

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO
RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA

GUILHERME RODRIGUES HAAS

**Desenvolvimento e Validação de um
Sistema de Monitoração de Leitos Hospitalares**

Porto Alegre
2012

GUILHERME RODRIGUES HAAS

**Desenvolvimento e Validação de um
Sistema de Monitoração de Leitos Hospitalares**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, com parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Sinais, Sistemas e Tecnologia da Informação.

Linha de Pesquisa: Engenharia Biomédica

Orientadora : Prof. Dra. Thais Russomano

Porto Alegre
2012

GUILHERME RODRIGUES HAAS

**Desenvolvimento e Validação de um
Sistema de Monitoração de Leitos Hospitalares**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, com parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Sinais, Sistemas e tecnologia da Informação
Linha de Pesquisa: Engenharia Biomédica

Aprovado em 23 de Março de 2012.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Thais Russomano

Prof. Dra. Maria Helena Itaqui Lopes

Prof. Dra. Letícia Maria Bolzani Poehls

AGRADECIMENTO

Elaborar a página de agradecimentos é forma retribuir o carinho de todos aqueles que participaram dessa jornada comigo.

Agradeço aos meus pais, Silvia e Pedro, pela possibilidade de ter sido uma criança feliz, capaz de sonhar e encontrar o próprio destino, a partir das oportunidades de estudo que me foram dadas. As minhas irmãs, Roberta e Renata, pelo companheirismo e amizade e a minha namorada Isabel , que ainda acredita que eu vou perder os 12kg e os cabelos brancos que ganhei durante o mestrado.

A minha orientadora e querida amiga, Dra. Thais Russomano, que conquistou a minha admiração e respeito, me orientando durante a vida acadêmica. Ao Dr. Rubem Dutra Ribeiro Fagundes um agradecimento especial por ter me apresentado a empresa Toth Tecnologia onde encontrei a realização profissional que procurava.

Aos colegas de mestrado que compartilharam comigo as angústias e alegrias de todos os momentos, principalmente os difíceis, durante o período de preparação para a dissertação.

Aos queridos colegas da Toth que participaram deste projeto direta e indiretamente, em especial aos engenheiros Jeferson Rosário, Francisco Secorum, Matheus Lunardi, Clóvis Rodrigo e Endrigo Carvalho e aos futuros engenheiros (as) Maicon Much, Raphael Ferreira e Roberta Costa.

RESUMO

As centrais hospitalares começaram a ser desenvolvidas a partir da década de 90, com o objetivo de reunir informações dos leitos em um ponto comum. Desenvolvidas por fabricantes de monitores multiparamétricos, as centrais vêm evoluindo ao longo dos anos, trazendo cada vez mais ferramentas para a monitoração dos pacientes e o auxílio aos profissionais da saúde. Ao encontro a esses objetivos essa dissertação vem desenvolver, junto a empresa de tecnologia Toth, situada no parque tecnológico da PUCRS, a empresa de equipamentos médicos LifeMed e com o apoio do Centro de Microgravidade, referência mundial na área de fisiologia aeroespacial, uma central de monitoração de leitos hospitalares.

Nessa dissertação foi desenvolvida uma plataforma de monitoração remota para interface com os monitores multiparamétricos Lifrtouch-10 da LifeMed, capaz de gerenciar e centralizar informações fisiológicas de pacientes monitorados. Para o desenvolvimento da central, foram criados dois softwares capazes de organizar, gerenciar e visualizar as informações de todos os monitores conectados ao sistema. Ambos os softwares foram desenvolvidos em C++, uma linguagem de programação que mescla ao mesmo tempo a estrutura necessária para aplicações visuais com as necessidades de interação de baixo nível para sistemas de tempo real. O protocolo de comunicação TCP/IP, um dos mais robustos utilizado em sistemas de comunicação ethernet, foi escolhido para a comunicação entre o sistema e os monitores. Foram criados testes de desempenho para avaliação da integridade dos dados, estabilidade do sistema e confiabilidade dos dados visualizados.

O sistema desenvolvido tem a capacidade de gerenciamento de até 50 monitores Lifetouch-10 a partir do protocolo TCP/IP e armazenar 96 horas de dados fisiológicos de cada paciente monitorado. Cada plataforma de visualização é capaz de mostrar 12 curvas fisiológicas e 8 parâmetros de até 32 monitores conectados em tempo real, assim como parâmetros de configuração do monitor e alarmes fisiológicos. Acredita-se que com a implantação de sistemas de monitoração remota em ambientes hospitalares fatores como mortalidade de pacientes seja reduzido, melhorando o tratamento e o cuidado dos pacientes internados.

Palavras-chave: Monitoração de Leitos, Monitores Multiparamétricos, comunicação TCP/IP.

ABSTRACT

The health care system began to be developed from the 90's, with the aim of gathering information of beds in a common point. Developed by manufacturers of patient monitors, health care system have evolved over the years, bringing more and more tools for monitoring of patients and help health professionals. Against these objectives this thesis is to develop, along with Toth technology company located in Technology Park PUCRS, a medical device company Lifemed and with the support of the Microgravity Laboratory, a world reference in the field of aerospace physiology, a central station system.

This thesis has developed a platform for remote monitoring interface with patient monitors of Lifemed company, able to manage and centralize physiological information from patients monitored. For the development of the central station, were created two software able to organize, manage and view information from all the monitors connected to the system. Both software were developed in C++, a programming language that combines both the necessary structure for visual applications with the needs of low-level interaction for real-time systems. The communication protocol TCP / IP, one of the strongest communication systems used in Ethernet applications, was chosen for the communication between the system and monitors. Performance tests were designed to evaluate the data integrity, system stability and reliability of data displayed.

The developed system has the ability to manage up to 50 monitors Lifetouch-10 from the TCP / IP and store 96 hours of physiological data of each patient monitored. Each platform is able to simultaneously display 12 physiological waveforms and 8 parameters from up to 32 monitors in real-time, providing pre-configured technical and physiological alarms and multi speed waveform visualization. It is believed that with the implementation of remote monitoring systems in hospital environments factors such as patient mortality is reduced, improving treatment and care of hospitalized patients.

Keywords: health care system; patient monitor; TCP/IP protocol;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - As quatro camadas utilizadas pelo protocolo TCP/IP[10].....	5
Figura 2 - Mensagen enviada para o receptor	7
Figura 3 - Cálculo dos bits de CRC para um polinômio de terceira ordem	7
Figura 4 - Polinômios Geradores.....	8
Figura 5 – Topologia de um banco de dados hierárquico	9
Figura 6 - Topologia de um banco de dados em rede	10
Figura 7 – Topologia de um banco de dados relacional.....	11
Figura 8 - Curva de dissociação da hemoglobina.....	13
Figura 9 - Curvas de absorção da HbO ₂ e da Hb[40]	14
Figura 10 - Curva da pressão de CO ₂	16
Figura 11 - Ciclo de um eletrocardiograma normal	17
Figura 12 - Monitor multiparamétrico Lifetouch-10,.....	18
Figura 13 - Estrutura do módulo de ECG.....	19
Figura 14 - Estrutura Genérica de Dados	20
Figura 15 - Topologia da rede do sistema proposto	22
Figura 16 - Topologia do fluxo de dados e limite físico do sistema	23
Figura 17 - Software de Emulação (EMU),	23
Figura 18 - Estrutura de thread so SVR.	25
Figura 19 - Estrutura de threads SGC	26
Figura 20 - Diagrama do ensaio	29
Figura 21 - Forma de Onda Para Validação Contendo 4000 Amostras	29
Figura 22 - Módulo USB-6221 BNC da National Instruments[23]	30
Figura 23 - Curva Padrão Impressa para ajuste de ganho	31
Figura 24 – Tempo entre interrupções do envio serial do Microcontrolador H8SX ...	31
Figura 25 - Programa Para Análise de Estruturas	32
Figura 26 - Sincronismo entre os arquivos de entrada e saída	32
Figura 27 - Tela Expandida do SVR.	34
Figura 28 - Tela principal de 16 leitos	34
Figura 29 - Leito em estado de Alarme	35
Figura 30 - Tela de Histórico	35

Figura 31 - Análise dos dados de curvas fisiológicas.	37
Figura 32 - Análise dos dados de parâmetros fisiológicos.....	38
Figura 33 - Sincronismo inicial (primeira onda)	39
Figura 34 - Sincronismo final (última onda)	40
Figura 35 - Fluxograma de Latência de Dados	41
Figura 36 - SGC Conectado a 50 Emuladores/Monitors.....	42
Figura 37 - Registro da Anvisa[20].....	43
Figura 38 - Sistema instalado com compartilhamento do banco de dados	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - PAS e PAD para adultos segundo a OMS[42].....	13
Tabela 2 - Dimensionamento do disco rígido	27
Tabela 3 - Curvas e Parâmetros visíveis por tela	34
Tabela 4 - Acertos e Erros na conferência de estruturas de curvas.....	37
Tabela 5 - Acertos e Erros na conferência de estruturas de Parâmetros	38
Tabela 6 - Configuração Mínima do computador para o SGC.....	42
Tabela 7 - Comparativo das centrais existentes	44

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Exemplo de polinômio gerador de ordem 3	7
Equação 2 - Cálculo da saturação de oxigênio[40]	14
Equação 3 – Polinômio gerador dos bits de CRC.	21
Equação 4 - Cálculo de pontos corrompidos.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS

CAP	Capnografia
OXI	Oximetria
PI	Pressão Invasiva
PNI	Pressão não Invasiva
RESP	Respiração
ECG	Eletrocardiograma
TEMP	Temperatura
HbO ₂	Hemoglobina saturada de Oxigênio
Hb	Forma reduzida da hemoglobina
O ₂	Oxigênio
PA	Pressão Arterial
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PAM	Pressão Arterial Média
CO ₂	Dióxido de Carbono
PCO ₂	Pressão do Dióxido de Carbono
EtCO ₂	Pressão do Dióxido de Carbono ao final da expiração

LISTA DE SIGLAS

CRC	<i>Cyclic Redundancy Check</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
EMU	Software de Emulação
SVR	Software de Visualização Remota
SGC	Software de Gerenciamento de Conexões
LT10	Monitor Multiparamétrico Lifetouch10
CPU	Unidade Central de Processamento
HDTV	<i>High-Definition Television</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
IOM	<i>Institute of Medicine</i>
CPR	<i>Computer-Based Patient Record</i>
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
FC	Frequência Cardíaca
OMS	Organização Mundial de Saúde
UTI	Unidade de tratamento intensivo

LISTA DE SÍMBOLOS

s	segundos
ms	milisegundos
mm/s	milímetros por segundo
Hz	Hertz
MB	Megabytes
GB	Gigabytes
Kb	kilobytes
ksps	mil amostras por segundo
sps	una amostra por segundo
kbps	kilobytes por segundo
Mbps	Megabytes por segundo
mmHg	milímetros de mercúrio

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
1.1 Objetivo Geral	2
1.2 Objetivo Específico	2
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1 Sistemas de Monitoração Hospitalar	4
2.2 Protocolos TCP/IP	5
2.3 Métodos de Detecção de Erros em Transmissões Digitais	6
2.3.1 Verificação de Redundância Cíclica	6
2.3.2 Soma de Verificação	8
2.3.3 Verificação de Paridade	8
2.4 Banco de Dados	9
2.5 Linguagens de Programação.....	11
2.6. Parâmetros Monitorados	12
2.6.1 Pressão Não Invasiva	12
2.6.2 Pressão-Invasiva.....	13
2.6.3 Oximetria	13
2.6.4 Temperatura Corporal	15
2.6.5 Capnografia.....	15
2.6.6 Eletrocardiograma	16
2.7 Monitor Multiparamétrico Lifetouch-10	17
3. Metodologia.....	19
3.1 Estrutura de dados.....	19
3.2 Protocolo de Transmissão.....	20
3.3 Topologia de Rede	21
3.4 Estrutura de Software	22

3.4.1 Software de Emulação do LT10.....	23
3.4.2 Software de Visualização Remota	24
3.4.3 Software de Gerenciamento de Conexões	26
3.5 Validação	28
3.5.1 Software de análise das estruturas	28
3.5.2 Sistema desenvolvido para analise de dados.....	28
4.Resultados	33
4.1 Interface Desenvolvida	33
4.2 Análise da Estabilidade do Protocolo de Dados	36
4.3 Análise Temporal.....	39
4.4 Análise da latência do sistema.....	41
4.5 Análise de Fluxo de dados	41
4.6 Registro da ANVISA	43
5.Discussão.....	44
6.Conclusão	45
6.1 Trabalhos Futuros	47
Referências	48
Apêndice.....	52
Apêndice A - Diagrama de Tabelas do Banco de Dados.....	52
Apêndice B - Fluxograma do Sistema	53

1. Introdução

A medicina vem ao longo dos últimos anos buscando recurso e alternativas para informatização de seus sistemas. A necessidade de tornar monitoração de paciente mais ágil e eficaz abre caminho para a criação de soluções que integram alguns dispositivos de monitoração hospitalares com monitores multiparamétricos em um único sistema. A monitoração remota suplementa as rondas regulares e o atendimento pessoal, permite melhor previsão das necessidades dos pacientes e reduz o tempo de resposta [1].

Os benefícios trazidos pela monitoração remota foram sendo assimilados pelos hospitais a partir do final da década de noventa. Com o reconhecimento desta nova tecnologia e sua evolução ao longo dos anos, criou-se a necessidade pelos fabricantes de monitores multiparamétricos que desenvolvessem sistemas de monitoração remota para seus produtos. Grandes fabricantes como a Philips [22] e a Criticare [23] detêm os sistemas mais modernos e com maior quantidade de recursos, dentre eles a monitoração de curvas fisiológicas, parâmetros, tendência e alarmes.

A Toth Teconologia, empresa de desenvolvimento de equipamento médicos situado no parque tecnológico da PUCRS, vem através deste projeto consolidar-se como desenvolvedora de tecnologia nacional na área da saúde. Sendo ele apenas o passo inicial para o desenvolvimento de um sistema integrado entre monitores multiparamétricos e bombas de infusão. A partir de uma parceria entre a Toth Tecnologia e do Hospital São Lucas da PUCRS este projeto passará por uma etapa de validação clínica, onde será avaliado por profissionais de diversas áreas da saúde. O sistema proposto também visa atender a RDC 50/2002 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Esta norma define que o posto de enfermagem deve estar instalado de forma a permitir observação visual direta ou eletrônica dos leitos ou berços. No caso de observação visual por meio eletrônico, deverá dispor de uma central de monitores [16].

O sistema consiste na criação de dois softwares principais, baseados no protocolo transmissão TCP/IP, que possibilitarão o monitoramento de leitos em vários setores do hospital integrando-os em uma mesma rede física. O primeiro software será o servidor que irá gerenciar as conexões tanto dos monitores multiparamétricos como as conexões dos softwares de visualização (centrais). Ele será responsável pela gravação dos dados fisiológicos dos

pacientes, interface com o banco de dados e redirecionamento das conexões dos monitores para as suas devidas centrais. O segundo software será responsável pela visualização dos dados fisiológicos em tempo real, dos alarmes e a possibilidade de recuperação dos dados gravados.

O estudo para criação deste sistema servirá de base para integração futura de outros dispositivos hospitalares como bombas de infusão. Este sistema possibilita a centralização das informações de cada setor do hospital em um único ponto, auxiliando os profissionais da saúde no monitoramento dos pacientes internados. Sendo assim, a central de monitoração de leitos hospitalares vem ao encontro da necessidade de se unificar sistemas, acessar informações de forma rápida a partir de uma interface amigável e atender as demandas de mercado.

1.1 Objetivo Geral

A meta fundamental é o desenvolvimento de um sistema capaz de gerenciar e centralizar as informações dos monitores LT10 de forma robusta para auxílio dos profissionais da saúde na monitoração dos pacientes.

1.2 Objetivo Específico

O escopo do projeto consiste em:

- Gerenciar até 50 monitores em uma mesma rede física, utilizando o Protocolo TCP/IP;
- Gravar as últimas 96 horas de dados fisiológicos de cada paciente;;
- Gravar as informações de prontuário e passagem de cada paciente em um banco de dados unificado.
- Gerenciar mais de uma Central de Visualização na mesma rede física;
- Visualizar as informações de até 32 monitores simultaneamente por Central;
- Visualizar o histórico de parâmetros, curvas fisiológicas, alarmes e curvas de tendência;

- Criar uma interface amigável ao usuário;
- Possibilitar a troca dinâmica de interface entre 4, 8, 12, ou 32 leitos por tela;
- Visualizar em tempo real as doze curvas e nove parâmetros de cada monitor e seus respectivos alarmes técnicos e fisiológicos.
- Criar um método de validação da estabilidade da transferência de dados e do protocolo utilizado;
- Criar um software de emulação do monitor LT10 para auxílio no desenvolvimento e validação do software principal.

2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão apresentadas as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do sistema proposto. Serão introduzidos os conceitos sobre topologia de banco de dados, tratamento de erros na transmissão de dados, linguagem de programação e dos parâmetros monitorados pelo sistema.

2.1 Sistemas de Monitoração Hospitalar

Durante a década de 70 e início dos anos 80, os computadores faziam parte apenas da área administrativa em um hospital. Nesta época os computadores considerados de alto desempenho eram denominados de “Mainframes”. Além de serem grandes e caros eram apenas empregados no setor financeiro para o processamento de dados. Com o advento do computador pessoal e a redução de seu custo, outros setores do hospital passaram a se beneficiar dessa tecnologia, principalmente para armazenamento de dados clínicos.

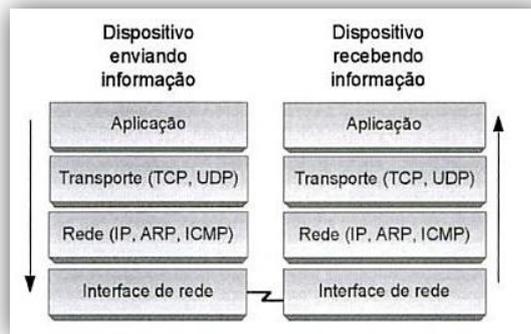
A partir do final dos anos 80 a tecnologia de rede começou a se solidificar, porém a implementação inicial das redes dentro das práticas de saúde foi relativamente tímida devido a custo da instalação de cabos, mas principalmente ao pouco entendimento dos benefícios trazidos naquela época. Apenas quando sistemas isolados começaram a necessitar de informações de outros sistemas é que começou a implementação bem sucedida de redes locais, permitindo troca de informações de pacientes, exames, contas, etc [17].

No início dos anos 90, o Instituto de Medicina dos Estados Unidos da América publicou um relatório intitulado “*The Computer-Based Patient Record: An Essential Technology for Health Care*”[32], direcionando a atenção da comunidade internacional de medicina aos inúmeros problemas causados pelo fato da base de dados ser em papel, recomendando a base de dados eletrônica ou “*Computer-Based Patient Record*” (CPR). Esta visão inovadora oferecia muito mais do que a versão eletrônica dos papéis existentes. As ferramentas desenvolvidas a partir do CPR proporcionavam uma assistência no cuidado com o paciente, com lembretes, alertas, decisões clínicas e diagnósticos anteriores [31].

2.2 Protocolos TCP/IP

O modelo TCP/IP é provavelmente o protocolo de transporte mais antigo. É a base para as comunicações de internet e atualmente é o protocolo de camadas de rede mais utilizado. Como se trata de um protocolo para transferência de arquivos, grandes arquivos de dados podem ser transmitidos através de redes não muito confiáveis, com alta probabilidade de que os dados cheguem do outro lado livres de erros. Na Figura 1 temos o modelo de camadas do protocolo TCP/IP [12].

Figura 1 - As quatro camadas utilizadas pelo protocolo TCP/IP.



Fonte: Bolzani (2004).

Interface de Rede: Também chamada de camada de abstração de hardware, permite o transporte de dados pela rede ethernet [10].

Rede (IP): É responsável pelo endereçamento de rede. O IP é utilizado para pacotes de endereçamento e especificará o endereço de origem e o endereço de destino dos pacotes de dados [11].

Transporte: É responsável por verificar erros e o controle do fluxo de dados. Nesta Camada, dois protocolos são utilizados para a transmissão de dados: *Transmission Control Protocol* (TCP) e o *User Datagram Protocol* (UDP) [11]. O protocolo TCP é orientado a conexão o que prove um maior controle de fluxo e de nominado *three handshake*. O UDP é

um protocolo menos sofisticado no controle de erro e não requer confirmação de recebimento do pacote, o que torna um protocolo mais rápido [13].

Aplicação: Aqui se incluem as aplicações, os programas. No sistema proposto, esta camada será representada pelo software de visualização, ou seja, a aplicação final de interface com o usuário [10].

2.3 Métodos de Detecção de Erros em Transmissões Digitais

Existem três métodos a serem considerados no tratamento de dados transmitidos serialmente: verificação de redundância cíclica, soma de verificação e verificação de paridade. É importante salientar que o aumento da confiabilidade na implementação destas técnicas tem como contrapartida uma maior necessidade de processamento do sistema.

2.3.1 Verificação de Redundância Cíclica

A verificação de redundância cíclica, ou CRC, é uma técnica poderosa para a detecção de erros em transmissão de dados digitais, mas é importante salientar que o método não prevê correções quando erros são detectados. No método de CRC, um determinado número de bits de verificação, muitas vezes chamado de *bits de CRC*, são anexados à mensagem a ser transmitida. O receptor pode determinar se os bits de verificação estão de acordo com os dados. Com um determinado grau de probabilidade é possível detectar se ocorreu um erro transmissão. A técnica é também por vezes aplicada aos dispositivos de armazenamento de dados, tais como uma unidade de disco rígido. Nesta situação, cada bloco no disco teria bits de verificação, e o hardware pode iniciar automaticamente uma releitura do bloco quando um erro é detectado [27] [26].

O CRC é baseado na aritmética polinomial, em particular, sobre o cálculo do resto da divisão de um polinômio por outro. Para o cálculo dos bits de CRC é necessário primeiramente escolher um polinômio gerador (Equação 1) representado por sua notação binária em 1011. A partir deste ponto são adicionados zeros ao final da mensagem (Figura 3) da ordem do polinômio. Uma operação bit a bit denominada de “ou exclusivo” ou “XOR” é

feita, onde o resultado é rotacionado de um bit e o cálculo é refeito até o resto da divisão possuir um número de zeros a esquerda igual ao tamanho da mensagem original (Figura 2). Os bits à direita serão os bits de CRC a serem enviados ao final da mensagem e decodificados pelo receptor.

Figura 2 - Mensagem enviada para o receptor

MSG = 11010011101100

Fonte: Tanenbaum (2003).

Equação 1 – Exemplo de polinômio gerador de ordem 3

$$CRC_4(x) = x^3 + x^1 + x^0$$

Fonte: O autor (2011).

Figura 3 - Cálculo dos bits de CRC para um polinômio de terceira ordem

```

11010011101100 000 <--- Mensagem rotacionada de 3 bits
1011              <--- divisor
01100011101100 000 <--- resultado
 1011            <--- divisor ...
00111011101100 000
  1011
00010111101100 000
  1011
00000001101100 000
   1011
00000000110100 000
   1011
00000000011000 000
   1011
00000000001110 000
   1011
00000000000101 000
   101 1
-----
00000000000000 100 <---bits de CRC (3 bits)

```

Fonte: Tanenbaum (2003).

Alguns polinômios se tornaram padrões internacionais (Figura 4). O padrão empregado pelo modelo Ethernet (IEEE 802.3) é CRC -32.

Figura 4 - Polinômios Geradores

$$\begin{aligned} CRC-12 &= X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X + 1 \\ CRC-16 &= X^{16} + X^{15} + X^2 + 1 \\ CRC-CCITT &= X^{16} + X^{12} + X^5 + 1 \\ CRC-32 &= X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1 \end{aligned}$$

Fonte: Tanenbaum (2003).

O CRC é um dos meios de verificação de erros mais robusto existente para verificação serial de dados transmitidos. Ele contempla todos os erros de 1bit, todos os erros de dois bits se o polinômio possuir pelo menos três termos em um bit, qualquer número ímpar de erros se o polinômio for fatorável por $(x+1)$ e qualquer erro sequencial de até n bits onde n é igual à ordem do polinômio.

2.3.2 Soma de Verificação

Na soma de verificação, ou *checksum*, os bits da mensagem são somados um a um e o valor resultante é adicionado como bits de detecção de erros. Porém esta técnica não contempla a troca de ordem dos bits da mensagem devido à propriedade comutativa da soma.

2.3.3 Verificação de Paridade

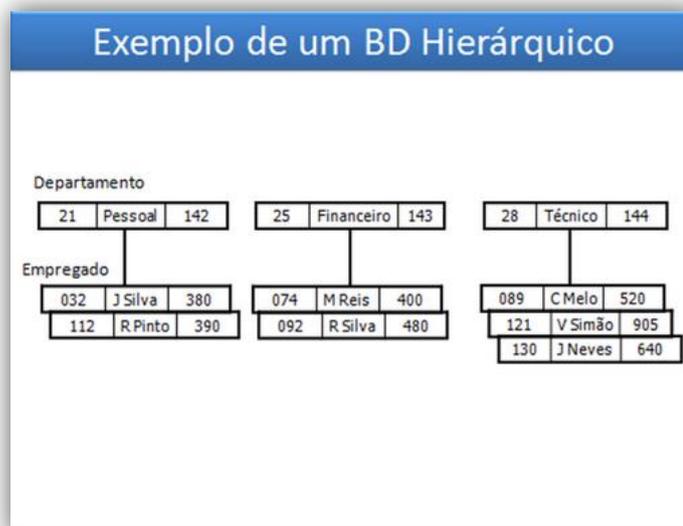
Uma das maneiras mais simples de detecção de erros de comunicação é a verificação de um bit de paridade. Este bit pode ser de paridade par se houver números pares de números um na mensagem enviada ou pode ser ímpar se houver números ímpares de bit um na mensagem. Porém, esta técnica detecta apenas erros de um e três bits, ou seja, não detecta erros pares, tornando esta verificação muito vulnerável.

2.4 Banco de Dados

O primeiro Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) comercial surgiu no final de 1960 com base nos primitivos sistemas de arquivos disponíveis na época, os quais não controlavam o acesso concorrente por vários usuários ou processos. Os SGBDs evoluíram desses sistemas de arquivos de armazenamento em disco, criando novas estruturas de dados com o objetivo de armazenar informações. Com o tempo, os SGBDs passaram a utilizar diferentes formas de representação, ou modelos de dados, para descrever a estrutura das informações contidas em seus bancos de dados. Atualmente, os seguintes modelos de dados são normalmente utilizados pelos SGBDs: modelo hierárquico, modelo em redes e o modelo relacional (amplamente usado) [33].

Modelo Hierárquico: O modelo hierárquico foi o primeiro a ser reconhecido como um modelo de dados. Nesse modelo de dados, os dados são estruturados em hierarquias ou árvores. Um exemplo deste modelo pode ser representado através da estrutura de departamentos de uma empresa (Figura 5), onde os registros do funcionário Silva só podem ser acessado pelo departamento pessoal e o funcionário Pinto só pode ser acessado pelo funcionário Silva.

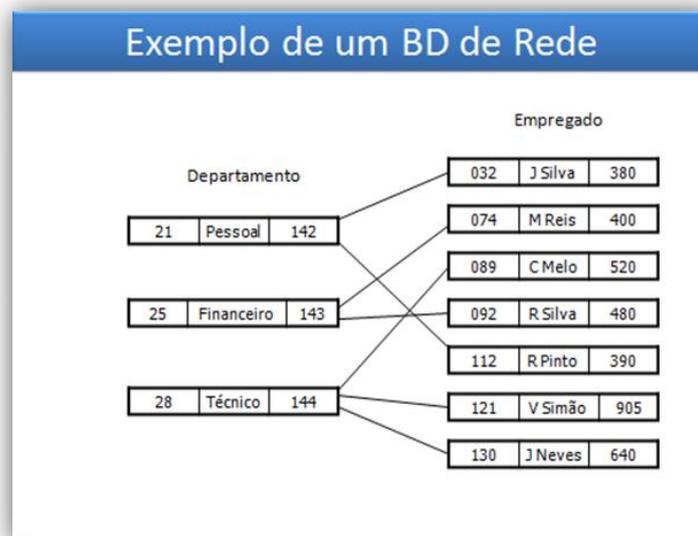
Figura 5 – Topologia de um banco de dados hierárquico



Fonte: <http://e-reality-database.blogspot.com/>

Modelo em Rede: O modelo em redes surgiu como uma extensão ao modelo hierárquico, eliminando o conceito de hierarquia e permitindo que um mesmo registro estivesse envolvido em várias associações . Um exemplo deste modelo pode ser representado através da estrutura de departamentos de uma empresa (Figura 6), onde o departamento pessoal pode acessar ambos os registros dos funcionários Pinto e Silva.

Figura 6 - Topologia de um banco de dados em rede



Fonte: <http://e-reality-database.blogspot.com/>

Modelo Relacional: O modelo relacional tem sua estrutura baseada em registros relacionados e organizados em tabelas, essa relação torna os registros integrados [14]. Cada registro da tabela representa um campo. Cada tabela contém uma chave primária que é o campo no qual o seu valor não se repete evitando que a tabela possua registros duplicados. Para criar vínculos entre as tabelas são utilizadas chaves estrangeiras. Um exemplo deste modelo pode ser representado através da estrutura de departamentos de uma empresa (Figura 7), onde os funcionários cadastrados de uma empresa obrigatoriamente pertencem a um departamento e este campo por sua vez é a chave primária da tabela de departamentos e não se repete, assim como o campo número do empregado é a chave primária da tabela de empregados.

Figura 7 – Topologia de um banco de dados relacional

Exemplo de um BD Relacional

Empregado

NumEmp	NomeEmp	Salário	Dept
032	J Silva	380	21
074	M Reis	400	25
089	C Melo	520	28
092	R Silva	480	25
112	R Pinto	390	21
121	V Simão	905	28
130	J Neves	640	28

Departamento

NumDept	NomeDept	Ramal
21	Pessoal	142
25	Financeiro	143
28	Técnico	144

Fonte: <http://e-reality-database.blogspot.com/>

2.5 Linguagens de Programação

Um programa é uma sequência de instruções que podem ser executadas por um computador. Cada programa poderá ser escrito em uma linguagem de programação diferente.

A Linguagem C vem evoluindo desde sua criação, em 1972, e vinha sendo constantemente alterada até a criação do padrão ANSI C em 1983[8]. Com a popularização da linguagem C e como alternativa para a criação de grandes sistemas foi desenvolvida a linguagem C orientada a objeto, também chamada de C++ [9]. Ela se tornou uma das mais poderosas linguagens atualmente disponíveis, fornecendo ao programador o poder de escrever programas orientados a objetos eficientes e estruturados [7].

Depois de escrito o programa em C++ faz-se necessário a utilização de um compilador que transformará a linguagem de programa em uma linguagem de máquina, a qual será interpretada pelo computador.

2.6. Parâmetros Monitorados

Os parâmetros monitorados pelo sistema proposto são de extreme importância para análise do estado clínico do paciente. Eles são adquiridos pelo monitor Lifetouch-10 através de módulos e transmitidos pela rede ethernet para visualização remota.

2.6.1 Pressão Não Invasiva

A monitoração não invasiva da pressão arterial, seja pelo método de ausculta ou pelo sistema automatizado, é um dos procedimentos mais empregados na prática hospitalar para avaliação do estado hemodinâmico do paciente [41]. O método de ausculta, por ser mais simples, muito conhecido e dispensar a utilização de aparelhos eletrônicos, é normalmente o mais utilizado [42].

Com a medida da pressão arterial (PA) são obtidos os valores de pressão sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM). No ciclo cardíaco, PAD é o valor de pressão durante o enchimento das câmaras cardíacas, como o volume de sangue e a PAS é o bombeamento do sangue das câmaras cardíacas.

Os limites normais de PA para adultos, segundo classificação da Organização Mundial de Saúde, de 1959, estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - PAS e PAD para adultos segundo a OMS.

	Valores limitrofes	Valores patológicos
Pressão sistólica	≤ 140 mm Hg	≥ 160 mm Hg
Pressão diastólica	≤ 90 mm Hg	≥ 95 mm Hg

Fonte: Organização Mundial de Saúde (1959).

2.6.2 Pressão-Invasiva

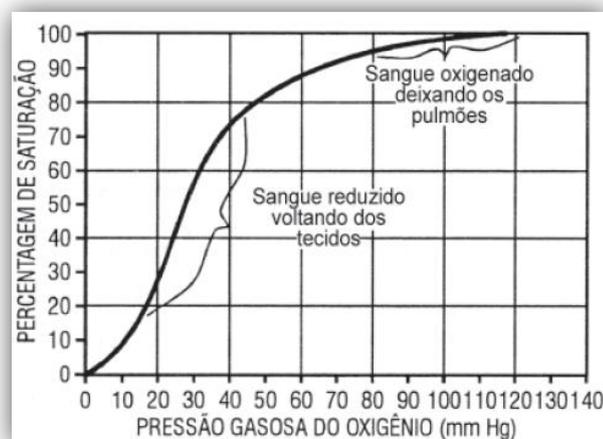
A possibilidade da utilização de métodos invasivos para a determinação de parâmetros hemodinâmicos ampliou em alto grau os recursos a disposição dos médicos, principalmente na área de anestesiologia. A medida não invasiva da PA pode subestimar em até 40 mmHg o real valor da PA invasiva em doentes críticos [43].

Utilizando este método é possível medir além das pressões sistólica, diastólica e média com precisão, o valor de pressão venosa central (PVC), a frequência cardíaca e a pressão de oclusão pulmonar (POAP).

2.6.3 Oximetria

A oximetria de pulso fornece informações clínicas relevante sobre a saturação de oxigênio carregado pelas hemoglobinas presentes no sangue arterial. Durante as trocas gasosas no pulmão (hematose) considerando a pressão do oxigênio de 100mmHg, 98% do oxigênio no sangue se ligará à hemoglobina dando origem a Oxi-Hemoglobina (HbO_2) e 2% serão dissolvido na corrente sanguínea (Figura 8). Pacientes com valores abaixo de 95% de saturação têm problemas respiratório ou cardíaco [39].

Figura 8 - Curva de dissociação da hemoglobina



Fonte: Souza (2006).

O princípio de funcionamento do oxímetro baseia-se na medição da hemoglobina saturada e da hemoglobina na forma reduzida, (Equação 2).

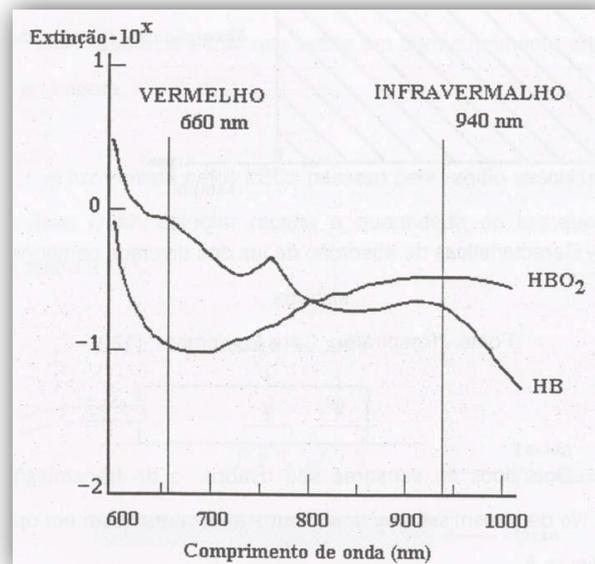
Equação 2 - Cálculo da saturação de oxigênio[40]

$$SpO_2[\%] = \frac{HbO_2}{HbO_2 + HbO} \times 100$$

Fonte: Paz (1996).

Para medição das respectivas hemoglobinas é utilizada a técnica da espectrometria, onde hemoglobina saturada e a hemoglobina reduzida têm diferentes características de absorção nos comprimentos de onda da luz vermelha e luz infravermelha, como é mostrado na Figura 9. Estas variações de luz absorvidas têm uma forma de onda características que é chamada de forma de onda pletismográfica [38]. O pletismograma também pode nos informar a frequência cardíaca do paciente.

Figura 9 - Curvas de absorção da HbO₂ e da Hb[40]



Fonte: Spranger (2004).

A medição da saturação de oxigênio no sangue (SpO_2) é importante pois o ser humano é muito sensível a privação do oxigênio. Este baixo teor de oxigênio no sangue pode levar o paciente a desenvolver hipoxemia, podendo causar desde paralisia muscular e edema pulmonar até o óbito do paciente [36].

2.6.4 Temperatura Corporal

Os seres humanos são homeotérmicos, ou seja, devem manter sua temperatura corporal em torno de 37 °C. Devido ao ciclo circadiano essa temperatura pode ser mais baixa pela manhã e um pouco mais elevada à tarde. Para a manutenção da temperatura corporal, o hipotálamo, centro de regulação da temperatura corporal, atua em resposta ao frio e ao calor [37].

Resposta ao Frio: A vasoconstrição reduz o fluxo de sangue na periferia, reduzindo a perda de calor. O aumento do metabolismo ajuda na produção de calor. Calafrios e constrições dos pelos corporais.

Resposta ao calor: Diminui a vasoconstrição e a taxa metabólica. Ocorre o estímulo a sudorese.

Ações comportamentais também são tomadas para a manutenção da temperatura corporal. Porém existem ocasiões em que ocorre a alteração da temperatura ultrapassando os 38°C, denominada de hipertermia ou mantendo abaixo de 35°C, denominada de hipotermia. A febre ocorre quando a fonte da hipertermia se deve a fatores corporais internos, como a invasão do organismo por bactérias ou vírus. Os limites letais para a temperatura corporal oscilam entre 22°C e 42°C. Geralmente a hipotermia é menos tolerada que a hipertermia [37].

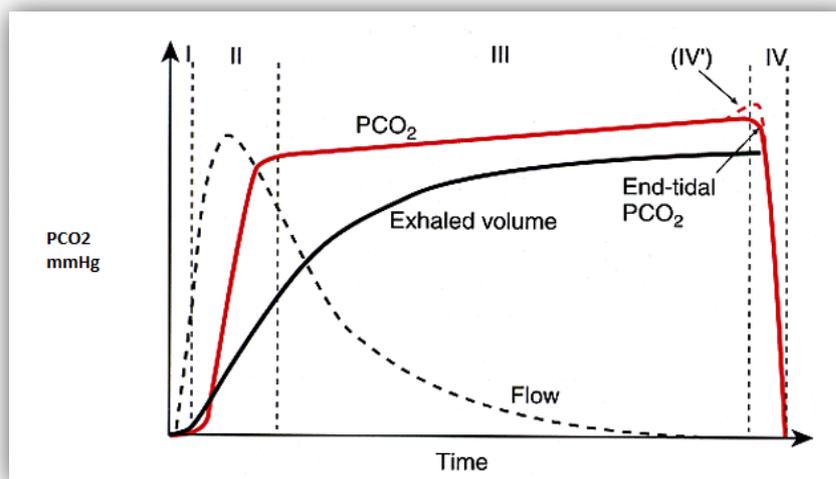
2.6.5 Capnografia

O capnógrafo monitora o dióxido de carbono expirado. O CO_2 produzido durante o metabolismo celular é transportado pelo sistema venoso e no pulmão difunde-se nos alvéolos. Dos alvéolos, este gás é finalmente eliminado com a mistura exalada. A eliminação deste gás

para o ambiente depende da eficácia da ventilação. Assim, a medida do CO_2 ao final da expiração (EtCO_2) permite a monitorização contínua e não invasiva do gás alveolar [45]. É considerado norma um valor de leitura da pressão de CO_2 um valor entre 35 e 45 mmHg.

A Figura 10 representa a curva da pressão de CO_2 durante a respiração. A fase I é o gás CO_2 contido no espaço morto da cânula. A fase II representa o esvaziamento das vias aéreas e o início de esvaziamento de alvéolos. Durante a fase III ocorre o plato alveolar durante o esvaziamento dos alvéolos e continuando durante a pausa da expiração. A fase IV' representa a melhor aproximação do CO_2 alveolar. Durante a fase IV ocorre o início da inspiração do ar renovado [46].

Figura 10 - Curva da pressão de CO_2 .

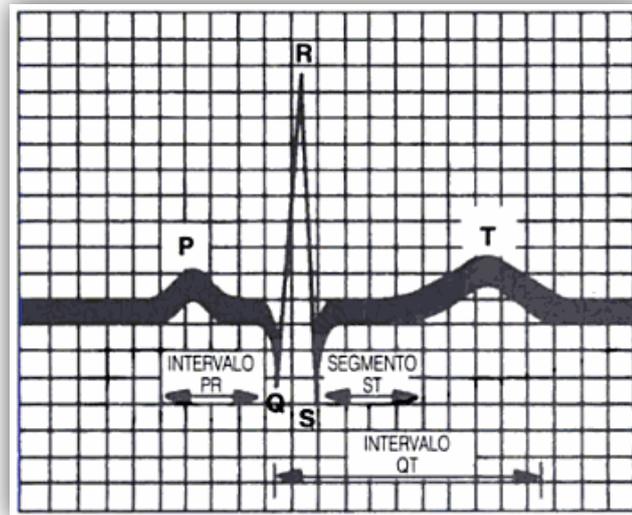


Fonte: Moon (1995).

2.6.6 Eletrocardiograma

O eletrocardiograma (ECG) é o registro da atividade elétrica do coração a partir de eletrodos colocados sobre do corpo do paciente. Durante o ciclo cardíaco, a atividade elétrica caracteriza-se por cinco fases (ondas ou deflexões) diferentes. Essas ondas são registradas pelo ECG e designadas pelas letras P,Q,R,S e T. Em um ciclo normal, o padrão elétrico é composto por uma onda P, pelo complexo QRS e pela onda T normais, assim como os intervalos PR e QT e pelo segmento ST (Figura 11) [34].

Figura 11 - Ciclo de um eletrocardiograma normal



Fonte: Gonçalves (1995).

O impulso elétrico gerado pelo coração cria uma corrente elétrica que se espalha por diferentes direções do corpo humano. Para se obter uma visão do conjunto da atividade elétrica cardíaca, é necessário registrar esse fluxo em diferentes planos do corpo humano. O registro das ondas cardíacas em diferentes pontos constitui as doze derivações do ECG, seis periféricas e seis precordiais [34].

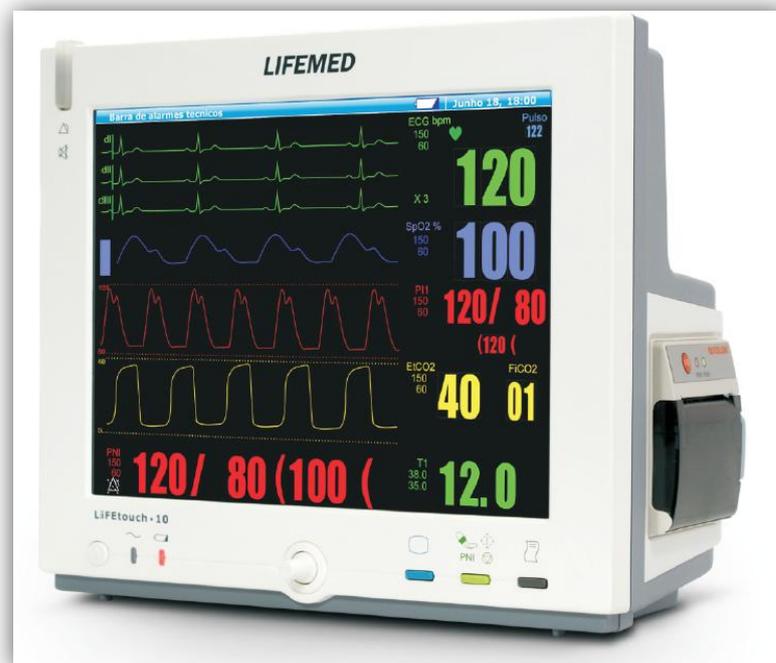
A frequência cardíaca (FC) é a quantidade de contrações ou batimentos cardíacos por minuto. Ela é determinada pela despolarização ventricular, portanto pelo complexo QRS registrado no ECG. Uma pessoa em descanso possui entre 60 e 80 batidas por minuto, já em exercício esse número pode chegar a 200 batidas por minuto [35]. A partir do ECG é possível detectar arritmias cardíacas, ou seja, distúrbios na condução e propagação dos impulsos elétricos cardíacos.

2.7 Monitor Multiparamétrico Lifetouch-10

O monitor de sinais vitais, Lifetouch-10 (Figura 12), foi desenvolvido para atender as diversas necessidades de hospitais (UTI, centro cirúrgico, sala de recuperação, emergência, transporte), e sistemas de resgate (ambulância e helicópteros) com aplicação de monitorização

em pacientes adultos, pediátricos e neonatal. O monitor é um equipamento eletrônico, que através de medição sinais vitais do paciente auxilia o profissional da saúde a prestar cuidados básicos e avançados ao paciente. Os parâmetros monitorados pela série de monitores LT10 são: sete derivações de ECG, frequência cardíaca, frequência respiratória por bioimpedância torácica, pressão arterial pelo método não invasivo (pressões sistólica, diastólica e média), saturação de oxigênio arterial funcional (SpO2), 2 canais de temperatura corporal, capnografia (dióxido de carbono expirado no fim da expiração - EtCO2) e 2 canais de pressão arterial invasiva [47] .

Figura 12 - Monitor multiparamétrico Lifetouch-10, produzido pela LIFEMED



Fonte: LIFEMED (2000).

O LT10 possui uma impressora para as derivações de ECG e valores de tendência, uma saída de vídeo auxiliar na resolução de 640 x 480 pixels, uma saída de sincronismo do ECG, uma tela de operação por toque e uma porta ethernet para comunicação com sistemas remotos.

3. Metodologia

Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento do sistema proposto a partir dos objetivos traçados nesta dissertação.

3.1 Estrutura de dados

Os parâmetros monitorados através do SVR foram classificados conforme seus módulos de origem (ECG,PI,CAP...) , de cada um destes parâmetros derivou três estruturas dentro do protocolo de transmissão desenvolvido. A primeira estrutura se refere aos valores fisiológicos mensurados pelos transdutores.

Figura 13 - Estrutura do módulo de ECG

```

//parametros
typedef struct{
    unsigned short Impedancia;
    unsigned short Bpm;
    union {
        unsigned char BYTE;
        struct {
            unsigned char :1;
            unsigned char Assistolia:1;
            unsigned char MPDetect:1;
            unsigned char Beep:1;
            unsigned char :2;
            unsigned char EletrodoSolto:1;
        }BIT;
    }Status;
    unsigned char Arritmia;
    _ParametrosECG;
}

//configurações
typedef struct{
    unsigned char Derivacao1;
    unsigned char Derivacao2;
    unsigned char Derivacao3;
    unsigned char Sensibilidade1;
    unsigned char Sensibilidade2;
    unsigned char Sensibilidade3;
    unsigned char Filtro;
    unsigned char DetectMarcapasso;
    unsigned char Resposta;
    unsigned char MarcadorQRS;
    unsigned char FonteTomQRS;
    unsigned char PulsoSpO2;
    unsigned char Velocidade;
    unsigned short BpmMax;
    unsigned short BpmMin;
    //unsigned char TempoSuspende;
    unsigned char NumErroECG;
    union {
        unsigned char BYTE;
        struct {
            unsigned char :5;
            unsigned char Silencia:1;
            unsigned char Inibe:1;
            unsigned char Suspende:1;
        }BIT;
    }StatusAlarme;
}

```

Fonte: O Autor (2011).

A segunda refere-se às curvas fisiológicas de cada módulo e por último a estrutura contendo os valores de configuração de cada módulo, conforme Figura 13. Além dos módulos, as estruturas contemplam os dados de configuração e status do monitor LT10, ou seja, valores de configuração de hardware, informações de data e hora, carga da bateria, etc.

Com essas informações é possível replicar fielmente os parâmetros de cada paciente que estiver conectado ao SVR através de um monitor LT10.

3.2 Protocolo de Transmissão

Todas as estruturas são compostas de quatro campos principais (Figura 14). O primeiro campo contém o comando, pelo qual ocorre o gatilho do algoritmo, o segundo campo informa o tamanho do pacote de dados. A partir da informação inicial dos dois primeiros campos é calculado o 1 bit de CRC com cada byte do pacote de dados da estrutura e 1 bit de Soma de verificação. O resultado deste cálculo é comparado aos dois bytes finais da estrutura, que só então passa a ser considerada uma estrutura válida. Caso ocorra a falha na verificação, existem três possíveis ações: retransmissão do dado, correção do erro ou descarte do dado.

Figura 14 - Estrutura Genérica de Dados

1 Byte Comando	1 Byte Tamanho	1 - 250 Bytes Dados	2 Bytes CRC
-------------------	-------------------	------------------------	----------------

Fonte: O autor (2011).

Os bits que formam o CRC são calculados a partir de um polinômio gerador de 8bits descrito na . Este polinômio foi desenvolvido pela Dallas/Maxim para implementação em protocolos “1-Wire Bus”[30]. Com este polinômio de oitavo grau foi possível agregar confiabilidade ao protocolo aumentando a probabilidade de detecção de erros.

Equação 3 – Polinômio gerador dos bits de CRC.

$$CRC_8(x) = x^8 + x^5 + x^4 + x^0$$

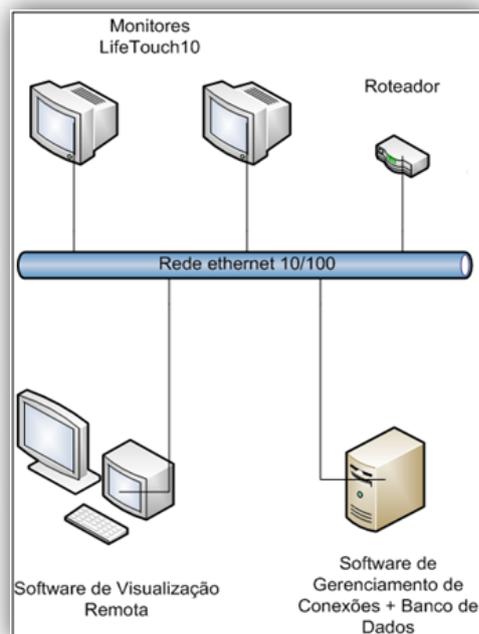
Fonte: Dallas/Maxim (2003).

Nenhum esquema de detecção de erro é perfeito, porque os erros de transmissão podem afetar as informações adicionais (bits de CRC) e os dados. Uma verificação de redundância cíclica, que é ligeiramente mais difícil de calcular, pode detectar mais erros do que uma paridade ou um mecanismo de Soma de verificação.

3.3 Topologia de Rede

O sistema foi projetado para funcionar em uma rede segmentada, seja ela em um roteador ou uma Virtual LAN (*Local Area Network*), ambos devem ser dedicados. A rede interliga os monitores LT10, os SVR e o SGC (Figura 15) utilizando o protocolo TCP/IP transmitindo dados à velocidade de 100 Mbps, a qual é limitada pela implementação ethernet nos monitores LT10. Cada monitor utiliza no máximo 0,08% da banda ethernet, ou seja, uma rede de 100 Mbps comporta o sistema desenvolvido que em seu limite de operação utiliza menos da metade da banda.

Figura 15 - Topologia da rede do sistema proposto



Fonte: O Autor (2011).

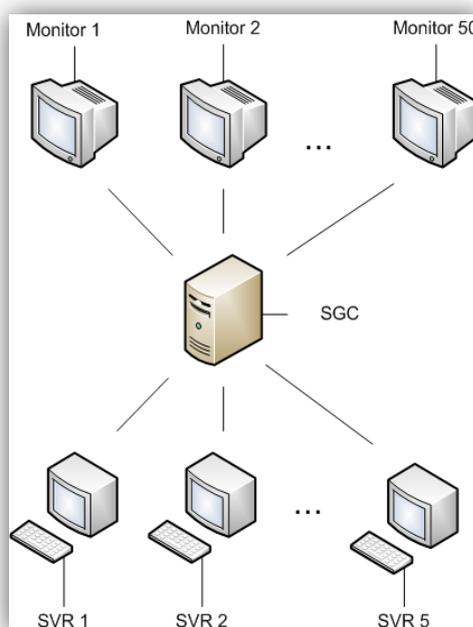
A Principal função do roteador é atribuir um endereço IP dinamicamente para os dispositivos possam se comunicar via TCP/IP. Para gerenciar a rede foi utilizado um roteador comercial (Linksys WRT120N) com velocidade de 150 Mbps. Ele possui quatro portas LAN utilizadas para conexão por cabo com o SGC, o SVR e dois monitores, o sistema também foi testado em uma VLAN configurada em um switch para aumentar a capacidade física da rede. Os demais monitores foram emulados por software e executados em um computador isolado que foi conectado à rede física.

O fluxograma de interação entre os monitores, o SGC, SVR e o usuário encontra-se no apêndice B desta dissertação.

3.4 Estrutura de Software

O sistema consiste basicamente na comunicação dos monitores LT10 via ethernet com o Software de Gerenciamento de Conexões (SGC) e este por sua redireciona as conexões de cada monitor para o seu respectivo Software de Visualização Remota (SVR) (Figura 16).

Figura 16 - Topologia do fluxo de dados e limite físico do sistema



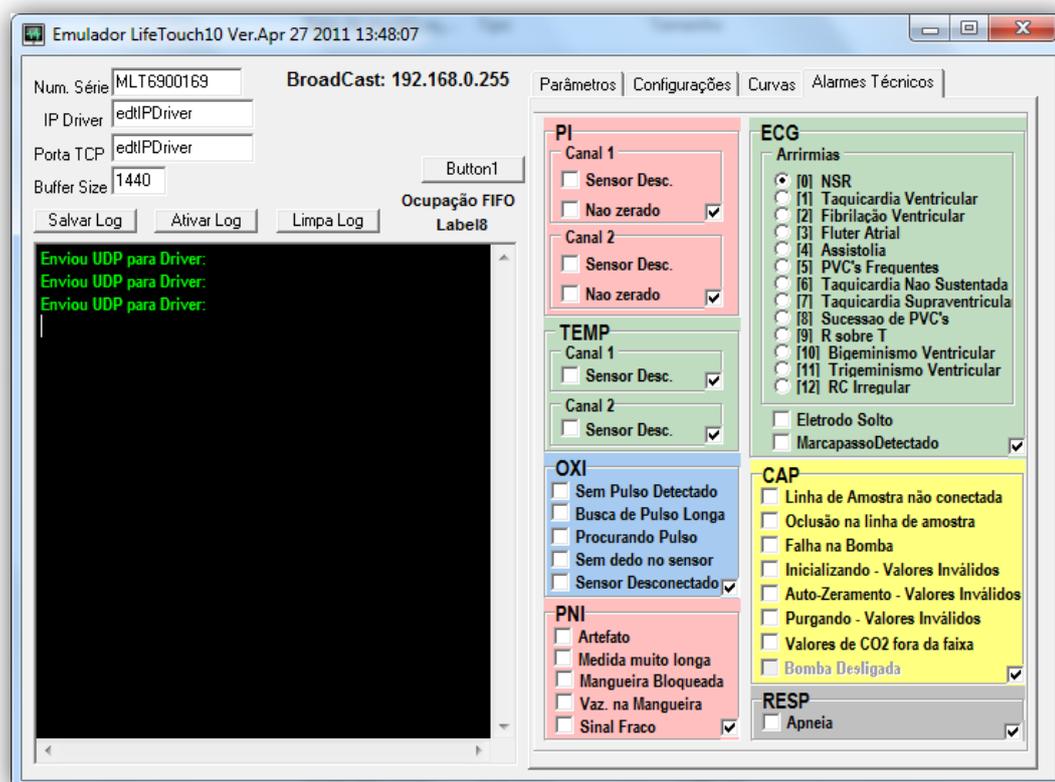
Fonte: O Autor (2011).

O SGC é capaz de gerenciar até cinquenta monitores conectados na rede por cabo e redirecionar suas conexões para até cinco SVR diferentes.

3.4.1 Software de Emulação do LT10

Ao decorrer do desenvolvimento do sistema foi necessária a criação de um software de emulação (EMU) para os monitores LT10, Figura 17. Sua principal finalidade foi suprir a falta de recurso físico devido à inviabilidade da obtenção de 50 monitores LT10 para o desenvolvimento e a validação do sistema.

Figura 17 - Software de Emulação (EMU), baseado no monitor multiparmétrico Lifetouch 10.



Fonte: O Autor (2011).

O EMU foi projetado para emular fielmente a requisição de conexão que o monitor LT10 faz ao SGC e replicar o envio do protocolo de dados em sua taxa máxima, aproximadamente 79kbps, ou seja, aproximadamente 0,08% do comprimento banda de uma rede 100Mbps. A partir deste software foi possível simular o fluxo de dados e o gerenciamento das conexões dos 50 monitores simultaneamente conectados em uma rede ethernet, os quais consumiram aproximadamente 4% do comprimento banda.

Como resultado foi possível identificar os gargalos de processamento tanto do SVR como SGC, avaliar a estabilidade do sistema e desenvolver um protocolo de validação que contivesse por completo o escopo do projeto.

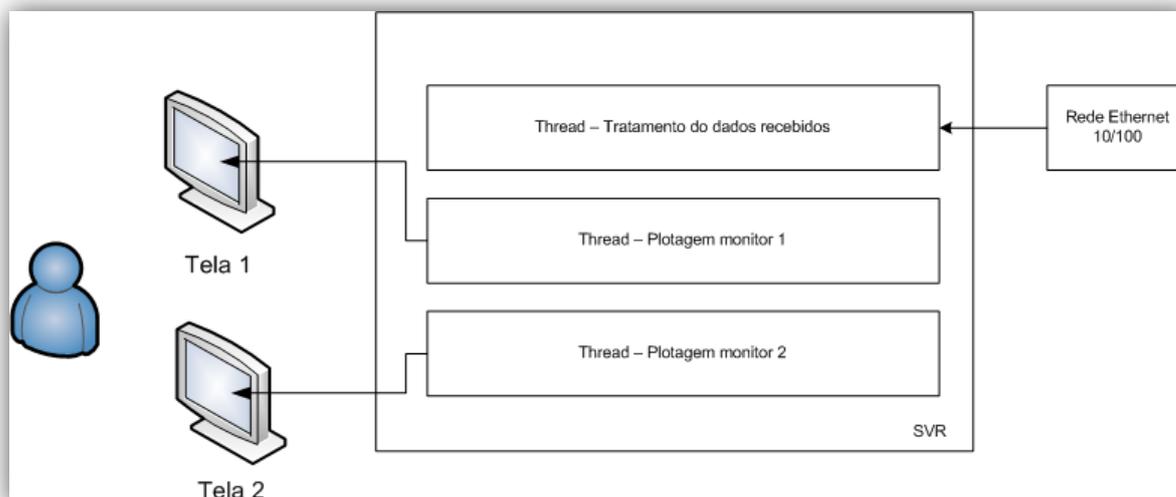
3.4.2 Software de Visualização Remota

O SVR foi capaz de reproduzir até 32 leitos monitorados com LT10 em dois monitores de resolução 1920x1080 pixels (HDTV). Cada leito reproduziu de forma fiel os dados provenientes dos monitores LT10 cadastrados no SGC, sendo eles 12 curvas fisiológicas, 8 parâmetros e algumas configurações gerais como *status* de bateria. As duas telas foram capazes de alternar a interface dependendo do número de leitos monitorados, também foi possível alterar a configuração de interfaces de 4, 8, 12 ou 16 leitos por tela.

O programa foi desenvolvido a partir da linguagem de programação orientada a objeto denominada C++. Ela possibilita que software seja estruturado através de classes, viabilizando o desenvolvimento de sistemas em tempo real que necessitam de grande interação multimídia. Foram criadas três classes principais, a primeira contida no top da hierarquia foi a classe de leitos que por sua vez possui variáveis pertencentes a classes de curvas e parâmetros.

A plotagem de cada tela ocorreu em uma *thread* separada, assim como o processamento de identificação das estruturas de cada monitor (Figura 18). A programação com múltiplas *threads* permitiu que um processo execute tarefas em paralelo, onde cada tarefa recebeu sua própria *thread* de controle. Um dos benefícios do *multithreading* é o potencial aumento de desempenho, porém é necessário a utilização de recursos adicionais como semáforos para compartilhamento de uma região de memória por mais de uma *thread* [19].

Figura 18 - Estrutura de thread so SVR.



Fonte: O Autor (2011).

A plotagem das curvas poderá ser feita em quatro velocidades diferentes, 50 mm/s, 25 mm/s, 12,5mm/s e 6,25mm/s, para isso foi necessário a criação de quatro curvas de sincronismo para cada velocidade. Cada vez em que a curva de um leito é alternada ocorre o sincronismo desta curva com as curvas dos demais leitos.

O SVR tem dois tipos de alarmes, os técnicos e os fisiológicos, ambos são gravados em arquivos de registro contendo a data e hora de início e fim de cada alarme e são armazenados por até 96 horas. Foram criadas três abas: histórico de curvas fisiológicas, curvas de tendência dos parâmetros, tabela de tendência e histórico de alarmes.

O visualizador do histórico de curvas foi desenvolvido utilizando as bibliotecas gráficas da placa de vídeo (OpenGL) o que reduziu o processamento da CPU e agregou mais recursos visuais na manipulação dos dados. O OpenGL é uma especificação aberta e multiplataforma de uma biblioteca de rotinas gráficas e de modelagem, ou API (*Application Programming Interface*), utilizada para o desenvolvimento de aplicações de computação gráfica, tais como jogos e sistemas de visualização. O OpenGL é extremamente eficiente, uma vez que muitos dos seus algoritmos são implementados em hardware nas placas gráficas mais modernas. Os programas são escritos em uma linguagem de programação, como C/C++, e fazem chamadas às rotinas da biblioteca [18].

3.4.3 Software de Gerenciamento de Conexões

O SGC tem como principais funções: identificar os monitores na rede através do protocolo UDP, estabelecer uma conexão TCP abrindo uma porta específica para cada monitor, identificar através do banco de dados em qual SVR este monitor está cadastrado e conseqüentemente redirecionar os dados para este SVR. Se houver um paciente vinculado a este monitor, o SCG também tem a função de gravar os dados em arquivos de 10 minutos e disponibilizar o link do arquivo no banco de dados, para que este fique disponível para ser acessado no SVR.

O Software foi dividido em quatro áreas de processamento, ou seja, existe o processamento em três *threads*: no recebimento de dados dos monitores, no envio dos dados para os SVR e na gravação dos arquivos para a visualização posterior (Figura 19). O programa principal ficará responsável pela quarta área, onde ocorre o gerenciamento das conexões tanto dos monitores como dos SVR. O fluxo de dados entre as *threads* foi construído a partir de filas controladas por semáforos.

Figura 19 - Estrutura de threads SGC



Fonte: O Autor (2011).

O início da gravação dos arquivos ocorre a partir da criação de um vínculo do monitor LT10 com um número de prontuário, ou seja, com cadastrado do paciente no SVRO. Banco de dados gerenciado pelo SGC foi dimensionado para a gravação das últimas 96 horas de informações de cada paciente monitorados. De acordo com a Tabela 2, um monitor LT10 gera 5MB em 10 minutos de gravação, sendo assim, de acordo com a linha circula em vermelho em 96 horas de monitoração considerando 32 monitores o fluxo de dados armazenados será de 90GB.

Tabela 2 - Dimensionamento do disco rígido

	Dias	Horas	1 Monitor					32 Monitores				
			minutos	Arquivos	MB	GB	TB	Comp em GB	Arquivos	MB	GB	TB
		10	1	5	0	0	0	32	160	0	0	0
	1	60	6	30	0	0	0	192	960	1	0	0
1	24	1440	144	720	1	0	0	4608	23040	23	0	2
2	48	2880	288	1440	1	0	0	9216	46080	45	0	5
3	72	4320	432	2160	2	0	0	13824	69120	68	0	7
4	96	5760	576	2880	3	0	0	18432	92160	90	0	9
5	120	7200	720	3600	4	0	0	23040	115200	113	0	11
6	144	8640	864	4320	4	0	0	27648	138240	135	0	14
7	168	10080	1008	5040	5	0	0	32256	161280	158	0	16
8	192	11520	1152	5760	6	0	1	36864	184320	180	0	18
9	216	12960	1296	6480	6	0	1	41472	207360	203	0	20
10	240	14400	1440	7200	7	0	1	46080	230400	225	0	23
11	264	15840	1584	7920	8	0	1	50688	253440	248	0	25
12	288	17280	1728	8640	8	0	1	55296	276480	270	0	27
13	312	18720	1872	9360	9	0	1	59904	299520	293	0	29
14	336	20160	2016	10080	10	0	1	64512	322560	315	0	32

Fonte: O Autor (2011).

A estrutura de dados criada para o armazenamento no banco foi baseada no modelo relacional, o qual possui a correlação estrutural necessária para a construção das tabelas. As sete tabelas desenvolvidas estão vinculadas entre si através de chaves primárias e chaves estrangeiras (Apêndice A). A tabela de monitores possui os campos de configuração de conexão e vínculo com paciente. A tabela de pacientes possui os dados pessoais do mesmo e é interligada com a tabela de passagem que possui o histórico de internação. Cada vez em que um paciente tem baixa hospitalar é cadastrada uma nova passagem, e conseqüentemente novos dados para aquele paciente.

3.5 Validação

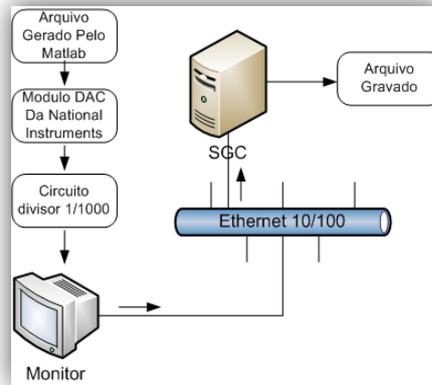
Os ensaios de validação foram desenvolvidos para assegurar a robustez do sistema proposto. Em uma análise qualitativa foi considerando o número de estruturas válidas. O sistema também foi quanto a sua capacidade de manter a taxa de envio contínua.

3.5.1 Software de análise das estruturas

Para análise de dos dados gravados pelo SGC foi desenvolvido um programa capaz de ler os arquivos identificando as estruturas válidas. Ele utiliza o mesmo algoritmo de interpretação de estruturas da central e gera um relatório dos erros absolutos e percentuais da conferência de CRC de cada estrutura de curva, parâmetro e configuração. Assim é possível fazer uma análise quantitativa em relação a estabilidade dos meios de transmissão, do algoritmo desenvolvido e do protocolo implementado.

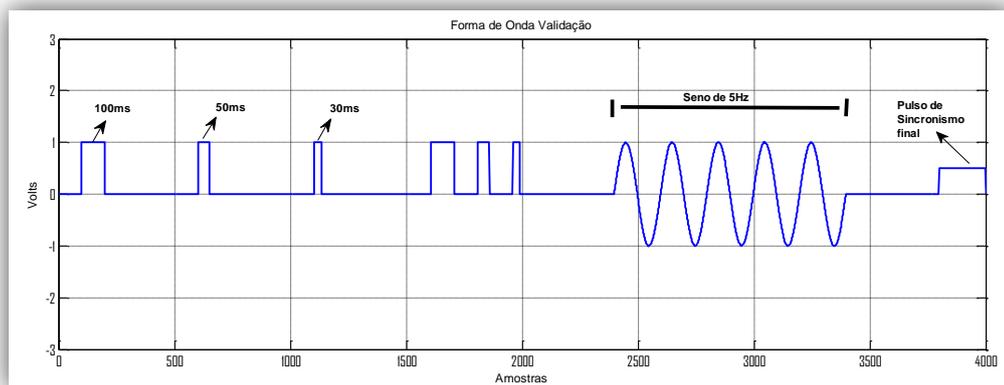
3.5.2 Sistema desenvolvido para análise de dados.

Para a realização do ensaio de detecção de possíveis falhas no processo de transição de dados entre os equipamentos foi criado um sistema (Figura 20) que possibilita a comparação entre a curva inserida no monitor LT10 (Entrada) e a curva gravada pelo SGC (Saída). O sistema consiste, basicamente, na criação de uma forma de onda digital que será convertida para um sinal analógico com amplitude de 1mV, o qual será colocado na entrada da derivação II do canal ECG do monitor LT10. Este sinal será condicionado pelos filtros do monitor e ao mesmo tempo em que é visualizado na tela do LT10 será enviado por ethernet para gravação no SGC.

Figura 20 - Diagrama do ensaio

Fonte: O autor (2011).

Para a comparação entre os arquivos foi definida uma forma de onda (Figura 21) que possibilita o sincronismo entre as curvas (devido aos pulsos de onda quadrada), análise de erro temporal (dados corrompidos) e de amplitude em uma faixa de frequência onde não há atenuação e nem distorção significativa adicionada pelos filtros analógicos e digitais.

Figura 21 - Forma de Onda Para Validação Contendo 4000 Amostras

Fonte: O autor (2011).

Para geração do arquivo da Figura 21 foi escolhido o software de cálculos MATLAB. Este software é um ambiente de programação que possibilita o desenvolvimento

de algoritmos, a análise dados, as visualizações gráficas e a resolução de problemas através da computação numérica. Sendo assim, através do MATLAB é possível criar algoritmos e resolver problemas matemáticos mais rápido partindo de linguagens de programação tradicionais como c e c++[24].

O arquivo gerado foi configurado no módulo da *National Instruments* (Figura 22). Ele é capaz de amostrar o sinal analógico até 250kps com 16bits de resolução para a geração de um sinal em modo contínuo. Através do canal “A0” do módulo a uma taxa de 1kps (1000 Amostras/segundo) foi gerada uma onda cíclica de 4 segundos.

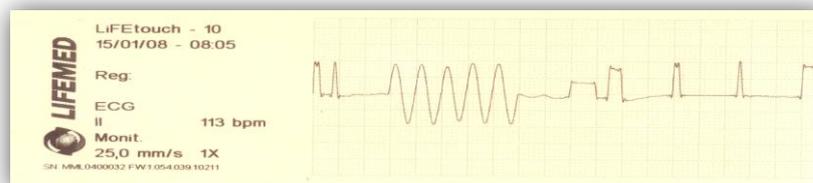
Figura 22 - Módulo USB-6221 BNC da National Instruments[23]



Fonte: www.ni.com (2010).

Para calibração do ganho foi feita uma análise comparativa com a amplitude da curva padrão impressa pelo LT10 (Figura 23). É a partir desta curva que é realizado um dos processos de calibração e validação do monitor LT10.

Figura 23 - Curva Padrão Impressa para ajuste de ganho



Fonte: O autor (2011).

O monitor LT10 recebe a forma de onda analógica no canal II e amostra pelo DSP a 1081sps. O microcontrolados H8SX responsável pela plotagem das curvas e parâmetros recebe do DSP à 400sps e envia a 152,17sps (Figura 24) para a UART0 do microcontrolador *Coldfire* responsável pela transmissão do pacote ethernet para o SGC. É importante salientar que a interrupção (Figura 24) descrita abaixo também é responsável pela taxa de plotagem dos dados na tela do monitor LT10 o que nos garante que o mesmo dados que está sendo visualizado no monitor será enviado para a rede ethernet.

Figura 24 – Tempo entre interrupções do envio serial do Microcontrolador H8SX

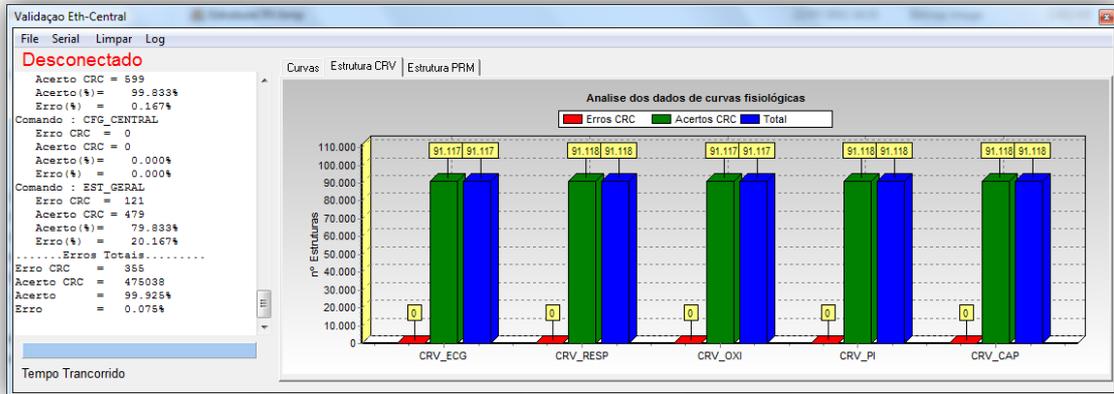


Fonte: O autor (2010).

Para análise da qualidade dos dados recebidos foi criado um programa (Figura 25) que utiliza o mesmo algoritmo de interpretação dos dados utilizado pelo SVR. Este algoritmo é responsável pela identificação das estruturas de parâmetros e de curvas baseados em um protocolo proprietário.

Os arquivos de saída foram gravados em binário e convertidos para ASCII pelo programa de análise (Figura 25) para comparação com o arquivo de entrada. Para está análise foi necessário ajustar a taxa do arquivo enviado para 152,17sps decimando o arquivo original para a mesma taxa. O programa de análise também avalia o percentual de dados válidos baseado nos acertos e erros de CRC de cada estrutura.

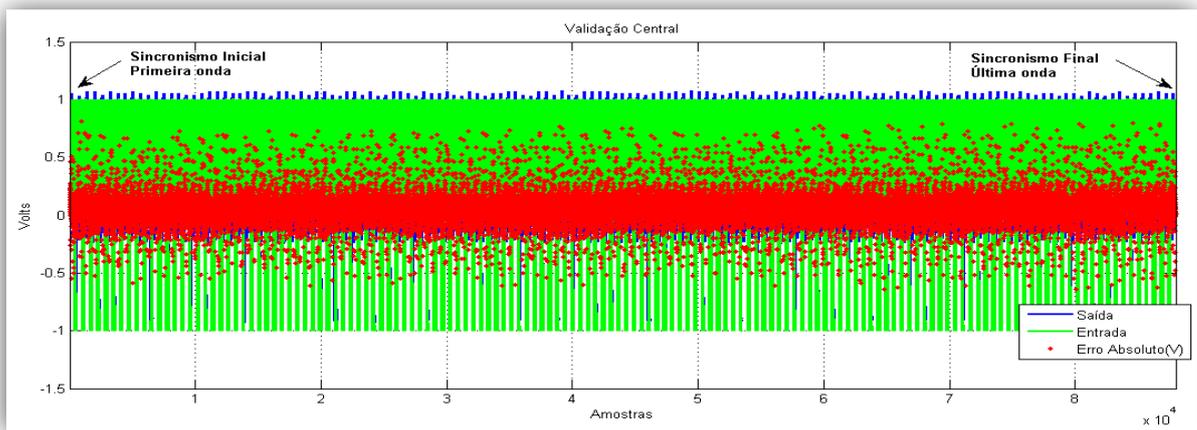
Figura 25 - Programa Para Análise de Estruturas.



Fonte: O autor (2010).

Para análise das curvas foi criado um programa em MATLAB que sincroniza e sobrepõem as curvas de gravação de entrada e saída de um arquivo de 10 minutos (Figura 26). Com isso é possível analisar os dados transmitido.

Figura 26 - Sincronismo entre os arquivos de entrada e saída



Fonte: O autor (2011).

4.Resultados

Serão apresentados os resultados obtidos relativos à interface desenvolvida, a qualidade dos dados transmitidos e a latência do sistema proposto.

4.1 Interface Desenvolvida

As telas desenvolvidas para a interface do software com o usuário foram orientadas por dois princípios básicos.

Primeiro, a interface deveria remeter o usuário, profissionais da área da saúde, a interface do monitor LT10. Com base neste princípio o ambiente do programa se tornaria familiar para os usuários do monitor LT10 e ao mesmo tempo seu aprendizado, em parte, se daria de forma intuitiva. A partir desta definição foram mantidas as cores de relacionadas aos módulos e a tela expandida (Figura 27) referente ao leito segue o modelo de interface do monitor LT10.

Figura 27 - Tela Expandida do SVR.



Fonte: O autor (2011).

Segundo, o programa deveria disponibilizar as informações de forma amigável sendo de fácil compreensão e utilização para enfermeiros(as), médicos(as) e profissionais da saúde que venham a necessitar da utilização do SVR.

A tela principal do programa (Figura 28) é configurável para o número de leitos que se deseja monitorar. Ela pode alternar entre 4, 8, 12, ou 16 leitos por telas e utilizar duas telas se necessário. Para cada tela citada acima existe um número de curvas e parâmetros que é possível visualizar simultaneamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Curvas e Parâmetros visíveis por tela

	Nº de parâmetros	Nº de curvas
Tela 4 leitos	7	4
Tela 8 leitos	5	2
Tela 12 leitos	3	2
Tela 16 leitos	3	1

Fonte: O autor (2011).

Figura 28 - Tela principal de 16 leitos



Fonte: O autor (2011).

Os alarmes ocorrem diretamente na interface do leito (Figura 29) na cor amarela com a frequência de 1Hz. O descritivo do alarme aparece no rodapé do leito, em caso de alarmes simultâneos o descritivo alterna passando por todos os parâmetros que estiverem em estado de alarme.

Figura 29 - Leito em estado de Alarme



Fonte: O autor (2011).

A visualização do histórico de determinado leito é realizada em uma tela adjacente (Figura 30), onde é possível selecionar entre o gráfico de tendência, a tabela da tendência, curvas fisiológicas e registro de alarmes. Os dados armazenados são referentes ao número de passagem do paciente pelo hospital, a cada internação o paciente recebe um novo número de passagem e novos dados são armazenados.

Figura 30 - Tela de Histórico



Fonte: O autor (2011).

Na aba da tabela de tendência é possível visualizar a tendência dos parâmetros de PI, PNI, CAP, ECG, OXI e RESP calculadas com base em uma média realizada a cada um minuto e meio. A partir dos dados desta aba são criadas as curvas de tendência, que representam os dados da tabela de uma forma amigável. A aba de registro de alarmes contém as últimas 96 horas dos eventos ocorridos no leito durante a internação do paciente. Cada evento possui data, hora e uma breve descrição do ocorrido.

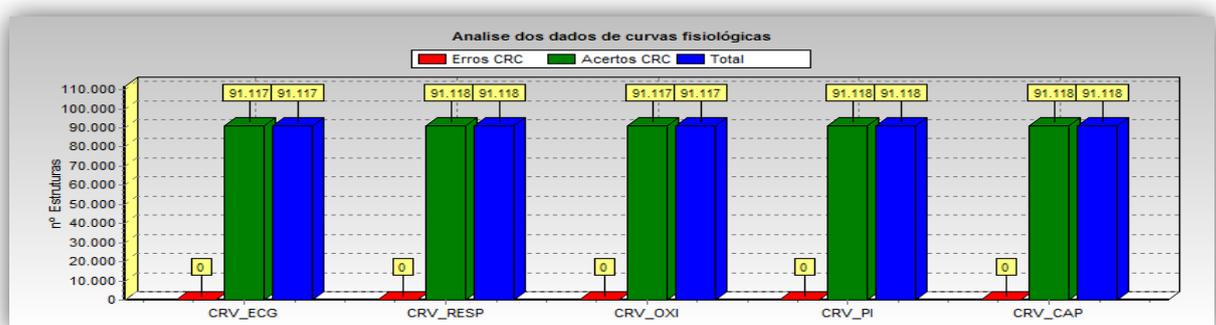
A aba de curvas fisiológicas desenvolvida a partir das bibliotecas gráficas da placa de vídeo, é dotada de recurso como ampliação, marcação da base de tempo e fundo em escala milimetrada. Para visualizar as curvas é necessário selecionar data e hora desejados e as 7 curvas serão carregadas pelo programa.

4.2 Análise da Estabilidade do Protocolo de Dados

O arquivo gravado pelo SGC foi recuperado e analisado por um programa criado para conferência da integridade dos dados recebido pelo SVR e estipular um percentual de falha do sistema. Este programa interpreta as estruturas com base no mesmo algoritmo de interpretação do SVR e analisa separadamente as estruturas de curvas das estruturas de parâmetros.

Ao interpretar as estruturas de curvas do arquivo gravado pelo SGC, o programa criado para análise de dados obteve os resultados demonstrados no gráfico da Figura 31.

Figura 31 - Análise dos dados de curvas fisiológicas.



Fonte: O autor (2011).

A partir da Figura 31 foi elaborada a Tabela 4 para comparação dos resultados.

Tabela 4 - Acertos e Erros na conferência de estruturas de curvas

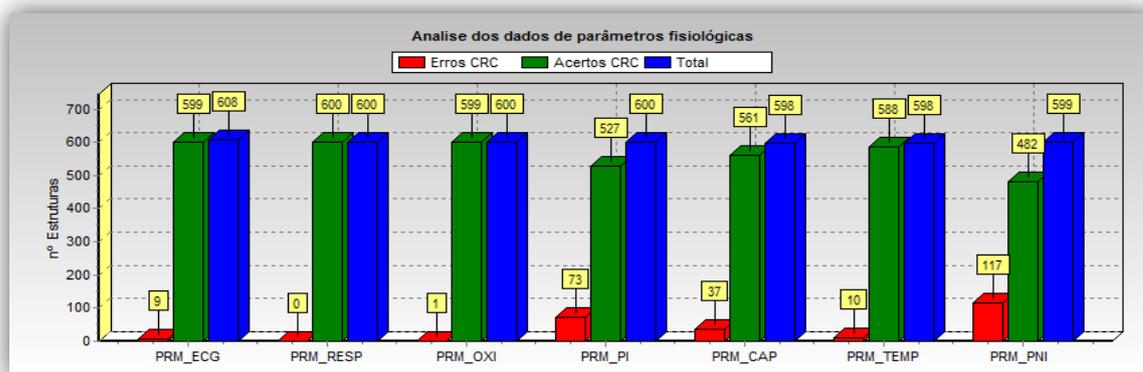
	Erros absolutos de CRC	Acertos absolutos de CRC	Erros Percentuais de CRC	Acertos Percentuais de CRC
7 Curvas de Eletrocardiograma	91117	0	0%	100%
1 Curva de Respiração	91118	0	0%	100%
1 Curva de Oximetria	91117	0	0%	100%
2 Curva de Pressão- Invasiva	91118	0	0%	100%
1 Curva de Capnografia	91118	0	0%	100%

Fonte: O autor (2011).

De acordo com os dados analisados, as estruturas de curvas enviadas foram reconhecidas com sucesso pelo algoritmo de decodificação do protocolo. Com esses resultados podemos comprovar a eficiência tanto do algoritmo como a estabilidade da implementação do protocolo. Considerando que a gravação foi realizada durante 10 minutos (600 segundos) e que a taxa de envio é de 152kps ao final deste arquivo deve-se obter 91200 (152*600) estruturas válidas para cada curva, ou seja, 99,90% [(91117/91200)*100] das estruturas foram enviadas em 10 minutos e deste percentual 100% foi validado.

Ao interpretar as estruturas de parâmetros do arquivo gravado pelo SGC, o programa criado para análise de dados obteve os resultados demonstrados no gráfico da Figura 32.

Figura 32 - Análise dos dados de parâmetros fisiológicos.



Fonte: O autor (2011).

A partir da Figura 32 foi criada a Tabela 5 para comparação dos resultados.

Tabela 5 - Acertos e Erros na conferência de estruturas de Parâmetros

	Erros absolutos de CRC	Acertos absolutos de CRC	Erros Percentuais de CRC	Acertos Percentuais de CRC
Parâmetro ECG	9	599	1,84%	98,52%
Parâmetro RESP	0	600	0,00%	100,00%
Parâmetro OXI	1	599	0,17%	99,83%
Parâmetro PI	73	527	12,17%	87,83%
Parâmetro CAP	37	561	6,19%	93,81%
Parâmetro TEMP	10	588	1,67%	98,32%
Parâmetro PNI	117	482	19,53%	80,46%

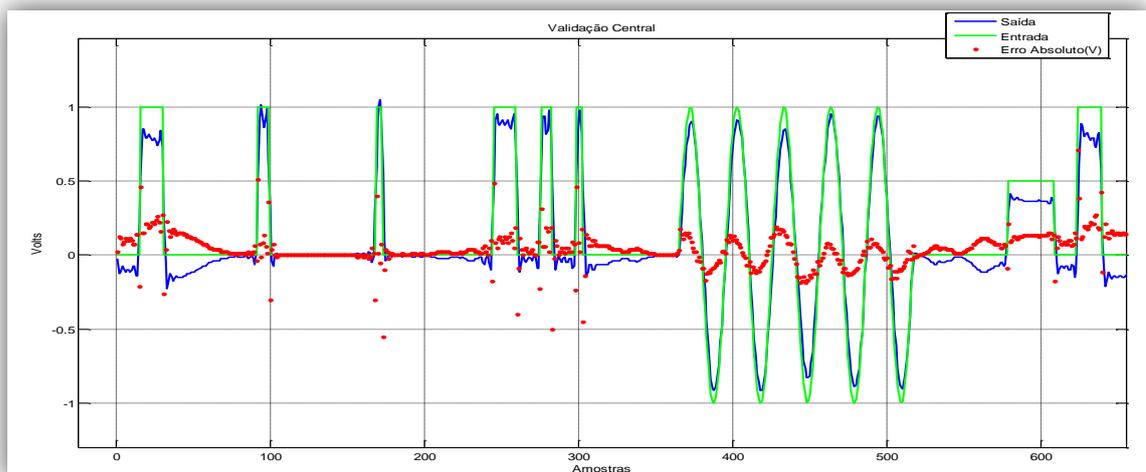
Fonte: O autor (2011).

De acordo com os dados da tabela Tabela 5, as estruturas de parâmetros fisiológicos enviadas foram reconhecidas com no mínimo de 80,5% de sucesso pelo algoritmo de interpretação do protocolo. Considerando que a gravação foi realizada durante 10 minutos (600 segundos) e que a taxa de envio dos parâmetros é de 1sps ao final deste arquivo deveria obter-se 600 (1*600) estruturas válidas para cada parâmetro, ou seja, 80,5% [(117/600)*100] foi o pior resultado de validação de estrutura entre todas as estruturas enviadas. Com esse resultado podemos concluir que o algoritmo cumpre satisfatoriamente com sua função, porém serão estudadas melhorias para se alcançar um resultado próximo aos 100%.

4.3 Análise Temporal

A partir do ensaio de validação proposto no capítulo 3.4.1 foi realiza uma análise entre a curva padrão e a curva gravada pelo SGC. É importante salientar que a curva analisada é a mesma curva plotada em tempo real pelo SVR e recuperada posteriormente na aba de histórico de curvas fisiológicas.

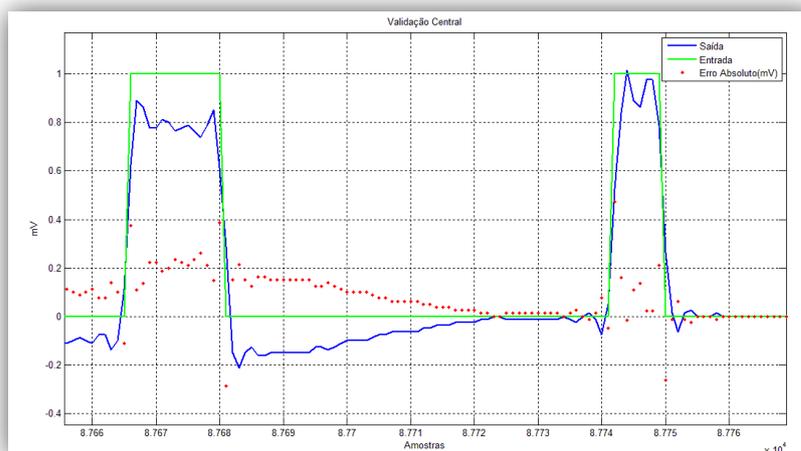
Figura 33 - Sincronismo inicial (primeira onda)



Fonte: O autor (2011).

A partir do sincronismo inicial das curvas Figura 33 foi possível avaliar os 91117 restantes no arquivo, ou seja, analisar as 227 curvas de sincronismo contidas no arquivo de 10 minutos de gravação até a curva de sincronismo final Figura 34.

Figura 34 - Sincronismo final (última onda)



Fonte: O autor (2011).

Em uma primeira análise visual das curvas de sincronismo final, não há perda de dados notória. Se ocorresse perda de dados a uma taxa de 0,01sps (o que seria muito satisfatório) teria uma diferença de pontos no eixo x de aproximadamente 6 pontos (600s*0.01sps) o que seria absolutamente visível ao final de 10 minutos de gravação (Figura 34).

Equação 4 - Cálculo de pontos corrompidos

$$\text{Pontos perdidos por segundo [\%]} = \frac{\text{Taxa de pontos perdidos [sps]}}{\text{Taxa de Envio [sps]}} * 100$$

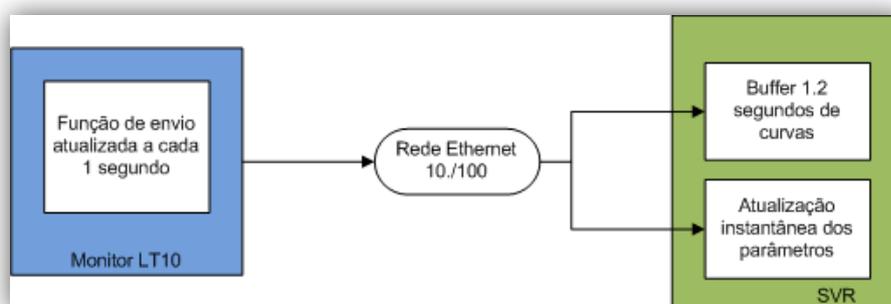
Fonte: O autor (2011).

Em uma relação percentual, considerando a Taxa de envio de 152,17sps e uma Taxa de pontos perdidos de 0,01sps, de acordo com a Equação 4 teríamos 0,0065% de perda de pontos por segundo.

4.4 Análise da latência do sistema

Para analisar a latência do sistema, ou seja, o tempo em que um dado leva para ser plotado no SVR a partir de sua geração no monitor LT10, foi somado todos os tempos envolvidos na transmissão (Figura 35).

Figura 35 - Fluxograma de Latência de Dados



Fonte: O autor (2011).

Este somatório totalizou um atraso de aproximadamente entre 2 e 3 segundos para plotagem curvas. Para este cálculo foi considerado 1 segundo de atraso da função de envio do Monitor LT10 e 1.2 segundos de bufferização das curvas, o que impede a plotagem da linha base caso houver a necessidade de retransmissão de algum pacote de dados pela rede. Para o cálculo de atraso dos valores fisiológicos e de alarmes, apenas é considerados 1 segundo de atraso da função de envio do Monitor LT10 e este valores são atualizados a cada segundo como forma de garantir a integridade dos dados visualizados.

4.5 Análise de Fluxo de dados

Para validação da capacidade do sistema em gerenciar monitores foram conectados simultaneamente 50 emuladores no SGC (Figura 36). Este por sua vez teve a capacidade de conectar-se aos emuladores e gravar 96 horas de informação no disco rígido, sem deixar de enviar os dados para os seus respectivos SVR.

Figura 36 - SGC Conectado a 50 Emuladores/Monitors

ID	Serial	P	Port	st	TCP_rec	TCP_env	Fifo Envio	rec/seg	env/seg	Pac_Dif	size	fator	Pontos Rec	Pontos Env	Fifo Grav	Pontos grav	Paciente	Leito	Central	Média/Rec	Média/Env	
7	MML0800091	192.168.1.11	4008	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	777443	11	CTR0001209	0	0
8	MLT6907019	192.168.1.19	4009	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	01148	1	CTR0000148	0	0
9	MLT6900019	192.168.1.19	4010	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
10	MLT6901019	192.168.1.19	4011	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
11	MLT6902019	192.168.1.19	4012	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
12	MLT6903019	192.168.1.19	4013	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
13	MLT6906019	192.168.1.19	4014	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
14	MLT6904019	192.168.1.19	4015	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
15	MLT6905019	192.168.1.19	4016	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
16	MLT6900025	192.168.1.25	4017	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
17	MLT6902025	192.168.1.25	4018	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
18	MLT6906025	192.168.1.25	4019	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
19	MLT6904025	192.168.1.25	4020	ACTIVE	97451	77701	384	3	3	19750	1460	1	842420	77701	0	459900	02546	10	CTR0000546	3	3	
20	MLT6908025	192.168.1.25	4021	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
21	MLT6901025	192.168.1.25	4022	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	02148	2	CTR0000148	0	0
22	MLT6903025	192.168.1.25	4023	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
23	MLT6905025	192.168.1.25	4024	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
24	MLT6907025	192.168.1.25	4025	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			CTR0000148	0	0
25	MML1111111	192.168.1.66	4026	LNKNG	31018	29754	330	0	0	1264	1460	1	380335	29754	0	349660	0000003	1	CTR0000546	0	0	
26	MML0100000	192.168.1.34	4027	ACTIVE	392	394	232	3	3	-2	1460	1	572320	394	1460	570860	0000002	9	CTR0000546	1	1	
27	MML0400081	192.168.1.96	4028	LNKNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1212313	2	CTR0000546	0	0

Fonte: O autor (2011).

A partir deste teste foi possível admitir o sistema para uma capacidade de gerenciamento de cinquenta monitores LT10 e cinco SVR simultaneamente em uma mesma rede física. É importante salientar que tais considerações servem para o computador especificado na Tabela 6, ou superior a esta configurações.

Tabela 6 - Configuração Mínima do computador para o SGC

Modelo do Processador	Intel Dual Core 2.7GHz ou equivalente
Tamanho da Memória RAM	4GB ou superior
Tamanho do Disco rígido	500 GB ou superior
Modelo da Placa de vídeo	GeForce 310 512 MB dedicada ou superior
Modelo da Placa de rede	Ethernet 10/100/1000 Mbps ou WiFi
Tamanho do Monitor	LCD 22" com resolução de 1920x1080 pixels

Fonte: O autor (2011).

4.6 Registro da ANVISA

A partir dos resultados das análises feitas nesta dissertação foi gerado um relatório de validação e foi obtido o número de registro junto a ANVISA para a comercialização e distribuição do sistema em território nacional (Figura 37).

Figura 37 - Registro da Anvisa[20]

Ministério da Saúde
 Agência Nacional de Vigilância Sanitária
 www.anvisa.gov.br

Institucional Anvisa Divulga Serviços Áreas de Atuação Legislação Espaço Cidadão Profissional de Saúde Setor Regulado

Detalhe do Produto: SOFTWARE CENTRAL DE MONITORIZAÇÃO

Nome da Empresa:	LIFEMED INDUSTRIAL DE EQUIPAMENTOS E ARTIGOS MÉDICOS E HOSPITALARES S.A		
CNPJ:	02.357.251/0001-53	Autorização:	1039041
Produto:	SOFTWARE CENTRAL DE MONITORIZAÇÃO		
Modelo Produto Médico:	LIFEVIEW		
Registro:	10390410045		
Processo:	25351.263006/2011-41		
Origem do Produto	FABRICANTE : LIFEMED INDUSTRIAL DE EQUIPAMENTOS E ARTIGOS MÉDICOS E HOSPITALARES S.A - BRASIL DISTRIBUIDOR : LIFEMED INDUSTRIAL DE EQUIPAMENTOS E ARTIGOS MÉDICOS E HOSPITALARES S.A - BRASIL		
Vencimento do Registro:	10/10/2016		

[<< VOLTAR](#)

Fonte: O autor (2011).

5. Discussão

A partir dos estudos realizados e dos resultados obtidos nesta dissertação, foi feito um comparativo (Tabela 7) entre o sistema de monitorização de leitos apresentado e os sistemas desenvolvidos ao redor do mundo. Com base nestes dados foi possível constatar que o uso da comunicação ethernet na implementação de sistemas robustos e ao mesmo tempo flexíveis é unanimidade entre os sistemas pesquisados. A utilização de duas telas para maximizar a visualização dos leitos é um recurso amplamente utilizado. Os recursos de gravação das informações geradas, tais como curvas fisiológicas e tendência, em média são armazenados por 136 horas.

Tabela 7 - Comparativo das centrais existentes

	Modelo	Fabricante	País	Horas de gravação para o número máximo de leitos	Leitos por tela	Duas Telas	Maximo de leitos	Cominuação ethernet	HL7	Sítima Proprietário
1										
2	Sistema Desenvolvido	LifeMed	Brasil	96	16	sim	32	sim	previsto	sim
3	VC-2000	Votem	Koréia	168	14	não	14	sim	não	sim
4	PC-1000A	Heal Force	Hong Kong	120	8	sim	16	sim	não	sim
5	Intellivue	Philips Medical System	Estados Unidos	96	16	sim	32	sim	sim	sim
6	Central de Monitorização de Pacientes	Prolife	Brasil	240	16	sim	32	sim	sim	sim
7	DX20CT1-P	Dixtal	Brasil	240	21	sim	42	sim	sim	sim
8	CML- 256	Omnimed	Brasil	240	48	não	48	sim	sim	sim
9	CANTELLUS Central Station	Schiller AG	Suiça	Não Informado	16	sim	32	sim	não	sim
10	CNS-6201	Nihon Kohden	Japão	72	16	sim	32	sim	não	sim
11	Infinity CentralStation	Drager Medical System	Estados Unidos /Alemanha	72	16	sim	32	sim	sim	sim
12	VitalView CSS	Criticare	Estados Unidos	144	16	não	16	sim	não	sim

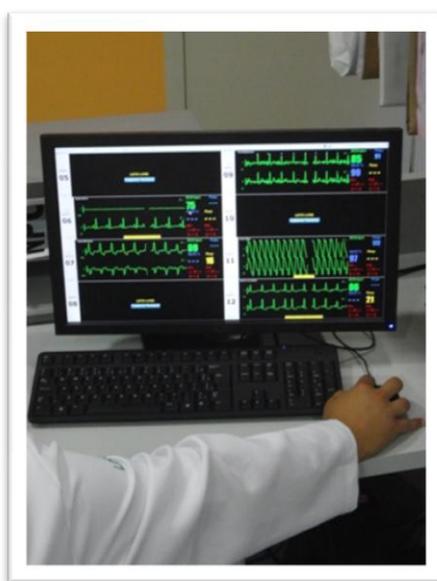
Fonte: O autor (2011).

É importante salientar que cada fabricante investe em pesquisa para o desenvolvimento em pro de seus produtos e pela disputa de mercado. Com base neste princípio podemos verificar que ainda não foi desenvolvido um protocolo padronizado para transmissão de dados em tempo real para monitores multiparamétricos, onde o conhecimento seria compartilhado em benefício da saúde. Sendo assim, esta dissertação vem tornar público o conhecimento de métodos e ferramentas para desenvolvimento e validação de um sistema de monitorização de leitos. Para que no futuro os sistemas sejam aprimorados e evoluam de forma rápida, em benefício de médicos e pacientes. Auxiliando os profissionais da saúde que anseiam por novas tecnologias, com o objetivo de salvar vidas.

6. Conclusão

Os testes realizados com a central de monitoração de leitos hospitalares mostraram-se promissores quanto a flexibilidade e robustez do sistema. Podendo ser instalado em um único computador, ou em vários setores do hospital compartilhando um único banco de dados (Figura 38), o sistema pode atender tanto hospitais de grande porte como aqueles que possuem poucos recursos financeiros.

Figura 38 - Sistema instalado com compartilhamento do banco de dados



Fonte: O autor (2011).

O desenvolvimento de software baseado em uma linguagem orientada a objeto foi de extrema importância para tornar o software dinâmico e flexível, ou seja, como a necessidade de pouca interação do usuário para a sua configuração e funcionamento apropriado. A criação do SGC foi de fundamental importância para a monitorização de vários setores do hospital simultaneamente, pois ele permite a conexão de cinco SVR e o seus respectivos monitores LT10.

O Gerenciamento dos 50 monitores em uma rede 100Mbps ocorreu com uma folga de banda de mais de 90%, podendo ser aumentado o número de monitores caso haja

necessidade. A gravação dos arquivos de dados e a manutenção das 96 horas gravadas com 32 monitores geraram uma estimativa de 90GB de espaço em disco, valor comportado por discos rígidos acima de 200GB, pois é necessário considerar o espaço em disco utilizado pelo sistema operacional. Foi verificado que a compactação reduz em 90% o tamanho do espaço em disco utilizado pelos arquivos, ou seja, seria possível armazenar 960 horas de arquivos, porém a desvantagem ocorreria na visualização do histórico aumentando o tempo de carregamento do arquivo, o qual necessitaria ser descompactado inicialmente.

Com o objetivo de monitorar 32 leitos simultaneamente foi necessário a utilização de duas telas para que um número maior de informações pudesse ser visualizada em um mesmo leito. A troca de interface dinâmica de 4, 8, 12 e 16 leitos por tela trouxe um aproveitamento maior da tela. Esta otimização da interface é necessária para que não haja espaços ociosos, pois o número de leitos monitorados é variável de acordo com a quantidade de pacientes internados.

A visualização em tempo real das curvas e parâmetros foi uma das tarefas mais difíceis desta dissertação. A necessidade de manter uma varredura de tela de 50 mm/s do ECG fez com que nenhum processo concorrente da *thread* de plotagem pudesse consumir mais do que 6,66 ms. Este é o tempo necessário para visualização de um ponto de curva amostrado a 150Hz. Para o desenvolvimento do histórico dos dados armazenados foi fundamental a utilização das bibliotecas da placa de vídeo (OpenGL), pois desta maneira o processamento do software foi compartilhado evitando que processos concorrentes travassem a varredura de traçado e/ou recebimento de dados.

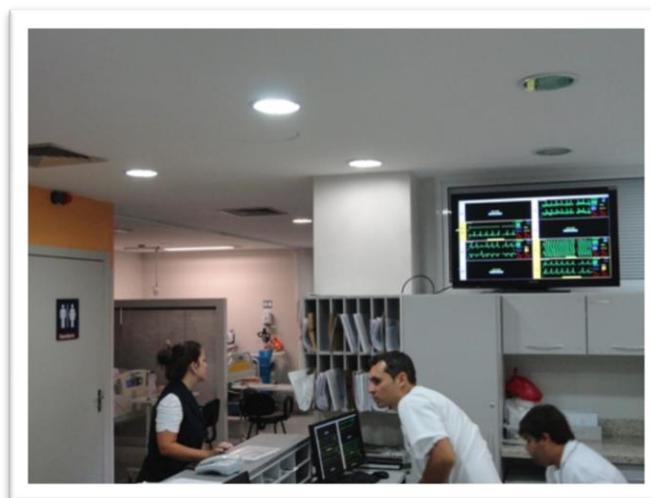
Foi verificado que o protocolo desenvolvido neste trabalho atende os requisitos de fluxo de informações manipuladas. Foi contatado que estruturas menores em seu tamanho, como as estruturas de curvas, possuem uma probabilidade menor de serem corrompidas. Ainda é possível segmentar as estruturas de parâmetros e melhorar o algoritmo de interpretação com a finalidade de diminuir os erros de CRC nos parâmetro. De acordo com os resultados podemos concluir que não ocorrem perdas de pacotes TCP no sistema, pois os pacotes perdidos são retransmitidos pela pilha TCP uma das características mais importantes deste protocolo. Também concluindo que a implementação do CRC foi de vital importância para o sucesso da qualidade da informação transferida. Evitando que dados corrompidos fossem tratados e visualizados como se fossem dados válidos.

A criação de um sistema de monitoração integrado com os monitores LT10 ajudará na consolidação dos produtos desenvolvidos pela empresa Toth Tecnologia em parceria com a LifeMed. Ajudando no desenvolvimento de tecnologias nacionais voltadas para a área da saúde e gerando conhecimento para futuros projetos.

6.1 Trabalhos Futuros

O sistema está passando por uma validação clínica no Hospital São Lucas da PUCRS (Figura 39). Após esta etapa será feita uma avaliação junto aos profissionais do hospital para adequar cada vez mais o sistema às necessidades dos médicos e enfermeiros. O protocolo de transmissão de prontuário eletrônico HL7 será implementado nas próximas versões para aumentar a flexibilidade do sistema e permitir a troca de informações com outros sistemas.

Figura 39 – Sistema Desenvolvido Instalado no Hospital São Lucas da PUCRS



Fonte: O autor (2011).

A partir da estrutura de software criada, se dará início a integração do sistema desenvolvido com as bombas de infusão da empresa de equipamentos médicos LifeMed. Este projeto será pioneiro no Brasil, onde será desenvolvido o primeiro software de monitoração remota de bombas de infusão.

Referências

- [1] Michael P; Elizabeth O. T. **Repensando a saúde - Estratégias para: Melhorar a qualidade e reduzir custos**. Porto Alegre: Artmed Editora S.A.,171p, 2006.
- [2] *MySQL Enterprise Edition Datasheet*. [Disponível em <http://www.mysql.com/>] Acessado em 02/04/2011.
- [3] *Apache HTTP Server Project*. [Disponível em www.apache.org/] Acessado em 04/03/2011.
- [4] Alexander, CK; Sadiki, MNO. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- [5] Behrouz A. Forouzan . **Comunicação de dados e redes de computadores**. 3 ed. Nova Iorque: Bookman, 2004. 239p
- [6] Bob Swart; Mark Cashman, Paul Gustavson; Jarrod Hollingworth, **Borland C++Builder 6 Developer's Guide**, Estados Unidos: Sams 2003.
- [7] John R. Hubbard, **Programação em C++**, São Paulo: Bookman 2000.
- [8] Rosangela Hickson, **Aprenda a programar em c, c++ e c#**, São Paulo: Elsevier 2005.
- [9] Luis Fernando Espinosa Cocian, **Manual da Linguagem C**, Editora da ULBRA 2004
- [10] Caio Augustos Morais Bolzani, **Residências Inteligentes**, São Paulo: Livraria da Física, 2004
- [11] Rob Scrimger,; Paul Lasalle; Mriidula Parinar, **TCP/IP – A Bíblia**, Rio de Janeiro : Elsevier 2002.
- [12] Ida M. Flynn, **Introdução aos sistemas operacionais**, São Paulo: Thomson 2002.
- [13] Joe Casad, *Sams teach yourself TCP/IP in 24 hours*, 3ed, Estados Unidos: Sams 2004.
- [14] Fabrício Augusto Ferrari, **Criando Banco de Dados em Mysql**, São Paulo: Digerati Books 2007.
- [15] NBR IEC – 60601-2-49, Equipamentos médicos, Parte 2-49: Prescrições particulares para a segurança de equipamento para monitoração multiparamétrica de paciente.
- [16] RDC 50/2002 – ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- [17] Joseph D. Bronzino; *The biomedical engineering handbook* , Estados Unidos: CRC Press LCC, 2000,p177

- [18] Marcelo Cohen, Isabel Manssour; **OpenGL –Uma Abordagem Pratica e Objetiva**. Porto Alegre: Novatec, 2006
- [19] Stanley B. Lippman; **C# - Um Guia Pratico**, Porto Alegre: Bookman, p919.
- [20] **Registro na Anvisa**; [Disponível em http://www7.anvisa.gov.br/datavisa/consulta_produto_correlato/rconsulta_produto_detalhe.asp] Acessado em 02/12/2011.
- [21] **Central de Monitoração Criticare's VitalView**; [Disponível em <http://www.csiusa.com/?page=central-stations§ion=vitalview-css>] Acessado em 05/05/2011.
- [22] **Central de Monitoração Philips IntelliVue**; [Disponível em http://www.healthcare.philips.com/main/products/patient_monitoring/products/intellivue_patient_monitors/] Acessado em 05/05/2011.
- [23] **Módulo da National Instruments USB-6221 BNC**; [Disponível em <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203867>] Acessado em 05/05/2011.
- [24] **Software de Cálculos MATLAB**; [Disponível em <http://www.mathworks.com/>] Acessado em 05/05/2011.
- [25] Black, Richard. [Disponível em www.cl.cam.ac.uk/Research/SRG/bluebook/21/crc/crc.html] **University of Cambridge Computer Laboratory Systems Research Group**, Fevereiro 1994 Acessado em 05/05/2011.
- [26] Peterson, W. W. and Brown, D.T. "*Cyclic Codes for Error Detection.*" *In Proceedings of the IRE*, Janeiro 1961, 228–235.
- [27] Tanenbaum, Andrew S. **Computer Networks**, 2 nd Edition. Prentice Hall, 1988.
- [28] Chris Borrelli ;*IEEE 802.3 Cyclic Redundancy Check*, 2001 ;
- [29] Douglas E. Comer; **Redes De Computadores e Internet**, São Paulo: Bookman, 2007, pg112;
- [30] **CRC8 bits Polinômio Gerador**. [Disponível em ftp://ftp.dalsemi.com/pub/auto_id/softdev/owdocs/Docs/OWCom/owapi/CRC8.html] Acessado em 08/07/2011.
- [31] Karen A. Wager, Frances W. Lee, John P. Glaser ;*Health Care Information Systems: A Practical Approach for Health Care Management*, Estados Unidos: John Wiley & Son, 2009
- [32] *The Computer-Based Patient Record: An Essential Technology for Health Care*, Revised Edition; Disponível em [<http://www.iom.edu/Reports/1997/The-Computer-Based-Patient-Record-An-Essential-Technology-for-Health-Care-Revised-Edition.aspx>] Acessado em 05/08/2011.

- [33] O.K. Takai; I.C.Italiano; J.E. Ferreira; **Introdução a Banco de dados** , DCC-IME-USP: Fevereiro, 2005.
- [34] Maria Aparecida Batistao Gonçalves; **Nocões Básicas de Eletrocardiograma e Arritmias**, São Paulo: Editora Senac,1995.
- [35] Seméia Corral, **Desenvolvimento e Aplicações de um novo Instrumento para Estimulação do Barorreflexo** Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,2007.
- [36] Dirceu Carrara, Ariane F Machado Avelar, Denise M. Kushhara e Mavilde L. G. Pedreira; **Artigo da Câmara técnica do Coren** São Paulo: gestão 2008-2011.
- [37] Linsa S. Costano;**Fisiologia**, Elsevier São Paulo 2006;
- [38] Paz, Mário Augusto Silva; **Segurança em equipamentos de monitorização em sala cirúrgica e UTI oxímetro de pulso, capnógrafo, monitor cardíaco, e monitor de pressão não invasivo**. Monografia (Pós Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,1996.
- [39] FEARNLEY, SJ, *Pulse Oximetry. Torquay, Inglaterra: Department of Anaesthetics, Torbay Hospital*, 1995. Disponível em: [www.nda.ox.ac.uk/wfsa/html/u05/u05_003.htm] Acessado em 15/05/2011.
- [40] SPRANGER, Luís Augusto; **Implementação de um Oxímetro de Pulso**. Monografia (Bacharelado em Ciências da Computação) – Universidade Regional de Blumenau,2004.
- [41] GROTHE, Cibele et al; **Acurácia da monitorização não invasiva da pressão arterial em crianças**.
- [42] BRAZ, José Reinaldo Cerqueira; **Temas de anestesiologia: para o curso de graduação em medicina** São Paulo: Editora UNESP, 2000;
- [43] Carlos V. Serrano Jr., Flavio Tarasoutchi, Fabio B. Jatene, Wilson Mathias Jr.; **Cardiologia Baseada em Relatos de Casos**;São Paulo: Editora Manole, 2006.
- [44] PIANUCCI, Ana; **Saber cuidar: procedimentos básicos de enfermagem**, São Paulo: Editora Senac 2002.
- [45] AMARAL, José Luiz Gomes do et al; **Monitorização da Respiração: Oximetria e Capnografia**.,Revista Brasileira de Anestesiologia, Vol 42, 1992
- [46] *The Capnographic Waveform*; Disponível em [eb.squ.edu.om/med-Lib/MED_CD/E_CDs/ anesthesia/site/content/v03/030383r00.htm] Acessado em 05/01/2011.
- [47] **Informações do Monitor Lifetouch10** : Disponível em [http://www.toth tecnologia.com.br/ produtos.asp] Acessado em 02/02/2011.

[48] **Informações da Central VC-2000:** Disponível em [<http://www.votem.kr/>] Acessado em 12/03/2011.

[49] **Informações da Central PC-1000A:** Disponível em [<http://www.healforce.com/new/em/product.php?id=177>] Acessado em 12/03/2011.

[50] **Informações da Central Intellivue:** Disponível em [http://www.healthcare.philips.com/us_en/products/patient_monitoring/products/intellivue_information_center/] Acessado em 12/03/2011.

[51] **Informações da Central de Monitorização da Pacientes:** Disponível em [<http://www.prolife.com.br/production/htms-pt/produtos.asp?item=9&sub=30&content=64>] Acessado em 12/03/2011.

[52] **Informações da Central DX20CT1-P:** Disponível em [http://www.dixtal.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=18] Acessado em 12/03/2011.

[53] **Informações da Central Omnimed:** Disponível em [<http://www.omnimed.com.br/Central.htm>] Acessado em 12/03/2011.

[54] **Informações da CANTELLUS Central St:** Disponível em [<http://www.cantellus.com/>] Acessado em 12/03/2011.

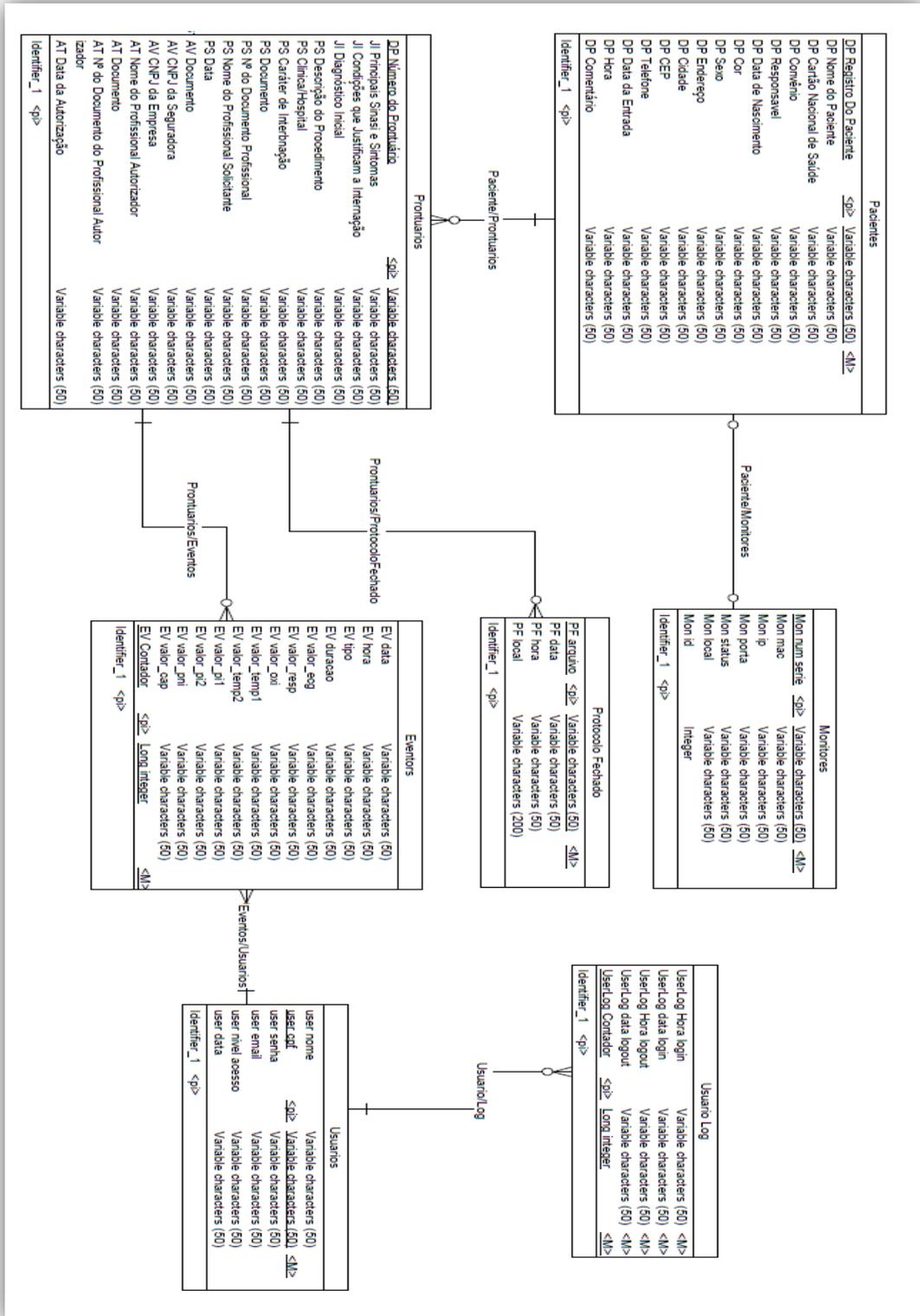
[55] **Informações da CNS-6201:** Disponível em [<http://www.nihonkohden.com/products/type/mon/cns6201.html>] Acessado em 12/03/2011.

[56] **Informações da Infinity Central Station:** Disponível em [http://www.draeger.com/BR/pt/products/medical_monitoring/infinity_central_monitoring/mon_infinity_centralstation.jsp?showBackButton=true] Acessado em 12/03/2011.

[57] **Informações da Central VitalView CCS:** Disponível em [<http://www.csiusa.com/?page=central-stations>] Acessado em 12/03/2011.

Apêndice

Apêndice A - Diagrama de Tabelas do Banco de Dados



Apêndice B - Fluxograma do Sistema

