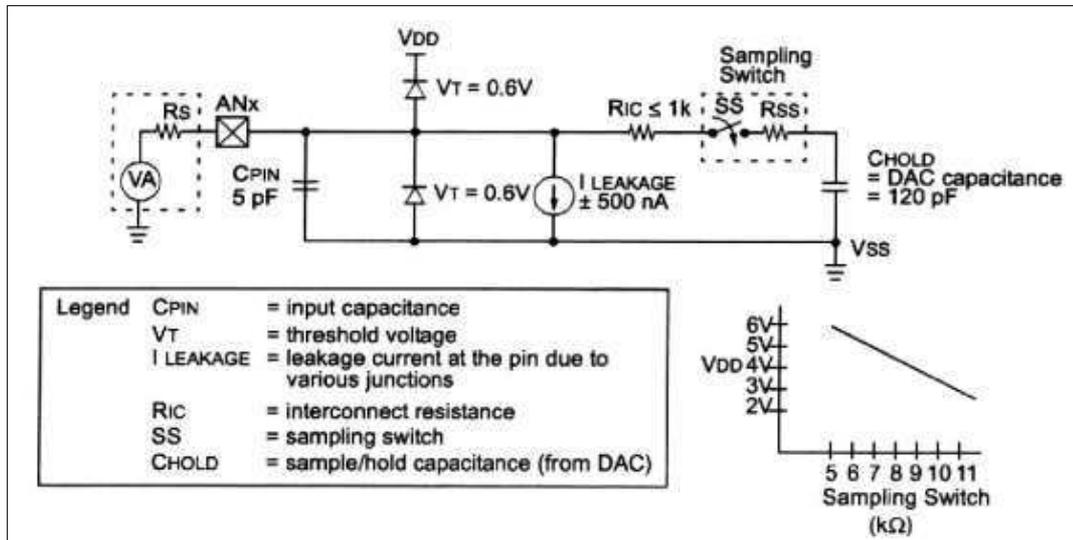
O tempo de aquisição de um sinal analógico é de aproximadamente 20us (Microchip, 2002b), sendo que o esquema de conversão de analógico para digital pode ser visualizado através da figura 17 e 18.

Figura 17: Esquema de conversão A/D do PIC16F876



Fonte: [Microchip, 2002b]

Figura 18: Conversor A/D do PIC16F876



Fonte: [Microchip, 2002b]

6.3 FATORES DETERMINANTES

Para a confecção deste projeto de protótipo, foram escolhidos microcontroladores *PIC* discutidos neste capítulo. Os determinantes à escolha foram:

- d) a grande capacidade de memória de programação disponibilizada;
- e) a disponibilização de um grande número de pinos com funções de entrada e saída, para comunicação com o mundo real;
- f) fácil controle de estados, determinantes para ações lógicas;
- g) funções de conversão de sinal analógico para digital (A/D), no caso do microcontrolador *PIC16F876*;
- h) grande número de propostas utilizando estes microcontroladores;
- i) ampla literatura disponível.

7 LINGUAGEM BASIC

A linguagem *BASIC* (Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code), criada por Kemeny e Kurtz em 1963 no *Dartmouth College*, foi elaborada com o intuito de tornar claro o ensino dos conceitos da programação. As linguagens *FORTRAN* e *ASSEMBLY* empregavam rotinas de baixo nível para alguns controles e compilação, a *BASIC* vinha então facilitar a tarefa de programação, fazendo com que o programador não se preocupasse com métodos e algoritmos exigidos para construir e depurar programas (Sammet, 1995?).

Inicialmente, cada linha começava com um número de linha e as instruções não eram endentadas (estrutura semelhante a sub-níveis). Todos os caracteres utilizados eram em caixa alta e as instruções *GOSUB*¹ e *GOTO*³ utilizavam o número de linha para desviar a sua execução. Estas primeiras versões foram consideradas não-profissionais, mas sua evolução de linguagem interpretada para uma rápida e bem estruturada linguagem compilada, mudou sua reputação (Sammet, 1995?).

Conforme Sammet (1995?), na década de 70, um novo *BASIC* interpretado e residente em *ROM* foi introduzido pela *Microsoft*. Esta versão, *GW-BASIC*, podia ser encontrada no sistema operacional *MS-DOS 4.01* e anteriores.

Em 1982, a *Microsoft* revoluciona a linguagem com seu *Quick Basic*. Os números de linha foram eliminados, foram adicionados novos recursos, subprogramas e dados estruturados agora eram definidos pelo usuário, novas capacidades gráficas e de som, e velocidade aumentada. A maior vantagem consistia em que os programas podiam ser executados nos modos interativo e interpretado, ou serem compilados em executáveis.

7.1 LINGUAGEM PICBASIC

A linguagem de programação nativa na família de microcontroladore *PIC* é a linguagem *Assembly*. Como o *Assembly* é uma linguagem de muito baixo nível e, na medida

¹ Instruções para desvio de execução de programa desenvolvidos em linguagem de programação *BASIC*. Consideradas desestruturadas por proporcionarem desvios incondicionais.

em os programas passavam a se tornar mais complexos e maiores, surgiram dificuldades em relação a sua legibilidade e documentação. A partir desta situação, surgiram as linguagens de programação para os microcontroladores, com a finalidade de melhorar a legibilidade, possibilitar melhor documentação e abstrair o programador de detalhes da estrutura do microcontrolador. A linguagem *PICBasic* surgiu com esta finalidade (MicroEngineering, 2002).

Segundo (microEngineering, 2001), o *PICBasic* é uma linguagem de programação que torna mais simples a programação de microcontroladores *PIC*, associando suas funções com comandos simples e em nível de abstração mais altos. Pode-se usar estruturas de decisão e de controle de fluxo de execução, sem a preocupação de como estes serão gerados em linguagem *Assembly* (resultado este obtido pela compilação dos programas escritos em *PICBasic*).

O compilador *PICBasic* utilizado é o modelo *PicBasic Pro Compiler* (PBP) e utiliza estruturas de programação similares ao tradicional *Basic*, porém com funções especificamente desenhadas para o suporte aos microcontroladores *PIC* e, desta forma, sua potencialidade é limitada a este universo.

Pode-se encontrar em sua biblioteca de funções, suporte a diversas tecnologias, tais como: configuração de módulos de *A/D*, leitura e escrita de pinos de entrada e saída, controle de portas *USB*, comunicação com *LCD*, comunicação serial via padrão *RS-232*, *PWM*, interface *I2C* para leitura e escrita em memória *EEPROM*, entre outras (MicroEngineering, 2002).

Estas características dispensam a necessidade por parte do programador de conhecimentos detalhados da estrutura interna do microcontrolador, fazendo com que ele se preocupe no controle da pilha ou mudança de banco de memória e abstraindo os modos de endereçamento.

8 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O projeto de protótipo visa o monitoramento de níveis de rios. Para satisfazer esta premissa, foram desenvolvidos módulos de software e de hardware.

Dois softwares foram desenvolvidos para controle de medição: um com a finalidade de coordenar a comunicação com o circuito de controle de comunicação por radiofrequência e outro protótipo de software para prover a gestão dos dados coletados.

Em questões ligadas ao hardware de comunicação e coleta, tem-se o desenvolvimento de um circuito base para estabelecer a comunicação entre o microcomputador e o meio de transmissão (ambiente) e outro módulo ligado às réguas indicativas de nível do rio.

Como metodologia de desenvolvimento, seguiram-se as seguintes diretivas:

- a) levantamento de requisitos, identificando necessidades para o desenvolvimento;
- b) especificação, detalhando através de modelos e/ou diagramas que representem logicamente a função de cada componente do protótipo;
- c) implementação, gerando os protótipos de software e hardware conforme definidos na especificação;
- d) testes, garantindo que o protótipo execute conforme o esperado.

8.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para garantir resultados aceitáveis e investimentos menores, foram utilizados potenciômetros deslizantes para a simulação do nível de rios. Todo o controle do protótipo de hardware é feito a partir de microcontroladores da família *Microchip PIC16F8xx* e a transmissão dos pacotes realizada por meio de módulos de radiofrequência.

O projeto foi realizado de forma a não haver comunicação direta entre as estações, apenas de uma estação (microcomputador) para o circuito da estação de controle. Para garantir a multiplexação do sinal, foram utilizadas duas frequências: uma em 433,92 MHz para o tráfego no sentido centro-estação, e outra de 315 MHz no sentido contrário. A taxa de

transmissão aplicada foi de 2400 *bps*. A distância máxima entre a estação de controle e as estações de leitura é estabelecida pela altura das antenas que, quanto mais altas, maior o alcance da onda. A distância é fator preocupante em função de que quanto maior for, maior a possibilidade de erros na comunicação dos pacotes.

O pacote utilizado pelo sistema é tosco e divide-se em 3 partes, conforme demonstra a figura 19, composto por um *Byte* inicial que indica início do pacote; seguido pelo bloco de dados, que pode ser tanto a informação da régua a ser lida (quando a comunicação se dá no sentido centro-estação), como também o valor do nível coletado através dos módulos de coleta de níveis (quando a comunicação ocorre no sentido estação-centro); e um *Byte* final como indicativo de término do pacote.

Figura 19: Demonstração da estrutura do pacote do projeto

Abertura do Pacote	Dado	Fechamento do Pacote
1 Byte '*'	2 Bytes	1 Byte '#'

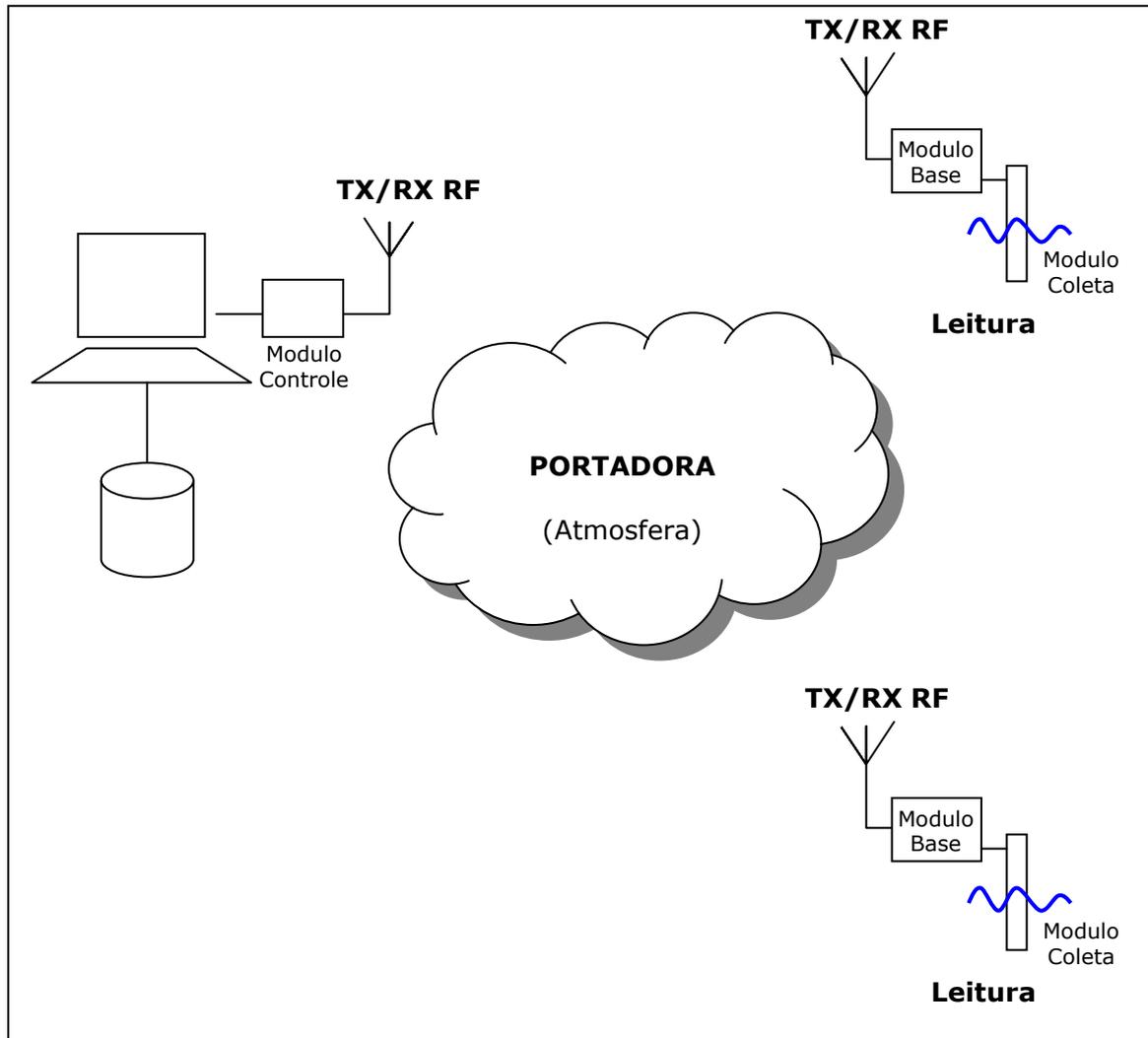
8.2 PROTÓTIPO DE HARDWARE

O protótipo de hardware está dividido em três módulos distintos, cada qual com objetivos específicos:

- a) módulo de controle: responsável pela comunicação com o microcomputador via porta serial e a portadora *RF*;
- b) módulo de base: tem como função identificar o pacote da portadora *RF* e verificar se a solicitação de leitura é endereçada a ela. Caso positivo, passa o controle para o módulo de coleta;
- c) módulo de coleta: basicamente lê as informações de nível do flúmen (simulado pelo potenciômetro deslizante), converte o dado analógico em digital e o repassa ao módulo de base.

Pode-se ter uma idéia do funcionamento do protótipo de hardware através do diagrama de funcionamento, que pode ser visto através da figura 20.

Figura 20: Diagrama de funcionamento do protótipo de hardware



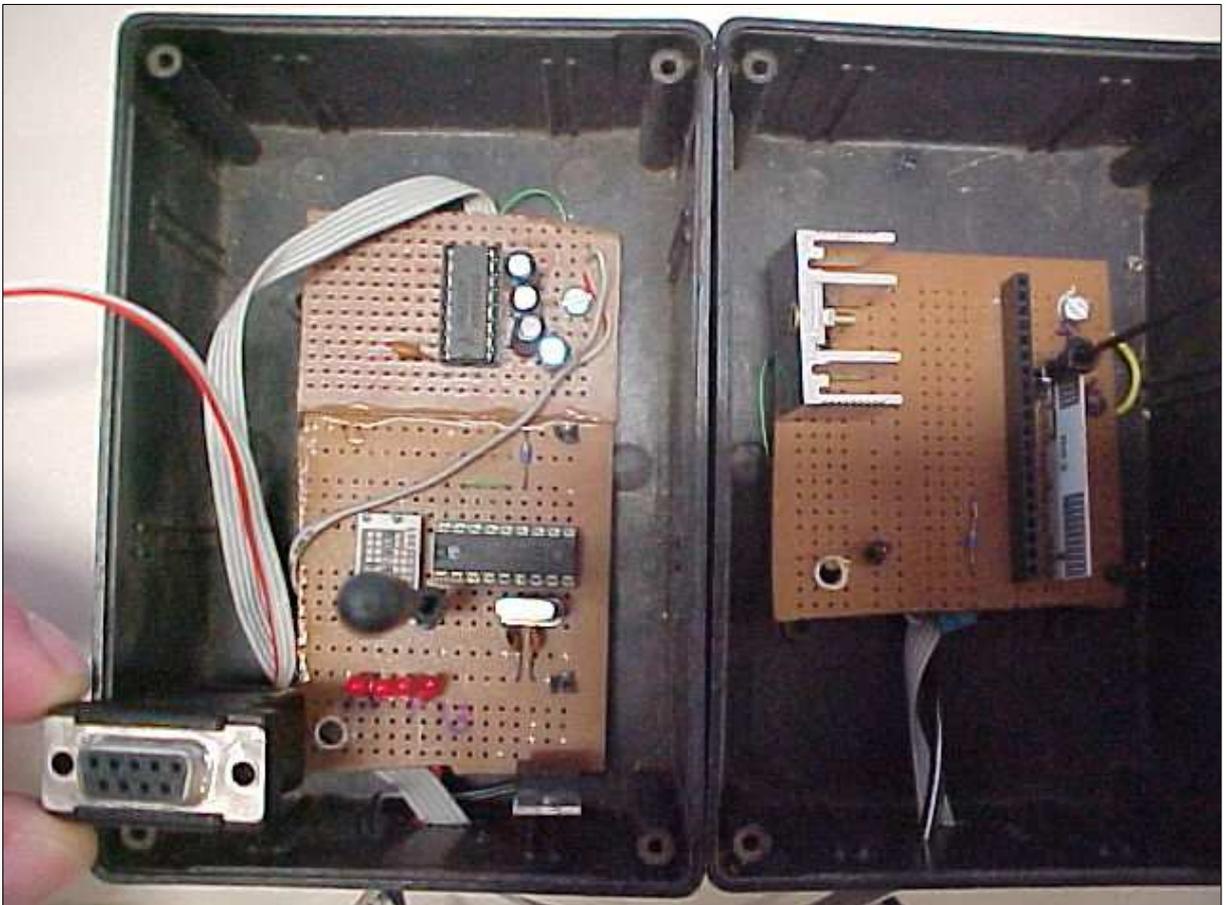
Cada módulo é detalhadamente discutido neste capítulo através dos processos de especificação e implementação.

8.2.1 MÓDULO DE CONTROLE

Este módulo tem funções de manter a comunicação da portadora em radiofrequência e a porta serial *RS-232* do microcomputador, encaminhando e esperando valores lidos pelos módulos de base quando solicitadas pela porta serial ligada ao microcomputador.

O módulo de controle, na sua forma final, pode ser visto através da figura 21.

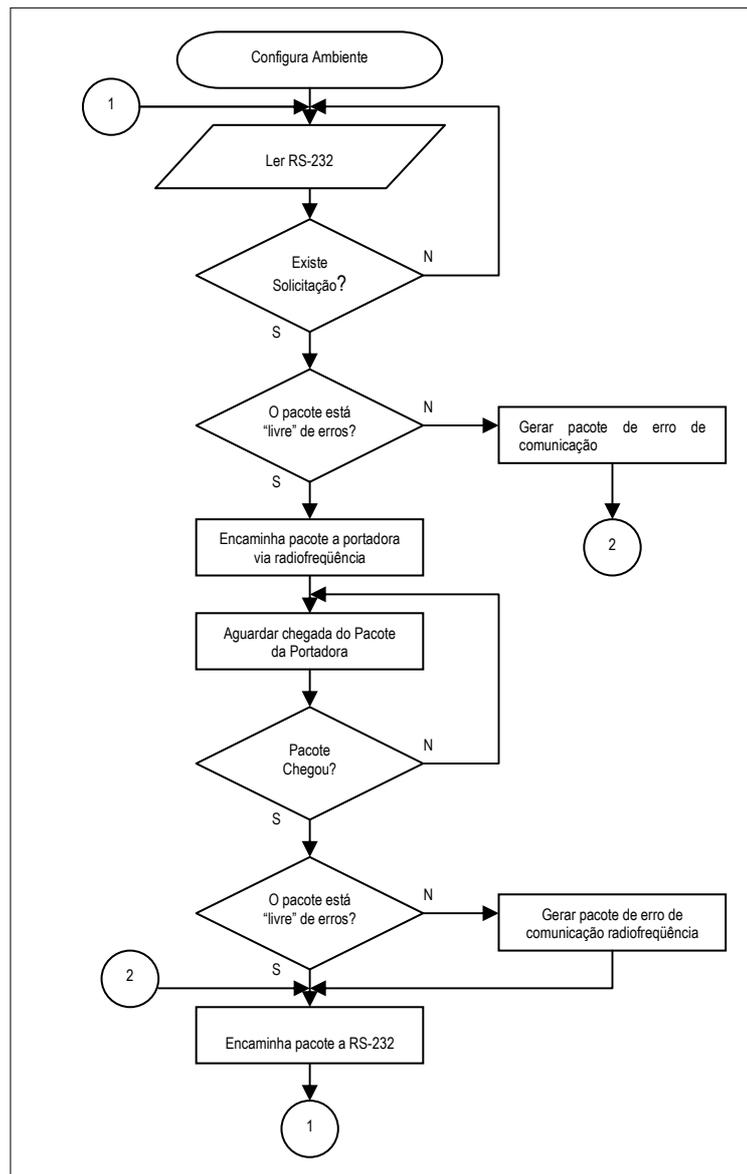
Figura 21: Módulo de Controle



8.2.1.1 ESPECIFICAÇÃO

A fluxograma do módulo de controle corresponde às atividades de controle, comunicação e validação de pacotes, conforme demonstrado no fluxograma da figura 22.

Figura 22: Fluxograma do Módulo de Controle



8.2.1.2 IMPLEMENTAÇÃO

A implementação deu-se através da criação do circuito formado por:

- um transmissor *RF* operando a frequência de 433,92 *MHz*;
- um receptor *RF* operando a frequência de 315 *MHz*;
- microcontrolador *PIC16F84A*, programado através da compilação da rotina contida no quadro 1, com a função de gerir o processo de comunicação *RF* e serial;
- um ajustador de tensão;
- duas antenas de celular (para melhorar a qualidade do envio e recepção pela portadora *RF*);
- um conector *DB9* que garante a comunicação com o microcomputador via porta serial *RS-232* (juntamente com um chip conversor de sinal *RS-232*);
- um cristal de 4 *MHz*, *reset* e alimentação.

Quadro 1: Rotina de Controle do Módulo de Controle

```

*****
*   BASE.BAS                                     *
*****
* Projeto      : FURB - TCC 2002 - Leitura de Flumens      *
* Finalidade   : Encaminha por RF solicitacao de leitura   *
*              : conforme pacote de dados                 *
* Orientador   : Miguel Alexandre Wisintainer            *
* Date        : 26/04/2002                                *
*****
NIVEL          VAR WORD   'Variavel que recebe o nível do Rio
BAUD           CON 16780  'Taxa de Transferencia via RF Inverted N2400 baud
BAUD_NO_INVERTED CON 396  'Taxa de Transferencia via Serial NON INVERTED
JUNK           CON 126   'Caractere desconsiderado, usado para estabilizar o sinal
SYNCH         CON "A"   'Caractere de Sincronismo
CR_SIN        CON "*"   'Caractere de inicio de pacote (START)
CR_END        CON "#"   'Caractere de termino de pacote (END)
SLAVE         VAR BYTE   'Variavel receptora do pacote
CR_SIN_REC    VAR BYTE   'Recebe caractere de inicio de pacote recebido
CR_END_REC    VAR BYTE   'Recebe caractere de final de pacote recebido
TRISA=%00000000
START:
'Aguarda requisição vinda por porta serial RS-232 do PC
SERIN2 PORTB.2,BAUD_NO_INVERTED,1000,CAI_FORA,[CR_SIN_REC,SLAVE,CR_END_REC]
'Verifica se houve erro de comunicação
IF CR_SIN_REC<>CR_SIN AND CR_END_REC<>CR_END THEN
    GOTO START
ENDIF

'Transmite a requisição do PC para a portadora RF
SEROUT2 PORTB.4,BAUD,[junk,SYNCH,CR_SIN,SLAVE,CR_END]
'Aguarda 1 segundo para receber as informações vinda das estações
SERIN2 PORTB.5,BAUD,1000,CAI_FORA,[WAIT(SYNCH),CR_SIN_REC,NIVEL,CR_END_REC]
'Valida pacote
IF CR_SIN_REC=CR_SIN AND CR_END_REC=CR_END THEN
    POKE PORTA,NIVEL 'Atualiza leds com o valor recebido
    SEROUT2 PORTB.3,BAUD_NO_INVERTED,[CR_SIN,NIVEL,CR_END] 'Retorna valor ao PC
ENDIF
PAUSE 250
CAI_FORA:
GOTO START

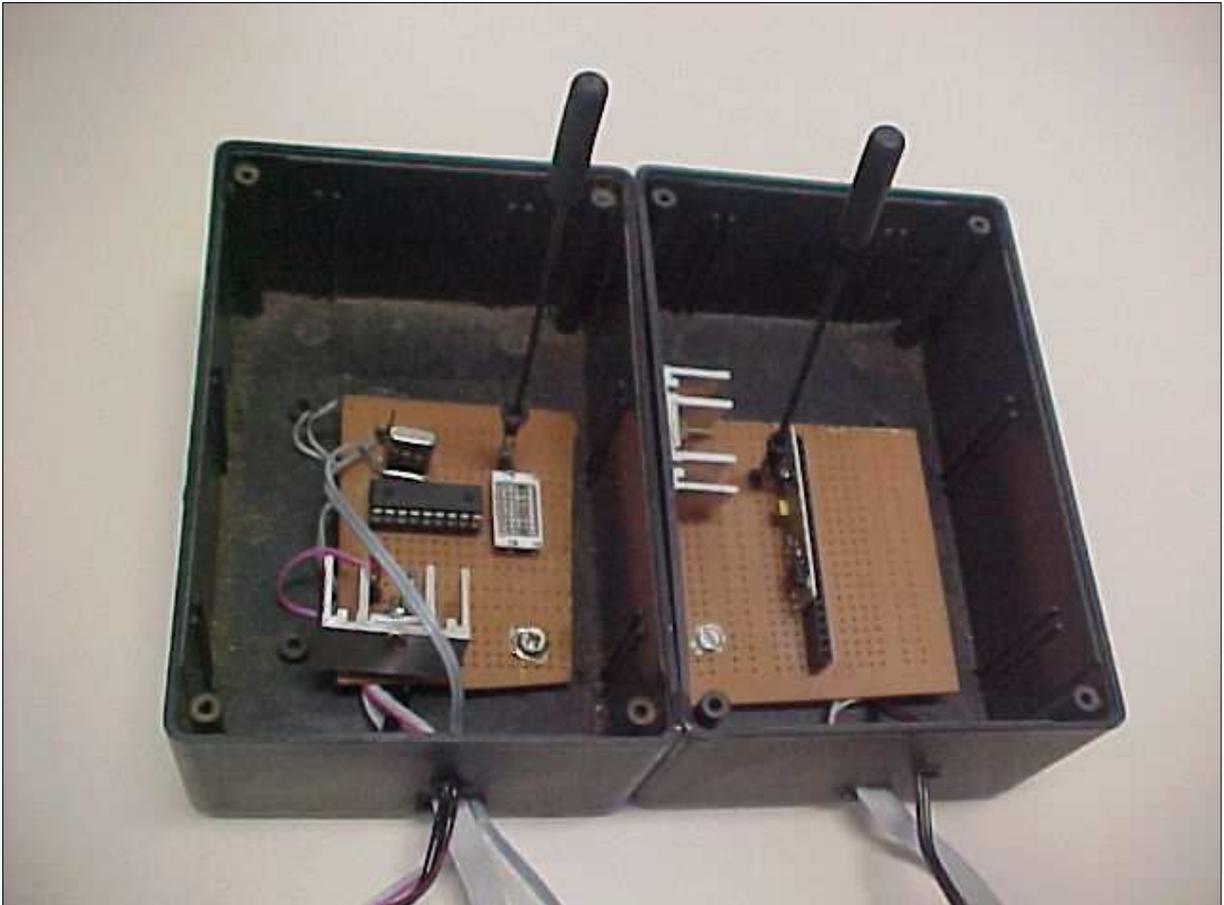
```

8.2.2 MÓDULO DE BASE

A função do módulo de base é receber pacotes oriundos da portadora *RF* e verificar se deve ou não colher as informações de nível, passando o controle ao módulo de coleta.

O módulo de base pode ser visualizado através da figura 23.

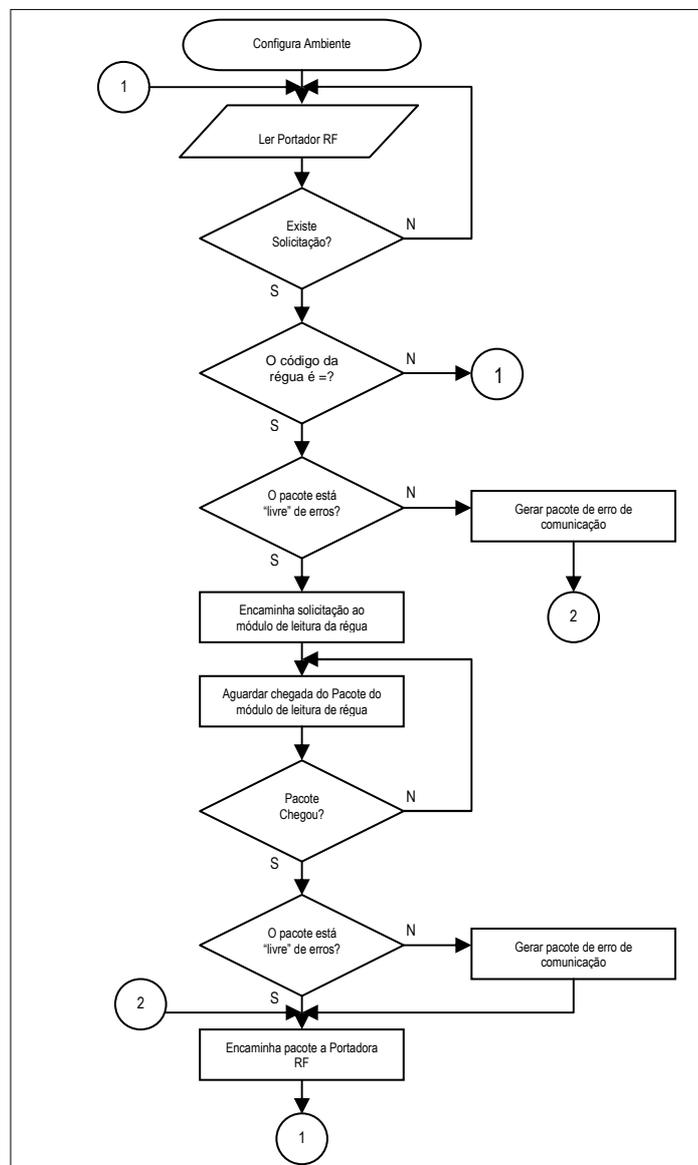
Figura 23: Módulo de Base



8.2.2.1 ESPECIFICAÇÃO

A especificação dos controlos exercidos pelo módulo de base são demonstrados em forma de fluxograma através da figura 24. Além das funções de controle, comunicação e validação de pacotes, pode-se identificar claramente o momento em que acontece a verificação do código da régua que consta no pacote vindo da portadora *RF* com a identificação da base.

Figura 24: Fluxograma do Módulo de Base



8.2.2.2 IMPLEMENTAÇÃO

A constituição do circuito para o módulo de base, exigiu a utilização da seguinte lista de componentes:

- um transmissor *RF* operando na frequência de 315 *MHz*;
- um receptor *RF* operando na frequência de 433,92 *MHz*;
- microcontrolador *PIC16F84A*, contendo o código *binário* gerado a partir da compilação da rotina visualizada através do quadro 2;
- dois ajustadores de tensão;
- duas antenas de celular;
- um cristal de 4 *MHz*.

Quadro 2: Rotina de Controle do Módulo de Base

```

*****
*   RFREGUAL.BAS                                     *
*****
*   Projeto      : FURB - TCC 2002 - Leitura de Flumens      *
*   Finalidade   : Aguardar solicitacao RF para leitura da regua, *
*                 le-la e retornar os valores conforme pacote *
*   Orientador   : Miguel Alexandre Wisintainer             *
*   Date        : 26/04/2002                                 *
*****
NIVEL          VAR WORD  'Variavel que recebe o nível do Rio
BAUD           CON 16780 'Taxa de Transferencia via RF Inverted N2400 baud
BAUD_NO_INVERTED CON 396 'Taxa de Transferencia via Serial NON INVERTED
JUNK           CON 126  'Caractere desconsiderado, usado para estabilizar o sinal
SYNCH         CON "A"  'Caractere de Sincronismo
CR_SIN        CON "*"  'Caractere de inicio de pacote (START)
CR_END        CON "#"  'Caractere de termino de pacote (END)
SLAVE         VAR BYTE  'Variavel receptora do pacote
SLAVE_ID      CON 1    'Identificador do circuito
CR_SIN_REC    VAR BYTE  'Recebe caractere de inicio de pacote recebido
CR_END_REC    VAR BYTE  'Recebe caractere de final de pacote recebido
TRISA=%00000010
START:
  'Aguarda requisição vinda por RF
  SERIN2 PORTB.5,BAUD,[WAIT(SYNCH),CR_SIN_REC,SLAVE,CR_END_REC]
  'Verifica se houve erro de comunicação
  IF CR_SIN_REC<>CR_SIN AND CR_END_REC<>CR_END THEN
    GOTO START
  ENDIF

  'VERIFICA SE O PACOTE EH PARA MIM
  IF SLAVE=SLAVE_ID THEN
    'AQUI SINALIZA PIC16F876 PARA LER A/D
    POKE PORTA,255

    'AQUI ESPERA DADO PELA SERIAL DO PIC16F873
    SERIN2 PORTA.1,BAUD,700,CAI_FORA,[CR_SIN_REC,NIVEL,CR_END_REC]

    'ENCAMINHA LEITURA
    SEROUT2 PORTB.4,BAUD,[JUNK,SYNCH,CR_SIN,NIVEL,CR_END]
  ENDIF

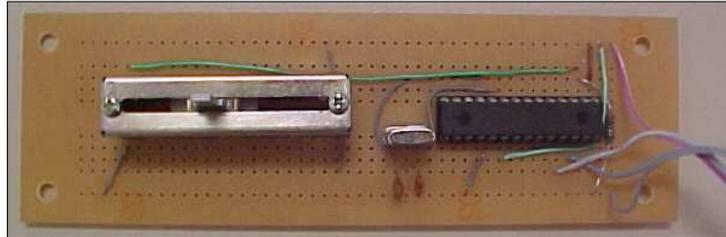
CAI_FORA:
  POKE PORTA,0
  GOTO START

```

8.2.3 MÓDULO DE COLETA

Este módulo, figura 25, está acoplado ao módulo de base e tem como funções, aguardar a solicitação de leitura do nível do rio, converter a informação que está na forma de sinal analógico para sinais digitais e retransmití-lo para a estação de base.

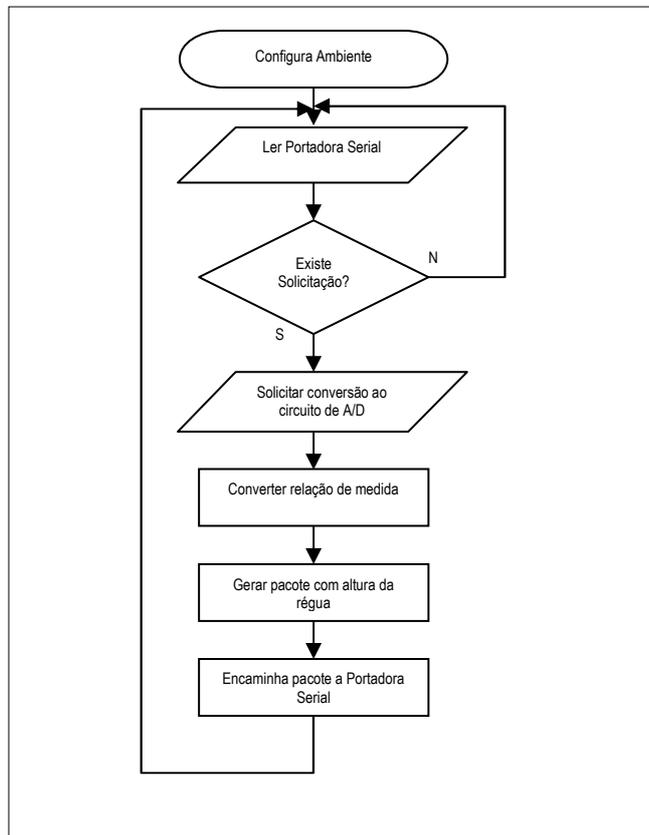
Figura 25: Módulo de Coleta



8.2.3.1 ESPECIFICAÇÃO

O fluxograma contendo a seqüência de execução do módulo de coleta é demonstrado pela figura 26. No caso do módulo de coleta, não há relacionamento com a portadora *RF* e toda comunicação é feita através de conexão direta entre o *PIC16F876* e o *PIC16F84A* do módulo de base.

Figura 26: Fluxograma do Módulo de Coleta



8.2.3.2 IMPLEMENTAÇÃO

A implementação deu-se através da criação do circuito formado por:

- um microcontrolador *PIC16F876*, por ter conversor de sinais analógicos para sinais digitais, contendo o código *binário* gerado pela rotina visualizada através do quadro 3;
- um potenciômetro deslizante;
- um cristal de 4 *MHz*, *reset* e fonte de alimentação.

Quadro 3: Rotina de Controle do Módulo de Coleta

```

*****
'*  LEREGUA.BAS
*****
'*  Projeto      : FURB - TCC 2002 - Leitura de Flumens
'*  Finalidade  : Ler dados de Regua e fazer conversao AD
'*              : dos mesmos
'*  Orientador  : Miguel Alexandre Wisintainer
'*  Date        : 26/04/2002
*****

BAUD_NO_INVERTED CON 396      'Taxa de Transferencia via Serial NON INVERTED
CR_SIN           CON "*"      'Caractere de inicio de pacote (START)
CR_END           CON "#"      'Caractere de termino de pacote (END)

' Define parametros do comando ADCIN
define  ADC_BITS      8          ' Numero de BITS de resulta
define  ADC_CLOCK     3          ' Fonte de clock (3=rc)
define  ADC_SAMPLEUS  50        ' Tempo de Sampling (em uS)

'Variaveis de controle do dado do nivel
VL_LTR  var word          'Valor da Leitura
VL_CVT  var word          'Valor convertido

TRISA=%00000001
TRISB=%00010000
START:
  IF PORTB.4 THEN          'Verifica solicitacao de Leitura
    'Le a porta do AD
    TRISA = %11111111     ' Set PORTA como entrada
    ADCON1 = 0            ' Set PORTA analogica
    adcin 0, VL_LTR      ' Le porta analogical 0 para VL_LTR

    'Monta pacote para Devolucao
    SEROUT2 PORTB.5,BAUD,[CR_SIN,VL_LTR,CR_END]
  ENDIF
  GOTO START

```

8.3 PROTÓTIPO DE SOFTWARE

O protótipo de software constitui-se na figura de dois módulos de sistemas, a citar:

- a) módulo de coleta de dados: responsável pelo envio de solicitações para o módulo de controle (vide capítulo 8.2.1) e gravar as informações recebidas através do mesmo módulo na base de dados de registro de níveis de rios;
- b) módulo de gestão das informações coletadas: este módulo tem por finalidade, monitora os rios e suas réguas (informações que são utilizadas pelo módulo de coleta de dados), bem como demonstrar as informações coletadas e possibilitar a criação de comentários diários a respeito das coletas.

8.3.1 ESPECIFICAÇÃO

A especificação dos módulos deu-se basicamente do modelo entidade relacionamento e do diagrama de contexto de ambos os módulos do protótipo de software. Sendo que o diagrama de contexto pode ser visualizado através da figura 27 e os diagrama de contexto do módulo de coleta e do módulo de consulta, respectivamente demonstrados pelas figuras 28 e 29.

Figura 27: Modelo Entidade Relacionamento

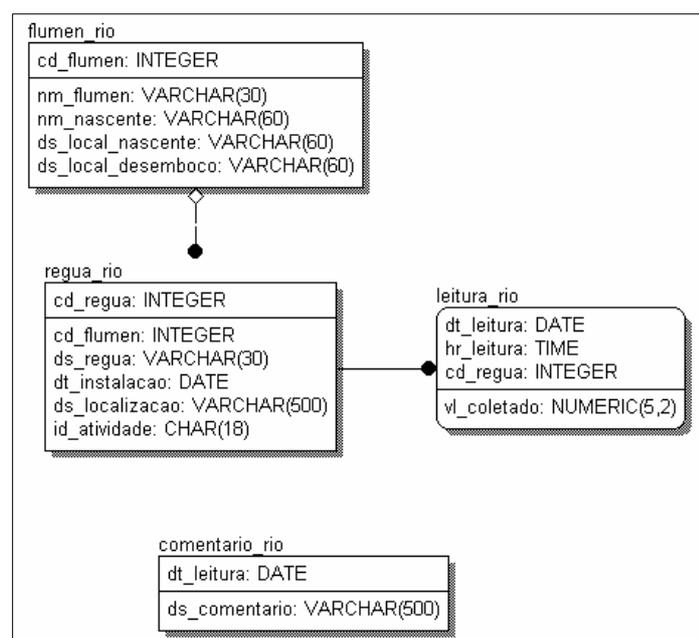


Figura 28: Diagrama de Contexto Módulo de Coleta

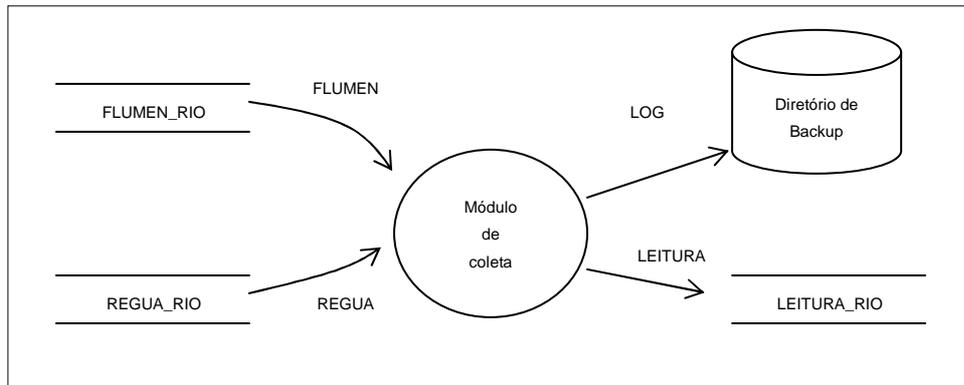
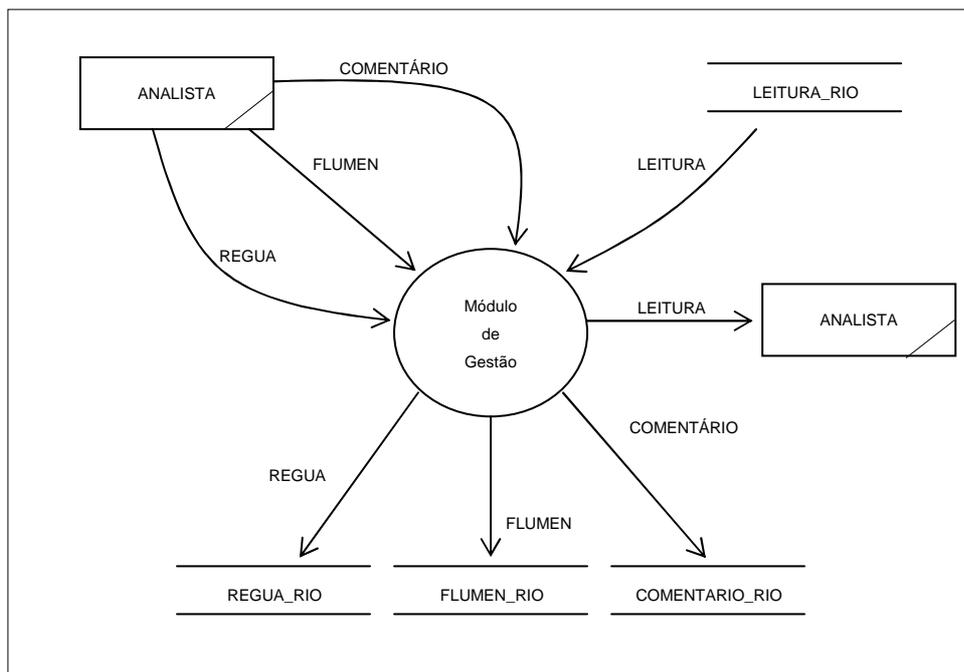


Figura 29: Diagrama de Contexto Módulo de Gestão



8.3.2 IMPLEMENTAÇÃO

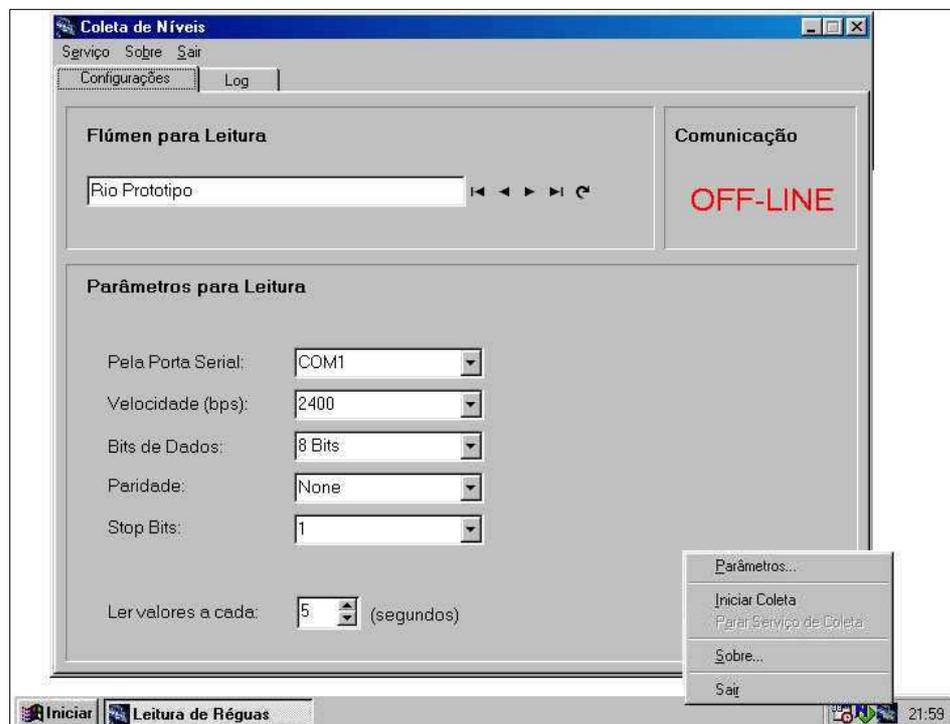
A implementação foi dirigida ao sistema operacional *Windows*, através de programação via ambiente de desenvolvimento *Delphi*. Já o banco de dados foi criado a partir do *InterBase* segundo definições do modelo entidade relacionamento (figura 27).

Este capítulo trata a implementação do módulo de software para coleta de dados e o de gestão da informação em tópicos distintos.

8.3.3 MÓDULO DE COLETA DE DADOS

A figura 30 demonstra o módulo de coleta de dados, que se constitui em um protótipo de software responsável pela gestão de solicitação de coleta de níveis de flúmens por meio de pacotes contendo o código da régua a ser lida, enviados ao circuito do módulo de controle (conforme protocolo abordado no tópico 8.2.1) e armazenamento dos dados recebidos na tabela de leitura, vide tópico 8.3.1 (Especificação – Modelo Entidade Relacionamento).

Figura 30: Tela do Módulo de Coleta de Dados



Através da tela do Módulo de Coleta, podemos ver a situação do serviço de coleta, que informa se o processo está *on-line* ou *off-line* e o flúmen que está sendo tratado no momento de execução.

Por meio deste módulo, também pode ser configurado o flúmen que será lido (identificado pelo campo “flúmen para Leitura”), o período de leitura, expresso em segundos, a porta serial em que o circuito de leitura está ligado ao microcomputador e, os parâmetros de configuração da leitura: velocidade de transmissão, *bits* de dados, paridade e número de *stop bits*.

Pode-se também visualizar, através da aba “Log”, todo o processo de execução, desde o momento do acesso ao produto de software, bem como o flúmen e régua que estão sendo tratados no momento de execução, erros de leitura, de tratamento da informação ou de gravação da mesma no banco de dados.

Também é característica deste módulo, estar disponível na bandeja do sistema enquanto está sendo executado e, desta forma, também fornecer todos os recursos necessários para controle e manutenção da seqüência de leitura das réguas fluviais.

No que se refere a programação, o quadro 4 demonstra o procedimento necessário para iniciar a porta serial para possibilitar comunicação através da mesma.

Quadro 4: Rotina para Iniciar Porta Serial

```
//procedimento para iniciar processo de leitura das réguas
procedure TfrmColeta.mnuIniciarColetaClick(Sender: TObject);
begin
  Code := SioReset(Port,1024,256);
  if Code < 0 then
    begin
      mLog.Lines.Add(DateToStr(date) + ' ' + TimeToStr(time) +
        ': Erro ao resetar porta ' + IntToStr(Code));
      exit
    end;
  //Parametros da porta
  Code := SioBaud(Port,Baud);
  Code := SioParms(Port, Parity, StopBits, DataBits);
  Code := SioDTR(Port,'S');
  Code := SioRTS(Port,'S');
  Code := SioFlow(Port,'N');
  //Atualiza interface
  mnuIniciarColeta.Enabled := False;
  mnuPararServico.Enabled := True;
  lblStatus.Font.Color := clGreen;
  lblStatus.Caption := 'ON-LINE';
  dbnFlumens.Enabled := False;
  ServicoAtivo := True;
  mLog.Lines.Add(DateToStr(date) + ' ' + TimeToStr(time) +
    ': Inicio de serviço de coleta ');
end;
```

No quadro 5, podemos visualizar a rotina para finalizar a comunicação com a porta serial, deixando-a novamente a disposição do sistema operacional.

Quadro 5: Rotina para Finalizar Porta Serial

```
//procedimento para parar serviço de leitura das régua
procedure TfrmColeta.mnuPararServicoClick(Sender: TObject);
var
  Code : Integer;
begin
  Code := SioDone(Port);
  if Code < 0 then
    mLog.Lines.Add(DateToStr(date) + ' ' + TimeToStr(time) +
      ': Erro ao fechar porta serial');

  //Seta ambiente
  mnuIniciarColeta.Enabled := True;
  mnuPararServico.Enabled := False;
  lblStatus.Font.Color := clRed;
  lblStatus.Caption := 'OFF-LINE';
  dbnFlumens.Enabled := True;
  ServicoAtivo := False;
  mLog.Lines.Add(DateToStr(date) + ' ' + TimeToStr(time) +
    ': Término do serviço de coleta ');
end;
```

Todo o processo de leitura, tem sua principal programação demonstrada pelo quadro 6, observa-se que o fluxo respeita o flúmen selecionado pela tela de parâmetros. Nota-se também a conversão do valor lido para uma escala simulada (ao nível de protótipo) e a solicitação de chamada para a rotina de gravação.

Quadro 6: Rotina de Controle de Leitura

```
//executa a rotina de ordens de leitura de reguas
procedure TfrmColeta.RealizarColeta(Rio: Integer);
var
  N, cdCaracter : Integer;
  vlLeitura : String;
begin
  //inicia a varredura das reguas
  with dmFlumen.ibtReguas do begin
    First;
    while not Eof do begin
      //Solicita a leitura da Regua pela porta Serial
      mLog.Lines.Add(DateToStr(date) + ' ' + TimeToStr(time) +
        ': Processando Régua ' + FieldByName('CD_REGUA').AsString);
      SioPutc(Port, '*');
      SioPutc(Port, chr(FieldByName('CD_REGUA').asInteger));
      SioPutc(Port, '#');

      {Pega tudo o que chega pela porta serial}
      vlLeitura := '';
      for N := 1 to 128 do begin
        cdCaracter := SioGetc(Port);
        if cdCaracter < 0 then break; //Desconsidera códigos inválidos
        vlLeitura := vlLeitura + Chr(cdCaracter);
      end;
    end;
  end;
```

Quadro 6: Rotina de Controle de Leitura (continuação)

```

{Processa informação}
if Length(vlLeitura) > 0 then
  SalvarColeta(600 * Ord(vlLeitura[2]) div 255)
else
  mLog.Lines.Add(DateToStr(date) + ' ' + TimeToStr(time) +
    ': Erro de leitura da Regua ' +
    IntToStr(dmFlumen.ibtReguas.FieldByName('CD_REGUA').AsInteger) +
    ', Flumen ' +
    dmFlumen.ibtFlumens.FieldByName('CD_FLUMEN').asString);
  Next;
end;
end;
end;
end;

```

A rotina para gravação dos valores coletados na tabela *LEITURA_RIO* do banco de dados de coletas de níveis de flúmens está documentada através do quadro 7.

Quadro 7: Rotina de Gravação do Valor Coletado

```

//salva dados da regua no banco de dados conforme a leitura
procedure TfrmColeta.SalvarColeta(vlColetado: Integer);
begin
  try
    //Rotina para criar novo registro com os dados coletados
    with dmFlumen.ibtLeituras do
    begin
      Append;
      FieldValues['CD_REGUA'] := dmFlumen.ibtReguas.
        FieldByName('CD_REGUA').AsInteger;
      FieldValues['DT_LEITURA'] := DateToStr(Date);
      FieldValues['HR_LEITURA'] := TimeToStr(Time);
      FieldValues['VL_COLETADO'] := vlColetado;
      Post;
    end;
  except
    mLog.Lines.Add(DateToStr(date) + ' ' + TimeToStr(time) +
      ': Erro de Gravação de dados da Régua ' +
      IntToStr(dmFlumen.ibtReguas.FieldByName('CD_REGUA').AsInteger)
      + ', Flumen '
      + dmFlumen.ibtFlumens.FieldByName('CD_FLUMEN').asString
      + ', no BD de Coletas');
  end;
end;
end;

```

8.3.4 MÓDULO DE GESTÃO DE INFORMAÇÕES

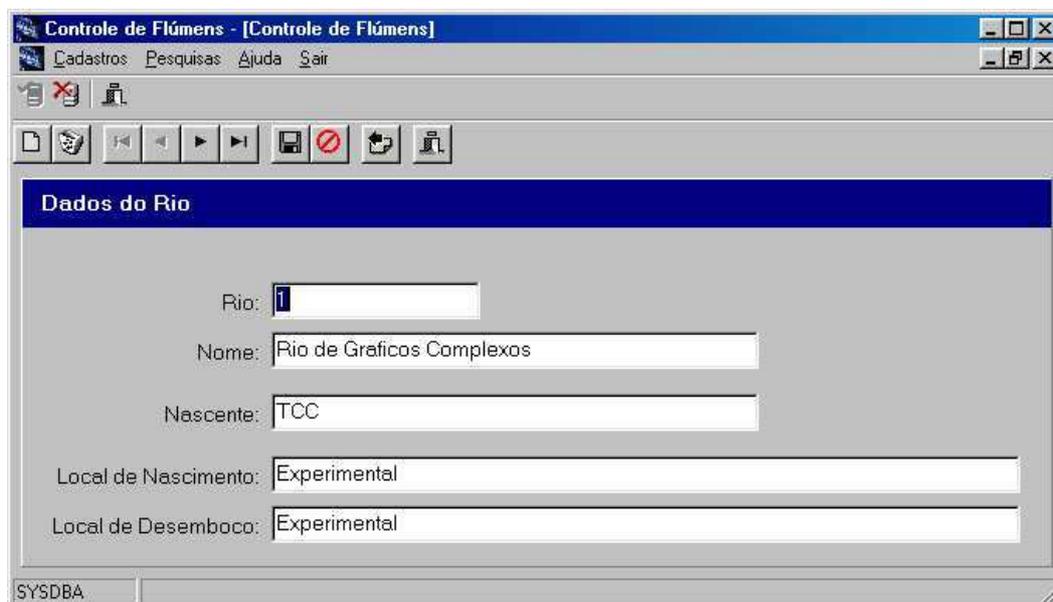
Este módulo é um produto de software responsável pela gestão de dados relevantes aos flúmens, contendo as seguintes funções:

- a) cadastro de flúmens;
- b) associação de régua medidoras aos flúmens;
- c) possibilitar a inclusão de comentários os dados coletados;
- d) fornecer uma grade de demonstração dos dados coletados.

8.3.4.1 TELA DE CADASTRO DE FLÚMENS

Através desta tela tem-se a possibilidade de cadastro dos flúmens. Podendo ser visualizada através da figura 31.

Figura 31: Tela de Controle de Flúmens



A imagem mostra a interface gráfica de um software chamado "Controle de Flúmens". A janela principal tem o título "Controle de Flúmens - [Controle de Flúmens]" e um menu de opções com "Cadastros", "Pesquisas", "Ajuda" e "Sair". Abaixo do menu, há uma barra de ferramentas com ícones para salvar, cancelar, voltar, avançar, atualizar e imprimir. O formulário principal, intitulado "Dados do Rio", contém os seguintes campos de entrada:

- Rio:
- Nome:
- Nascente:
- Local de Nascimento:
- Local de Desemboco:

Na base da janela, há uma barra de status com o texto "SYSDBA".

Através do formulário disponibilizado pela tela, pode-se criar um código protocolar para identificação única do flúmen, nomeá-lo, identificar sua nascente, bem como informar os locais onde tem seu nascimento e desemboco (morte).

8.3.4.2 TELA DE CADASTRO DE RÉGUAS

Por meio desta tela, vista por meio da figura 32, é possível o relacionamento das réguas a serem controladas a seus devidos flúmens.

Deve-se atentar que toda régua possui um identificador numérico único, o que se torna de suma importância quando da gestão da leitura. Este é o código que será divulgado pelo processo de coleta de níveis fluviais, na forma de protocolo, para que cada circuito de hardware instalado junto às réguas, saiba que é o momento do mesmo coletar o nível do flúmen e transmití-lo ao circuito de gerenciamento de coletas ligado ao microcomputador.

Figura 32: Tela de Controle de Réguas

Dentre outras informações, tem-se a possibilidade de nomear a régua para facilitar a identificação da mesma na tela do Módulo de Coleta de Dados, documentar a data em que a régua foi colocada junto à margem do flúmen e descrever o ponto físico de localização da mesma. Outro ponto importante é o campo “Ativa”, que tem por função informar o status da régua que pode ser:

- a) ativa, ou seja, que está instalada e em situação de transmissão da coleta;
- b) em manutenção, quando a régua está sob manutenção por algum motivo. Este status não permite a leitura da régua;
- c) inativa, quando por algum motivo, além da manutenção, a régua não deve ser considerada no protocolo de leitura.

8.3.4.3 TELA DE CADASTRO DE COMENTÁRIOS

Esta tela, visualizada pela figura 33, fornece uma forma prática para inclusão de informações às datas de coleta. Estas informações podem ser cruzadas com os dados de coleta de nível dos flúmens e auxiliar na tomada de decisões e conclusões sobre o momento em que estas informações foram coletadas.

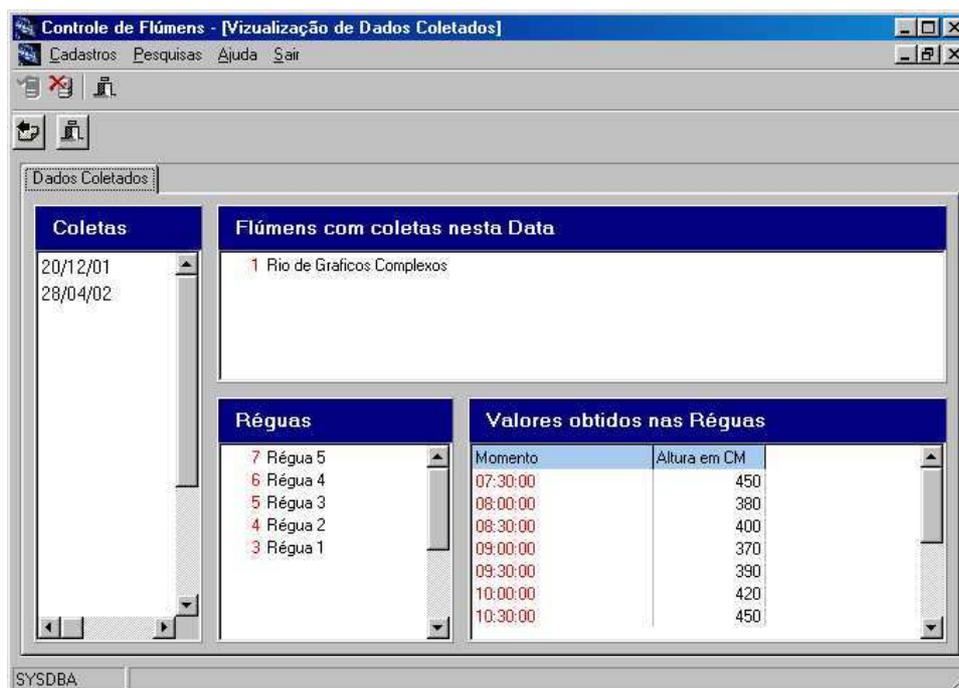
Figura 33: Tela de Controle de Comentários



8.3.4.4 TELA DE VISUALIZAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

Esta tela, visualizada pela figura 34, fornece uma forma prática para inclusão de informações sobre as datas de coleta.

Figura 34: Tela de Visualização dos Dados Coletados



Através desta tela, pode-se escolher uma data em que as coletas foram efetuadas. No momento desta consulta, são mostradas também informações sobre os flúmens, réguas e valores de marcação de réguas coletadas na respectiva data.

O processo de seleção vale também para a seleção de flúmens, que automaticamente atualiza os blocos de réguas relacionadas e seus valores. O mesmo princípio é adotado quando escolhida uma régua em seu respectivo bloco, tendo como resultado a atualização do bloco contendo a altura e o momento coletado para esta régua.

9 CONCLUSÕES

O monitoramento de níveis de flúmens ainda é uma área em evolução e muito pode ser feito para contribuir, tanto no segmento de coleta, transmissão e armazenamento, como também em ferramentas analíticas, de auxílio de tomada de decisão e de auditoria para provocar notificações e medidas de contenção ou prevenção.

No que tange a transmissão, a comunicação de dados via radiofrequência mostra-se como uma solução cada vez mais atraente, por se mostrar poderosa. Por oferecer frequências de trabalho de curta, média e longa distância; bem como flexível, por fazer uso do ambiente como meio de comunicação.

Para viabilizar o desenvolvimento do protótipo, houve a necessidade de aquisição das tecnologias envolvidas (microcontroladores *PIC*, módulos de radiofrequência, cristais, potenciômetros, resistores, entre outros), por parte do autor do trabalho. As placas de comunicação por radiofrequência e a placa de simulação de medição de níveis de rios foi desenvolvida junto aos laboratórios da WEG Industrias, Divisão Acionamentos.

Um dos grandes fatores para a escolha da linguagem *PIC Basic* para implementação dos fluxogramas dos módulos de hardware foram facilidades trazidas por seus comandos e funções de comunicação, a citar o *SERIN* e *SEROUT*.

O ambiente de desenvolvimento Delphi foi escolhido justamente por ser a ferramenta usada por toda a vida acadêmica, o que facilitou em muito a implementação dos módulos de software.

Quanto ao hardware, devo chamar a atenção a dois pontos: o primeiro refere-se ao microcontrolador *PIC* que se demonstrou extremamente poderoso e de múltiplas funções que, aliado às facilidades de programação da linguagem *PIC Basic*, garantiu a realização do projeto; o segundo ponto diz respeito ao uso da radiofrequência como forma de comunicação justamente por usar a atmosfera como portadora dando maior liberdade quando necessária a comunicação com regiões isoladas ou que não dão condições de uma ligação física entre o transmissor e o receptor.

O objetivo deste protótipo foi demonstrar um modelo para leitura de flúmens por meio de módulos controlados por microcontroladores, transmissão dos valores lidos através da atmosfera por meio de ondas eletromagnéticas provenientes de transmissão multiplexada por radiofrequência e recepção destes valores por uma base instalada junto a um microcomputador que armazena estas informações para que os módulos de software possam trabalhá-la.

Estes objetivos foram plenamente alcançados, provando a possibilidade da adoção das tecnologias mencionadas tanto para desenvolvimento de outros protótipos acadêmicos ou experimentais quanto a soluções comerciais.

9.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Para a execução do protótipo de software transcorreu calmamente em função da familiaridade com os conceitos e com o ambiente de desenvolvimento. O mesmo não pode ser dito quando tratado o protótipo de hardware, onde houve a necessidade de esforços relacionados a:

- aprendizagem de uma nova linguagem, o PIC Basic.
- poucos conhecimentos em eletrônica, exigindo a necessidade de muita atenção por parte do professor orientador;
- auxílio no que se refere à construção dos módulos para comunicação via radiofrequência, fazendo com que tenham desempenho e resultados satisfatórios;
- no que tange a compreensão do modo de funcionamento dos microcontroladores PIC e assimilar componentes necessários para seu funcionamento, tais como os cristais;
- compreender as pré-opções e o processo de gravação dos microcontroladores.

9.2 LIMITAÇÕES

Devido ao tempo para execução deste trabalho, notou-se que o mesmo possui algumas limitações, como por exemplo:

- melhor apresentação do momento do flúmen seja através de gráficos ou de complexos modelos em técnicas de modelagem 3D;

- deficiência no software de gestão das informações coletadas, em função de apenas demonstrar as informações coletadas, não fornecendo ferramentas para a análise e auxílio à tomada de decisão em relação aos dados coletados.

9.3 EXTENSÕES

Como extensões deste trabalho, sugere-se a adição das seguintes características:

- melhorar a estrutura de tratamento de erros de leituras para a geração de registros de *LOG* que acusem mais precisamente o motivo das falhas e melhorar a rastreabilidade;
- criar módulos para auxiliar no cálculos de intensidade, velocidade, profundidade e frequência dos períodos de retorno em relação a catástrofes por inundações;
- implementar mecanismo de comparação temporal do flúmen;
- implementar objeto para demonstração gráfica em 3D, com efeitos de rotação e *zoom*, bem como a adição de efeitos de movimento perestáltico para simbolizar o movimento das águas e facilitar a análise;
- melhorar o fluxo de coleta, possibilitando a coletando de níveis simultaneamente de mais de um flúmen.

GLOSSÁRIO

A/D	Analógico/Digital. Processo de conversão de sinais analógicos em digitais.
BIT	Menor unidade de memória endereçável.
D/A	Digital/Analógico. Processo de conversão de sinais digitais em analógicos.
EEPROM	Memória que permite ser apagada e regravada eletricamente, onde atoda a memória é reprogramada durante o processo de gravação.
I2C	Protocolo utilizado na gravação de EEPROM.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers. Entidade de normalização de produtos técnicos e engenheirados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, Newton C. **DSP – Filtros e conversores DAC e ADC**. Saber Eletrônica, São Paulo, n. 338, p. 14-24, março 2001.

BRANCO, Samuel Murger. **Água: Origem, Uso e Prevenção**. São Paulo: Editora Moderna, 1993. 5. ed.

CANTÚ, Marco. **Dominando o Delphi 5**. Tradução José Carlos Barbosa dos Santos; revisão técnica de Edmilson Kazwyoshi Miyasaki. São Paulo: Makron Books, 2000.

DEMARCO, Tom. **Análise estruturada e especificação de sistema**. Tradução Maria Beatriz Gomes Soares Veiga de Carvalho; revisor técnico Alfredo Veiga de Carvalho. Rio de Janeiro: Campus, 1989. 333 p.

DEFLER, Frank J.; FREED, Les. **Como funcionam as redes**. Quark do Brasil Ltda, 1993.

GASTAL, Alfredo. Efeitos Sociais e Econômicos dos Recentes Grandes Desastres Naturais na América Latina e a Necessidade de Preveni-los. In: Seminário internacional de estratégias e ações frente a desastres naturais. 1. Salvador. **Anais...** Salvador: PNUD/MHU, 1987. p. 11-17.

GINHRICH, Doug. **Dual-Slope ADC**, 1999. Disponível em: <<http://www.phys.ualberta.ca/~gingrich/phys395/notes/node167.html>>. Acessado em: 30 mai. 2002.

JUMANDÁ, Teobaldo. **Protótipo de um sistema de aquisição de dados, utilizando Radiofrequência**. 1998. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. **PIC16F84X data sheet**. Chandler: Microchip, 2002. Disponível em: <<http://www.microchip.com/11110/pline/picmicro/families/16f8x/devices/16f84a/index.htm>>. Acesso em 20 fev. 2002.

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. **PIC16F87X data sheet**. Chandler: Microchip, 2002. Disponível em: <<http://www.microchip.com/11110/pline/picmicro/families/16f87x/devices/16f876/index.htm>>. Acesso em 20 fev. 2002.

MICROENGINEERING, Labs Inc. **PICBasic Pro Compiler**. 2001. Disponível em: <<http://www.melabs.com>>. Acessado em: 15 abr. 2002.

MUÑOZ-ESPINOSA, Héctor Raul. **Enchentes e inundações**, o fenômeno hidrológico às respostas do Homem. Florianópolis: Eletrosul – DEH/DIVH, 1984.

NETO, Vicente Soares. **Comunicação de dados: conceitos fundamentais**. 10. ed. São Paulo. Érica. 1993. 168 p.

SAMMET, Jean E. **Programming languages: History and fundamentals, 1995?**. Disponível em: <<http://www.fys.ruu.nl/~bergmann/history.html>>. Acesso em 18 mai. 2002.

SILVA, Alexandre José da. **Construção de um protótipo de relê multifuncional para proteção de motores elétricos**. 2001. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

SILVA, Ivan José de Mecnas. **InterBase 6: guia do desenvolvedor**. Rio de Janeiro: Book Express, 2000. 156 p.

SILVA, José Ferreira da. **As enchentes no vale do Itajaí**. Blumenau: Casa Dr. Blumenau, 1975.

SILVA JUNIOR, Vidal Pereira da. **Microcontroladores PIC: teoria e prática**. São Paulo: V. P. Silva Junior, 1998. 140 p.

SILVEIRA, Jorge Luis da. **Comunicação de dados e sistemas de teleprocessamento**. 1. ed. São Paulo: McGraw-Hill, Makron Books, 1991. 199 p.

SOLOMANTINE, Nikolai. As atividades do UNDRO em Emergências de Enchentes – Prevenção e Capacitação. In: Seminário internacional de estratégias e ações frente a desastres naturais. 1. Salvador. **Anais...** Salvador: PNUD/MHU, 1987. p. 135-147.

SOUZA, David José de. **Desbravando o PIC**. São Paulo: Érica, 3. ed. 2000.

RIBEIRO, Marcelo Peixoto. **Telecomunicações: sistemas analógico-digitais**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos: EMBRATEL. 1980. 1174 p.

TAFNER, Malcon; STRINGARI, Sérgio; LOESCH, Claudio. **Comunicação de dados utilizando a linguagem C**. Blumenau: Editora da FURB, 1996. 90 p.

TAUB, Herbert; SSHILLING, Donald. **Eletrônica digital**. Tradução Paulo Elyot Meirelles Villela, Jorge Guedes de Silvaira, Juarez Sagebin Correa. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.

TELECONTROLLI. **Remote Control and Security Systems Hybrids**. 1998. Disponível em: <<http://www.reidosom.com.br/Arquivos/Catalogo98.PDF>>. Acessado em: 15 abr. 2002.

YOURDON, Edward. **Análise estruturada moderna**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.