

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-
PPGEM

**MODELO DE SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E MONITORAÇÃO DE DADOS
REMOTOS UTILIZANDO SENSORES E REDES DE CELULAR 3G APLICADO EM
UM PEQUENO AEROGERADOR**

VILSON GRUBER

**TESE DE DOUTORADO
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR**

**PORTO ALEGRE
2010**

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-
PPGEM

**MODELO DE SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E MONITORAÇÃO DE DADOS
REMOTOS UTILIZANDO SENSORES E REDES DE CELULAR 3G APLICADO EM
UM PEQUENO AEROGERADOR**

Vilson Gruber

Tecnólogo em Processamento de Dados
Especialista em Gestão de Negócios em Telecomunicações
Especialista em Gerenciamento de Projetos
Especialista em Psicopedagogia
Mestre em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais

Trabalho realizado no Departamento de Metalurgia da Escola de Engenharia da
UFRGS, dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas,
Metalúrgica e de Materiais - PPGEM, como parte dos requisitos para a obtenção do
título de Doutor

Área de Concentração: Processos de Fabricação

Porto Alegre

2010

Esta Proposta de Tese foi julgada adequada para obtenção do título de Doutor em Engenharia, área de concentração Processos de Fabricação e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Lírio Schaeffer

Banca Examinadora:

Professor Dr. Eng. João Bosco da Mota Alves

Professor Dr. Juarez Bento da Silva

Professora Dra. Simone Meister Sommer Bilessimo

Prof. Dr. Carlos Pérez Bergmann

Coordenador do PPGEM

Dedico este trabalho

Ao meu filho, Otho Bologna Gruber, a
Luciana Miranda Carraro minha esposa e
aos meus pais em memória.

A todos que me cercam e foram
responsáveis por ter chegado até esta etapa,
meu “Muito obrigado”.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pelo meu existir, pela presença constante em minha caminhada e em minha vida.

Ao Professor Dr. Lírio Schaeffer, por ter dado forma aos meus ideais, pela sua dedicação, paciência e amizade. “Muito obrigado do fundo do coração” pelos ensinamentos constantes.

A toda minha família, pela formação que me permitiu ter, com os sacrifícios que só ela sabe quais foram.

Aos amigos de trabalho e viagens pelas diversas horas gastas na discussão de idéias e planos para a conclusão deste trabalho.

A todos os colegas de trabalho da Faculdade SATC em especial aos professores (Jovani Castelan, Joeci Casagrande, Roderval Marcelino, Carlos Antonio Ferreira, Suenoni Paladini, Marcel Campos Inocencio) que participaram com seus conhecimentos e apoio e que fizeram parte desta jornada.

A todos os “Professores e colegas do PPGEM”, todos eles muito importantes para a continuidade dos trabalhos de pesquisa de nosso grupo.

Em especial aos colegas Jonathan Patrício Benedet , Anderson Spacek, Sérgio Deitos Bittencourt, Diego Rodrigues Ferreira, Wagner Cabral Bordignon, que foram parte integrante no sucesso deste trabalho, bem como a professora Dra. Maria Teresa Braga Valente de Almeida Restivo da Universidade do Porto que contribuiu para a divulgação no início deste trabalho.

Ao FINEP, FAURGS pelo apoio aos projetos financiado ao Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM) da UFRGS.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS	XI
RESUMO.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
1. CAPÍTULO 01 – INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	1
1.2 PROBLEMA DA PESQUISA	8
1.3 HIPÓTESES	8
1.4 JUSTIFICATIVA E ASPECTOS INOVADORES.....	9
1.5 OBJETIVO GERAL	12
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.7 ESTRUTURA DA TESE.....	13
2. CAPÍTULO 02 – REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 AEROGERADORES	14
2.1.1 TIPOS DE AEROGERADORES.....	17
2.1.2 COMPONENTES DO SISTEMA.....	22
2.2 SISTEMAS CELULARES	23
2.2.1 TECNOLOGIA CELULAR.....	23
2.2.2 1G – PRIMEIRA GERAÇÃO	24
2.2.3 2G – SEGUNDA GERAÇÃO.....	26
2.2.4 2,5G – SEGUNDA E MEIA GERAÇÃO.....	34
2.2.5 3G – TERCEIRA GERAÇÃO	41
2.3 SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS	48
2.3.1 AQUISIÇÃO DE DADOS.....	49
2.3.2 PLACA DE AQUISIÇÃO	49
2.3.3 SOFTWARE DE AQUISIÇÃO	50
2.4 SENSORES.....	53
2.4.1 SENSORES DE FIBRAS ÓPTICAS	57
2.5 NOVAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO, MÍDIAS SOCIAIS E JAVA.	59
2.5.1 MÍDIAS SOCIAIS	60
2.5.2 COMPONENTES DE SOFTWARES	61
2.5.3 VISÃO GERAL DE COMPONENTES DE SOFTWARE JAVA	61
2.5.4 COMPONENTES ENTERPRISE JAVABEANS	62
2.5.5 JAVA.....	63
3. CAPÍTULO 03 – DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA PROPOSTA DO MODELO PARA O SISTEMA DE AQUISIÇÃO E MONITORAMENTO DE DADOS VIA REDE DE CELULAR 3G UTILIZANDO SENSORES.....	64
3.1 CONTEXTO TECNOLÓGICO	66
3.2 OBJETO DE ESTUDO.....	67
3.3 O QUE COMPÕEM O MODELO DE SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E MONITORAÇÃO DE DADOS UTILIZANDO SENSORES E REDE DE CELULAR 3G.	70
4. CAPÍTULO 04 – IMPLEMENTAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO DE SISTEMA PROPOSTO PARA AQUISIÇÃO E MONITORAÇÃO DE DADOS REMOTAMENTE ATRAVÉS DA REDE DE CELULAR 3G.....	81
4.1 BANCADA EXPERIMENTAL	81
4.2 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO MONITORAMENTO REMOTO UTILIZANDO TECNOLOGIA DE REDE CELULAR 3G.....	83

4.3	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	83
4.4	SISTEMA DE TRANSMISSÃO DOS SINAIS	84
4.5	SISTEMA DE MONITORAÇÃO	84
4.6	AQUISIÇÃO DE DADOS E MONITORAMENTO VIA REDE DE CELULAR 3G	85
5.	CAPÍTULO 05 – RESULTADOS OBTIDOS	96
6.	CONCLUSÕES	103
7.	TRABALHOS CORRELATOS A TESE	105
8.	RECOMENDAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	107
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – ANNUAL INSTALLED CAPACITY BY REGION 1996-2009	3
FIGURE 02 – WORLD TOTAL INSTALLED CAPACITY	3
FIGURA 03 – EVOLUÇÃO DAS TURBINAS EÓLICAS	4
FIGURA 04 – ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO	5
FIGURA 05 – MAPA DAS POTENCIALIDADES EÓLICAS DO BRASIL	6
FIGURA 06 – CAPACIDADE EÓLICA TOTAL INSTALADA 1997-2020	7
FIGURA 07 – COMPONENTES DE UM SISTEMA EÓLICO	16
FIGURA 08 – MOINHOS DE VENTO	18
FIGURA 09 – MOINHO DE VENTO COM VELAS	18
FIGURA 10 – GERADOR EÓLICO DE EIXO HORIZONTAL E MOINHO DE VENTO	18
FIGURA 11 – ESQUEMA DE UMA EÓLICA DE EIXO HORIZONTAL "UPWIND"	19
FIGURA 12 – ESQUEMA DE UMA EÓLICA DE EIXO HORIZONTAL "DOWNWIND"	19
FIGURA 13 – ESQUEMA DO PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO ROTOR DE SAVONIUS	20
FIGURA 14 – ESQUEMA DO ROTOR DE SAVONIUS	21
FIGURA 15 – AEROGERADOR DE DARRIEUS	21
FIGURA 16 – ESQUEMA DO ROTOR DE DARRIEUS	21
FIGURA 17 – AEROGERADOR DE MÚLTIPLAS PÁS OU CATA-VENTO	22
FIGURA 18 – COMPONENTES DE UM SISTEMA EÓLICO	22
FIGURA 19 – OPÇÃO DE EVOLUÇÃO DAS VÁRIAS REDES 1G	26
FIGURA 20 – ARQUITETURA AMPS/TDMA	27
FIGURA 21 – ARQUITETURA CDMA	28
FIGURA 22 – EVOLUÇÃO CDMA	29
FIGURA 23 – ARQUITETURA DE REFERÊNCIA DE UM SISTEMA GSM	30
FIGURA 24 – ARQUITETURA DE REFERÊNCIA DE UM SISTEMA GSM COM GPRS	37
FIGURA 25 – CELULARES 3G NO MUNDO	45
FIGURA 26 – CELULARES 3G	47
FIGURA 27 – EXEMPLO DE SOFTWARE AQUISIÇÃO DE DADOS	52
FIGURA 28 – SOFTWARE AQUISIÇÃO DE DADOS LAQUIS	52
FIGURA 29 – ALGUMAS MÍDIAS SOCIAIS	61
FIGURA 30 – SERVIDOR J2EE E CONTAINERS	62
FIGURA 31 – MODELO DE ARQUITETURA PROPOSTA PARA A MONITORAÇÃO DO AEROGERADOR	64
FIGURA 32 – AEROGERADOR MONTADO EM BANCADA	68
FIGURA 33 – SISTEMA DE FREIO DO AEROGERADOR	70

FIGURA 34 – PLACA DE AQUISIÇÃO DE DADOS	71
FIGURA 35 – FUNCIONAMENTO DA UNIDADE TERMINAL REMOTA.....	72
FIGURA 36 – MICRO CONTROLADOR PIC 16F877A/P	72
FIGURA 37 – OPERADORA DE REDE DE CELULAR 3G	74
FIGURA 38 – TELA LOGIN (USER) E SENHA (PASSWORD).....	80
FIGURA 39 – TELA DE ACESSO AO SISTEMA DE AQUISIÇÃO E MONITORAÇÃO VIA REDE DE CELULAR 3G.....	80
FIGURA 40 – SENSORES INSTALADOS EM PLACA DE AQUISIÇÃO	81
FIGURA 41 – ESQUEMÁTICO DA PLATAFORMA DE AQUISIÇÃO E MONITORAÇÃO DE DADOS REMOTOS	82
FIGURA 42 – AEROGERADOR DE PEQUENO PORTE MONTADO SOBRE BANCADA	83
FIGURA 43 – TRANSMISSOR E RECEPTOR DE DADOS.....	84
FIGURA 44 – SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO	85
FIGURA 45 – ESQUEMÁTICO DA PLATAFORMA DE AQUISIÇÃO E MONITORAÇÃO DE DADOS.	86
FIGURA 46 – GRÁFICO TEMPERATURA.....	87
FIGURA 47 – GRÁFICO NÍVEL DO ÓLEO HIGH.....	88
FIGURA 48 – GRÁFICO NÍVEL DO ÓLEO LOW	88
FIGURA 49 – GRÁFICO VIBRAÇÃO DA TORRE.....	89
FIGURA 50 – TELA GERAL MOSTRANDO O 1º. JOGO DE PASTILHAS DE FREIO.....	90
FIGURA 51 – TELA DE DESGASTE DO PRIMEIRO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL BOM	91
FIGURA 52 – TELA DE DESGASTE DO PRIMEIRO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL ATENÇÃO	91
FIGURA 53 – TELA DE DESGASTE DO PRIMEIRO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL CRÍTICO.....	92
FIGURA 54 – TELA DE DESGASTE DO PRIMEIRO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL PARAR.....	92
FIGURA 55 – TELA GERAL MOSTRANDO O 2º. JOGO DE PASTILHAS DE FREIO.....	93
FIGURA 56 – TELA DE DESGASTE DO 2º. JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL BOM	93
FIGURA 57 – TELA VELOCIDADE DO VENTO.....	94
FIGURA 58 – TELA TENSÃO DE SAÍDA GERADA	95
FIGURA 59 – ESQUEMÁTICO DA PLATAFORMA DE AQUISIÇÃO E MONITORAÇÃO DE DADOS.	99
FIGURA 60 – MENSAGEM RECEBIDA VIA CELULAR 3G (SMS).....	100
FIGURA 61 – MENSAGENS RECEBIDAS MÍDIAS SOCIAIS (TWITTER/AEROGERADOR).....	101

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – USINAS EÓLICAS EM OPERAÇÃO NO BRASIL (FEVEREIRO DE 2009).....	7
TABELA 02 – GERAÇÕES DE SISTEMAS CELULARES.....	24
TABELA 03 – PRIMEIRA GERAÇÃO DAS REDES CELULARES	25
TABELA 04 – EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA CDMA.....	29
TABELA 05 – EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA GSM.....	33
TABELA 06 – CLASSES DE TERMINAIS GPRS.....	39
TABELA 07 – OS DOIS PADRÕES PRINCIPAIS PARA AS REDES DE TERCEIRA GERAÇÃO	42
TABELA 08 – EVOLUÇÃO UMTS	42
TABELA 09 – COMPARAÇÃO DE LATÊNCIA ENTRE AS TECNOLOGIAS	43
TABELA 10 – EVOLUÇÃO DO EV-DO	44
TABELA 11 – QUANTIDADE DE CELULARES 3G NO BRASIL.....	45
TABELA 12 – TIPOS DE SENSORES.....	56
TABELA 13 – TIPOS DE SENSORES ÓPTICOS.....	58
TABELA 14 – BANCADA DE TESTES DE AEROGERADOR 7,2 KW	68
TABELA 15 – FACILIDADES INCLUSAS PIC16F877A.....	73
TABELA 16 – AMOSTRA DE RELATÓRIOS DE DESGASTE.....	97
TABELA 17 – AMOSTRA DE RELATÓRIOS DE NÍVEL DE ÓLEO.....	97
TABELA 18 – AMOSTRA DE RELATÓRIOS DE TEMPERATURA.....	97
TABELA 19 – AMOSTRA DE RELATÓRIOS DE SAÍDA DE TENSÃO	98
TABELA 20 – AMOSTRA DE RELATÓRIOS VELOCIDADE DO VENTO	98
TABELA 21 – AMOSTRA DE RELATÓRIOS VIBRAÇÃO	98

LISTA DE ABREVIATURAS

1G – Primeira Geração

1xRTT – Evolution Data Only (Evolução Apenas de Dados), ou Evolution Data Optimized (Evolução de Dados Otimizados)

2,5G – Segunda e meia geração. É um termo genérico que cobre várias tecnologias para redes de telefonia sem fio

2G – Segunda Geração

3G – Terceira Geração

4G – Quarta Geração

3GPP – É abreviatura de 3rd Generation Partnership Project

ABEE – Associação Brasileira de Eficiência Energética

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AM – Amplitude Modulation

AMPS – Advanced Mobile Phone Service

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

APN – Access Point Name

AuC – Authentication center

BPSK – Binary Phase-Shift Keying

BRIC – Brasil, Rússia , Índia e China

BSC – Base Station Controller

BSS – Base Station System

BTS – Base Transceiver Station

CBEE – Centro Brasileiro de Energia Eólica

CCC – Central de Controle e Comutação

CDMA – Code Division Multiple Access

CLP – Controlador Lógico Programável

CSD – Circuit Switched Data

DAMPS – Digital-Advanced Mobile Phone Service

dBd – Decibéis relativos ao dipolo de meia onda

dBi – Decibéis relativos ao radiador isotrópico

dBm – Decibéis relativos a um miliwatt (1 mW)

DCD – Distance Communications Direct

DECT – Digital Enhanced Cordless Telecommunications

DVD – Digital Video Disc

EDGE – Enhanced Data rates for Global Evolution

EGPRS – Enhanced General Packet Radio Service

EIA – Associação da Indústria Eletrônica

EIR – Equipment Identity Register

EJB – Enterprise JAVABeans

EM – Estação Móvel

ERB – Estação Rádio Base

ETSI – European Telecommunications Standards Institute

EVDO – Evolution Data Only

EVDV – Evolution Data and Voice

FCC – Federal Communications Commission

FDD – Frequency Division Duplex

FDMA – Frequency Division Multiple Access

FM – Frequencia Modulada

GERAN – Abbreviation for GSM EDGE Radio Access Network

GGSN – Gateway GPRS Support Node

GHz – Gigahertz

GMSK – Gaussian Minimum Shift Keying

GPRS – General Packet Radio Service

GSA – Global mobile Suppliers Association

GSM – Global System for Mobile Communications

GWEC – Global Wind Energy Council

HLR – Home Location Register

HSCSD – High-Speed Circuit-Switched Data

HSDPA – High Speed Downlink Packet Access

HSPA – High Speed Packet Access

HSUPA – High-Speed Uplink Packet Access

HTML – Hypertext Markup Language

Hz – Unidade de medida de frequência Hertz

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

IMEI – International Mobile Equipment Identity ou Identificação Internacional de Equipamento Móvel

IMS – IP Multimedia Subsystem

IMSI – International Mobile Subscriber Identity

IMT-2000 – International Mobile Telecommunications-2000

IMT-DS – International Mobile Telecommunications-Direct Spread

IrDA – Infrared Data Association

ITU – International Telecommunication Union

IP – Internet Protocol

ISDN – Integrated Services Digital Network

IES – Instituição de Ensino Superior

ISO – International Standards Organization

JSF – Java Server Face

Kbps – Kilobytes por segundo

LAN – Local Area Network

LED – Light Emitting Diode ou Diodo Emissor de Luz

LTE – Long Term Evolution

Mbps – Megabytes por segundo

MHz – Megahertz

MMS – Serviços de Mensagem Multimídia

MODEM – Modulação e Demodulação

MS – Mobile Station

MSC – Mobile-Services Switching Centre

NMT – Nordic Mobile Telephone Network

NTIC – Novas Tecnologias da Informação e Comunicação

OFDMA – Orthogonal Frequency-Division Multiple Access

OMC – Operational and Maintenance Center

OSI – Open System Interconnection

PC – Personal Computer

PCM – Pulse Code Modulation

PAN – Personal Area Network

PCMCIA – Personal Computer Memory Card International Association

PCU – Packet Control Unit

PDA – Personal Digital Assistant ou PDA-Phone = Vide Smartphone

PIN – Personal Identification Number

PLC – Programmable Logic Controller

PPP – Point-to-Point Protocol

PSK – Phase-Shift Keying

PTS – Ponto de Transferência de Sinalização

RF – Rádio Freqüência

RDSI – Rede Digital de Serviços Integrados

RTPC – Rede Telefônica Pública Comutada

RTUs – Remote Terminal Units

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition

SDKs – Software Development Kits

SGSN – Serving GPRS Support Node

SIM CARD – Subscriber Identity Module Card.

Smartphone – Termo utilizado para telefones com recursos de PDA, ou vice-versa.

SMS – Short Message Service

SS7 – Signaling System #7 ou Sistema de Sinalização por Canal Comum nº 7

TACS – Total Access Communication System

TC – Time Code

TCP/IP – Transmission Control Protocol – Internet Protocol

TDD – Time Division Duplex

TDMA – Time Division Multiple Access

TIA – Telecommunication Industry Association

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

TRAU – Transcoder and Rate Adapter Unit

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UHF – Ultra High Frequency

UIT – União Internacional de Telecomunicações

UMTS – Sistema Universal de Telecomunicações Móvel ou Universal Mobile Telecommunications System

USB – Universal Serial Bus

VHF – Very High Frequency

VLR – Visit Location Register

VOIP – Voice Over Internet Protocol

WAN – Wide Area Network

WAP – Wireless Application Protocol

WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access

Wi-Fi – Wireless Fidelity

WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access

WLAN – Wireless Local Area Network

WMAN – Wireless Metropolitan Area Network

WPAN – Wireless Personal Area Network

WWAN – Wireless Wide Area Network

WWEA – World Wind Energy Association

WWW – World Wide Web (que em português significa, "Rede de alcance mundial"; também conhecida como Web e WWW)

X.25 – É um protocolo padronizado pela UIT que especifica a interface entre um sistema computacional e uma rede de comunicação por pacotes.

RESUMO

Esta Tese apresenta o desenvolvimento de um modelo de sistema capaz de monitorar, adquirir, armazenar e transmitir dados remotamente utilizando diversos sensores e rede de celulares 3G para ser aplicada no projeto de pequenos aerogeradores, tendo como meta gerar um produto que apresente boa relação custo/eficiência, com emprego de materiais e processos de manufatura adaptados à realidade mundial. É apresentado um novo modelo de sistema para aquisição de dados, baseado na integração das novas tecnologias da informação e comunicação e de técnicas de processamento analógico e digital de sinais, visando estudar o desempenho de parâmetros gerados em um pequeno aerogerador de bancada. Através deste modelo será possível monitorar continuamente, dentro dos intervalos previstos de amostragem, a ocorrência de mudanças dos parâmetros analisados através de sensores instalados no aerogerador. Os resultados das análises destes sensores podem ser adquiridos e transmitidos remotamente através da Rede 3G, diretamente para uma sala de operações ou ainda ser disponibilizada na WEB através das novas tecnologias e mídias sociais. As informações aqui estudadas mostram resultados que podem ser úteis para qualquer segmento do mercado e para todas as áreas científicas, econômicas e ambientais, que queiram conhecer e aplicar o modelo de um sistema de aquisição e monitoração de dados para o gerenciamento de aerogeradores de pequeno porte. Apesar de no experimento ter sido utilizado variáveis de um aerogerador, são mostradas outras aplicações possíveis de aquisição de dados, monitoramento e experimentos remotos utilizando-se o canal de comunicação celular 3G e a integração das novas tecnologias de informação e comunicação.

Palavras-chave: Aerogeradores, Monitoração remota, Redes Celulares 3G, Aquisição de Dados, Sensores, NTICs.

ABSTRACT

This thesis presents the development of model system that can monitor, acquire, store and transmit data remotely using various sensors and 3G cellular network to be applied in the design of small wind turbines, aiming to generate a product that presents a cost-efficient through use of materials and manufacturing processes adapted to the reality world. It presented a new model system for data acquisition based on the integration of new information technologies and communication and processing techniques of analog and digital signals, to study the performance of parameters generated in a small wind turbine bench and remote. Through this model will be possible to monitor continuously, within the ranges provided for sampling, the occurrence of changes of parameters measured by sensors installed in the turbine. The results of analysis of these sensors can be acquired and transmitted remotely via the 3G network, directly to an operating room or be available on the Web with new technologies and social media. The information studied here show results that may be useful for any market segment and for all scientific, economic and environmental issues, willing to learn and apply the model of an acquisition system and data monitoring for management of small wind turbines. Although the experiment has been used variables of a wind turbine, are shown other possible applications of data acquisition, remote monitoring and experiments using the 3G mobile communication channel and the integration of new information technologies and communication.

Keywords: Wind Turbine, Remote Monitoring, 3G Cell Phone Networks, Data Acquisition, Sensors, NTICs.

1. CAPÍTULO 01 – INTRODUÇÃO

1.1 Considerações preliminares

A cada dia, cada vez mais a transmissão de dados torna-se um recurso fundamental para os diversos setores do mercado. O desenvolvimento econômico e o avanço tecnológico dos dias atuais nos trazem a necessidade de cada vez mais comunicação instantânea, tornando-se como estratégia nossa sobrevivência em mercados onde a informação em tempo real será determinante para a conquista de novos clientes (GASPARINI, A. F. L., 2002). A crescente necessidade de se obter a informação em diversos locais simultaneamente, mostrando resultados on-line, faz com que os meios de comunicação de dados estejam cada vez mais presentes no dia-a-dia das pessoas e das empresas obrigando a constante busca por novas técnicas e meios de estabelecer essa comunicação.

Disponibilizar sistemas de monitoração, supervisão e controle de dados on-line em máquinas e equipamentos em tempo real, não é uma tarefa fácil. Na estratégia de investimento, a escolha apropriada das tecnologias, e os meios de estabelecer essa comunicação na integração dos diversos equipamentos distribuídos em locais diferentes “remotos” é um fator importante para o sucesso dos dados que se queiram monitorar. As novas tecnologias de informação e comunicação nos trazem recursos interessantíssimos que podem ser aplicados na integração de diversos sistemas tecnológicos, ao monitoramento, a aquisição de dados remotamente, ao aprendizado e a experimentos à distância. A Internet tem contribuído para o alargamento destes meios na área da monitoração, experimentação e controle de dados, potencializando a realização remota de experiências e estabelecendo assim novos paradigmas de aprendizagem.

Numa perspectiva pedagógica, a atividade experimental, essencial no ensino da engenharia, fomenta a construção de modelos mentais baseados na observação prática de conceitos e princípios, proporcionando a ligação da teoria à realidade.

Uma atividade experimental baseada em um laboratório remoto pode proporcionar aos estudantes uma aproximação deste com o mundo real, uma vez que, as atividades de laboratório desempenham um papel crítico na formação, principalmente em cursos nas áreas das ciências naturais e tecnológicas e também representam uma maneira de compartilhamento de recursos, de tal forma a reduzir os custos para utilização destes recursos, por parte das instituições de ensino, além de constituir em um fator de enriquecimento da experiência educacional (SILVA, J. B., 2006). E esta atividade será tanto mais importante quanto mais consiga incutir a capacidade de solução de problemas práticos e o enriquecimento e solidificação dos conhecimentos teóricos por oposição a formas de conhecimento abstrato e freqüentemente volátil.

Na perspectiva da indústria, aprender com o que está pronto em tempo real é superar os obstáculos da concorrência com o menor investimento possível na resolução de problemas, melhoria continua dos processos e para o crescimento da produção.

Numa perspectiva de engenharia, o desenvolvimento de novas formas de acesso as informações tem alargado consideravelmente as necessidades de formação em todas as suas áreas. Para Juarez Bento da Silva (2006), um dos aspectos fundamentais no ensino dentro das áreas tecnológicas e das ciências naturais é a prática que os alunos podem adquirir quando manuseiam diferentes dispositivos e instrumentos eletrônicos, mecânicos e outros. Isto lhes permitirá aplicar e desenvolver os conhecimentos teóricos adquiridos.

Esta tese propõe um modelo para a integração das novas tecnologias da informação e comunicação através do desenvolvimento de um sistema para aquisição e monitoração de dados remotamente utilizando sensores e redes de celulares 3G aplicados ao monitoramento de variáveis de um aerogerador de pequeno porte montado sobre bancada de testes. A utilização de energias renováveis, como a geração de energia eólica, é cada vez mais evidente. A redução das emissões de CO₂ está sendo buscada por países conscientes e a revolução energética pode ser uma realidade (GREENPEACE, 2008), aumentar o conforto do dia a dia, consumindo menos energia e energia limpa.

Os sistemas de geração eólica estão em larga expansão, segundo o Global Wind Energy Council (GWEC), WWEA e a Eletrobrás, conforme figura 01 abaixo, que é uma das associações representativas deste mercado.

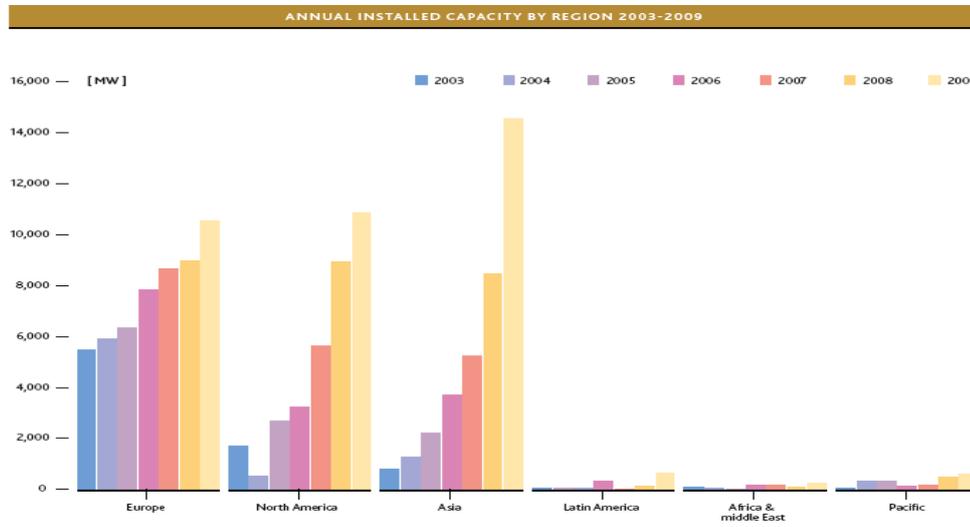


Figura 01 – Annual installed capacity by region 1996-2009

Fonte: Global Wind Energy Council

A demanda por esta tecnologia está crescendo a passos largos acima da média esperada, inclusive, muitos fabricantes têm um tempo de entrega da ordem de dois anos ou mais, (QIAO e SAWYER, 2008). A motivação da criação de um novo modelo de sistema de aquisição e monitoramento de dados remotamente pode ser explicada quando se percebe que a capacidade mundial de energia eólica instalada aumenta a cada dia conforme é mostrado pelo Global Wind Energy Council (GWEC, 2009), figura 02.



Figure 02 – World total installed capacity

Source: World Wind Energy Report, 2009

Os números falam por si existe uma ampla e crescente demanda global de energia eólica, livre de emissões, que pode ser instalada rapidamente em qualquer parte do mundo. O Brasil, apesar de possuir um grande potencial para a utilização dessa forma de energia, tem hoje uma reduzida capacidade instalada não tendo a indústria nacional condições de atender a demanda de crescimento dessa capacidade. A falta de inovação tecnológica é o principal obstáculo para o desenvolvimento do setor de energia eólica no Brasil, de acordo com, diretora executiva da Associação Brasileira de Energia Eólica (CAMPOS, I. 2009).

O interesse em direcionar o projeto de criação de um modelo de sistema para a aquisição e monitoração de dados em turbinas de baixa potência visa facilitar a fabricação de protótipos com custos e complexidade adequados à implantação de pesquisa deste tipo de equipamento no país além do que as chamadas turbinas de baixa potência, definidas por sua capacidade nominal de até 100KW, representam uma importante parcela do mercado global de turbinas eólicas. Embora o mercado de usinas eólicas esteja em crescimento no Brasil, ele já movimentava 02 bilhões de dólares no mundo. Existem muitas turbinas eólicas de grande porte em operação no mundo, com capacidade instalada da ordem de 13.500MW. A energia eólica pode garantir 10% das necessidades mundiais de eletricidade até 2020, pode criar 1,7 milhões de novos empregos e reduzir a emissão global de dióxido de carbono na atmosfera em mais de 10 bilhões de toneladas. Os campeões de uso dos ventos são a Alemanha, a Dinamarca e os Estados Unidos, seguidos pela Índia e a Espanha. A figura 3 representa a evolução tecnológica, dimensional e de potência das turbinas eólicas desenvolvidas nos últimos anos.

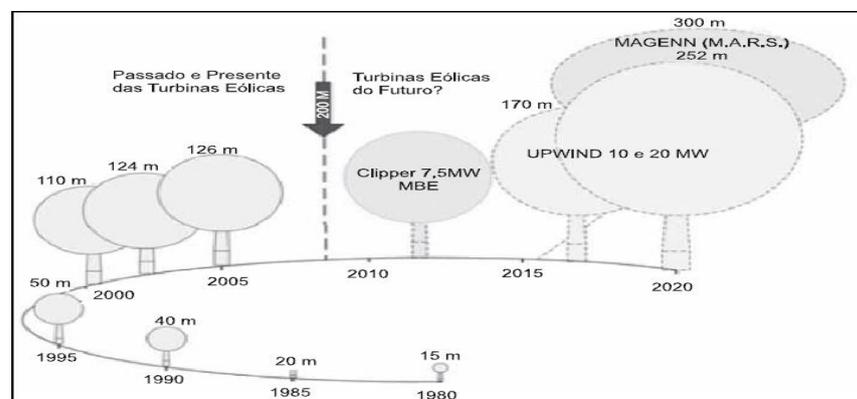


Figura 03 – Evolução das Turbinas Eólicas

Fonte: Garrad Hassan (Apresentação da Proventos).

No âmbito nacional, o estado do Ceará destaca-se por ter sido um dos primeiros locais a realizar um programa de levantamento do potencial eólico, que já é utilizado por cerca de 160 mil pessoas, (MORTHOEST, P. E., CHANDLER, H., 2004). As usinas eólicas deverão quintuplicar sua capacidade instalada para geração de energia elétrica até 2013. A previsão é do presidente da Associação Brasileira de Energia Eólica (Abeeólica), Ricardo de Maya Simões. O setor, que hoje tem 744 megawatts (MW) de capacidade instalada, e ainda 1.806 MW em processo de instalação, terá mais 2.047 MW até 2013, resultado dos contratos fechados nos leilões, totalizando 4597 MW. “Hoje está próximo a mil megawatts [de capacidade instalada]. Ano que vem, será 1.300 MW, 2012 teremos 3,1 mil MW, e em 2013 mais cinco 5 mil MW de capacidade instalada”. A figura 04 mostra o potencial eólico brasileiro instalado.

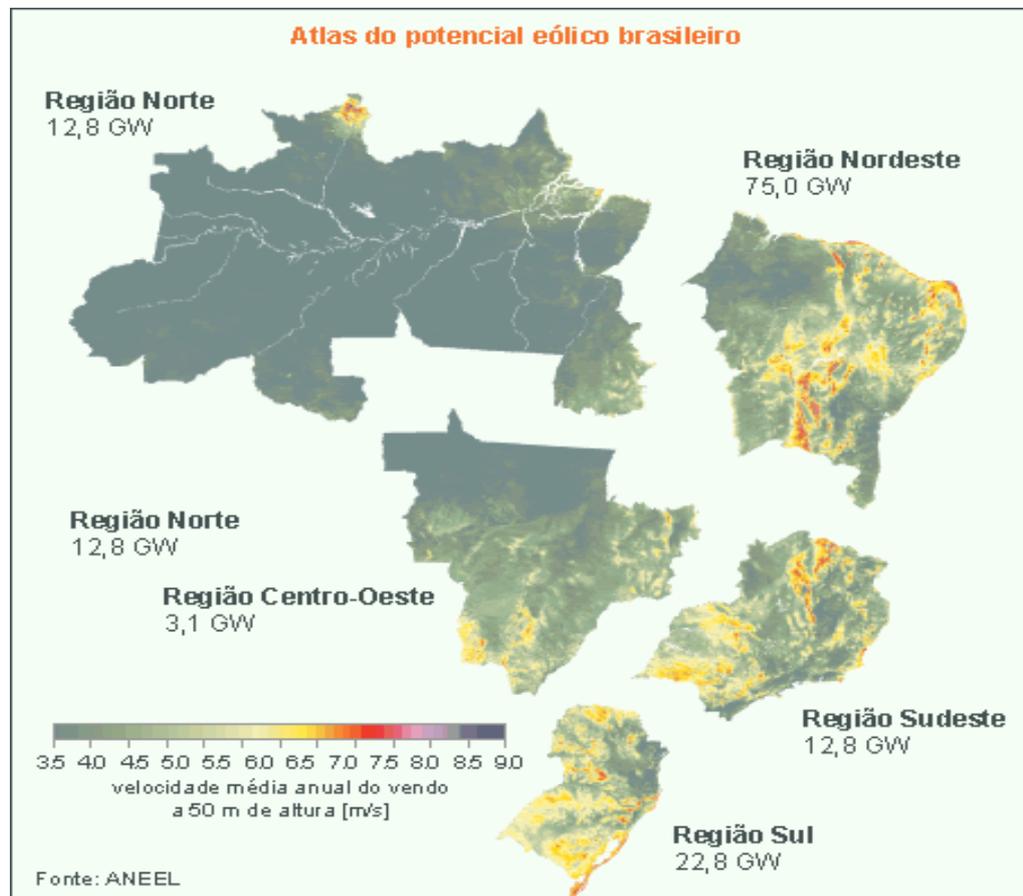


Figura 04 – Atlas do potencial eólico brasileiro

http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/atlas_eolico_brasil/atlas.htm

Vários estados brasileiros seguiram os passos do Ceará, iniciando programas de levantamento de dados de vento. Hoje existem mais de cem anemômetros¹ computadorizados espalhados pelo território nacional. Um mapa preliminar de ventos do Brasil, gerado a partir de simulações computacionais com modelos atmosféricos é mostrado na figura 05.

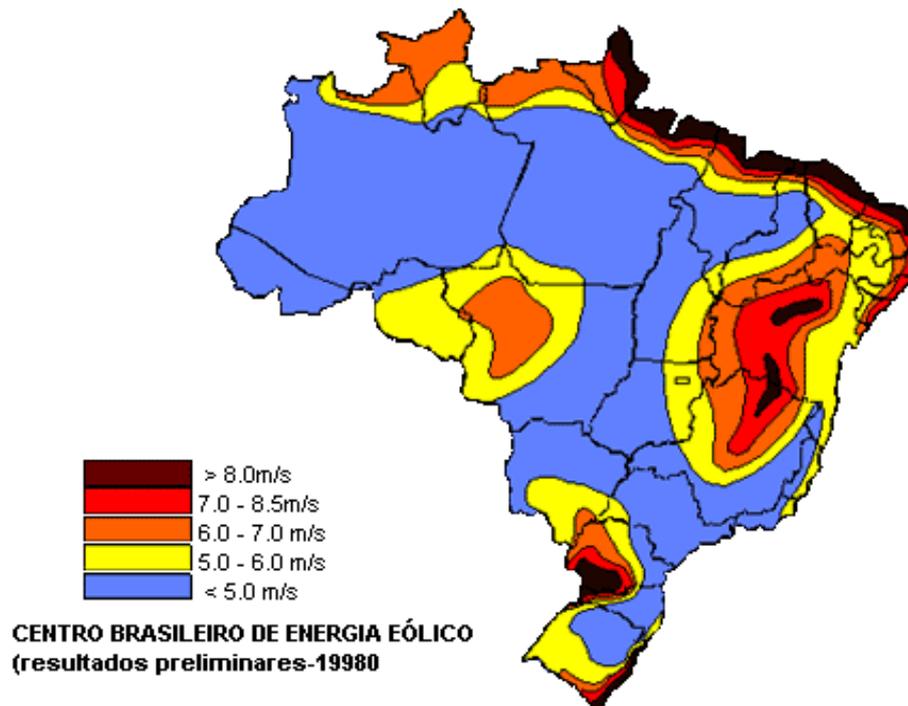


Figura 05 – Mapa das potencialidades eólicas do Brasil.

Fonte: Dados do CBEE

Considerando o grande potencial eólico do Brasil, confirmado através de estudos recentes, é possível produzir eletricidade a custos competitivos com centrais termoelétricas, nucleares e hidroelétricas, com custo reduzido. A tabela 01 mostra as potencialidades de energia eólica do Brasil citado pelo CBEE.

¹ É um instrumento usado para medir a velocidade do vento. Existem vários tipos de anemômetros: os de bolso, que tem a capacidade de medir o vento com a velocidade mínima de 0,3 m/s (01 km/h) e máxima de 40 m/s (144 km/h). Outro exemplo de anemômetro é o que fica nas estações meteorológicas, aeroportos, etc.. Esse tipo de anemômetro fica instalado no local, possui três ou quatro braços, cujas extremidades são formadas por duas metades ocas de esferas que o vento faz rodar. O movimento de rotação aciona uma vareta central que está ligada a um registrador usado para registrar a velocidade do vento.

Tabela 01 – Usinas Eólicas em Operação no Brasil (Fevereiro de 2009)

Fonte: CBEE, 2009

USINA	POTÊNCIA FISCALIZADA (MW)	MUNICÍPIO
Eólica de Prainha	10,00	Aquiraz (CE)
Eólica de Taiba	5,00	São Gonçalo do Amarante (CE)
Parque eólico de Beberibe	25,60	Beberibe (CE)
Mucuripe	2,40	Fortaleza (CE)
Foz do Rio Choró	25,20	Beberibe (CE)
Eólica Canoa Quebrada	10,50	Aracati (CE)
Lagoa do Mato	3,23	Aracati (CE)
Eólica Paracuru	23,40	Paracuru (CE)
Taíba Albatroz	16,50	São Gonçalo do Amarante (CE)
Eólica-Elétrica Experimental do Morro do Canelinho	1,00	Gouveia (MG)
Millennium	10,20	Mataraca (PB)
Presidente, Cumurim, Albatroz, Atlantida	4,50	Mataraca (PB)
Caravelas, Coelho II e IV, Mataraca	4,50	Mataraca (PB)
Eólica de Fernando de Noronha, Eólica Olinda	0,23	Fernando de Noronha (PE)
Pedra do Sal	15,30	Parnaíba (PI)
Eólica-Elétrica de Palmas	2,50	Palmas (PR)
RN 15 - Rio do Fogo	49,30	Rio do Fogo (RN)
Macau	1,80	Macau (RN)
Parque Eólico de Osório, Sangradouro, dos Índios	50,00	Osório (RS)
Eólica de Bom Jardim	0,60	Bom Jardim da Serra (SC)
Parque Eólico do Horizonte	4,80	Água Doce (SC)
Eólica Água Doce	9,00	Água Doce (SC)

Em termos globais, conforme mostra a figura 06 as perspectivas apontam para crescimento da capacidade eólica. No Brasil, um comprometimento mais firme e crível do governo com a contratação de quantidades anuais mínimas de energia eólica no médio e longo prazo foi entendida como crucial para assegurar a vinda de fabricantes de aerogeradores e o crescimento da capacidade eólica do país.

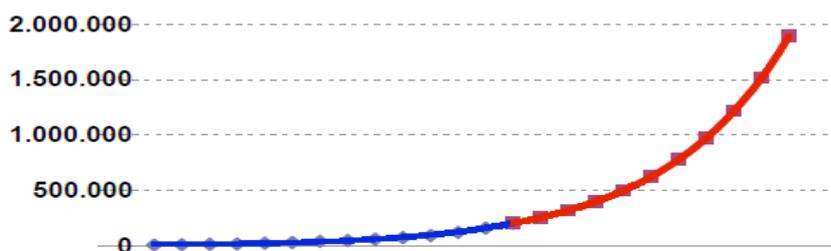


Figura 06 – Capacidade eólica total instalada 1997-2020

Fonte: Word Wind Energy Report, 2009

1.2 Problema da Pesquisa

Aerogeradores de pequeno porte são equipamentos que necessitam de pouca manutenção por isso não é justificável que uma pessoa fique in loco para fazer um eventual reparo. Como estes sistemas de geração de energia eólica de pequeno porte não são providos de sistemas de monitoramento e uma vez que suas instalações normalmente são em lugares remotos o problema a ser solucionado é mostrar nesta tese através de estudos, desenvolvimento e implementação de um modelo de sistema que integrará novas tecnologias da informação e comunicação e que reúnam todos os dados de operação disponíveis e emita de forma automática e em tempo real um diagnóstico completo sobre a operação dos aerogeradores e permitam a detecção preditiva de problemas de operação.

1.3 Hipóteses

Estes sistemas de geração eólica são equipamentos complexos, formados por um conjunto de mecanismos que interagem no processo de geração de energia. Além do próprio grupo turbina e ou aerogerador, destacam-se os reguladores de tensão, análise dos ventos, velocidade, sistemas de controle de vibração, mecanismos de automação, sistemas de controle e dispositivos de segurança. Os elementos principais destas unidades de geração de energia eólica são verificados continuamente através dos estados de suas variáveis, normalmente expressas por sinais elétricos provenientes dos próprios equipamentos envolvidos no processo ou dos sensores e transdutores disponíveis que interpretam o comportamento das grandezas físicas associadas. (FERREIRA, M.P. ET. AL. 1997).

Considerando que todos estes itens são foco de observação permanente das equipes de operação, manutenção e controle esta tese tem como hipótese mostrar através do modelo apresentado condições de falhas, registros detalhados dos sinais elétricos que permitem uma análise precisa dos problemas ocorridos e até mesmo a reprodução simulada da ocorrência para a definição de uma solução adequada que permitam o acompanhamento das condições operativas e a validação do desempenho e performance dos sistemas de geração eólica de pequeno porte.

1.4 Justificativa e aspectos inovadores

Nos diversos tipos de aerogeradores, onde um grande número de parâmetros mecânicos (níveis de vibração, desgastes de pastilhas de freio, temperaturas, dentre outros.) e elétricos (tensão e potências de saída do gerador) são monitorados, não existe um sistema que reúna todos os dados de operação disponíveis e emita de forma automática e em tempo real um diagnóstico completo sobre a operação dos aerogeradores e permitam a detecção preditiva de problemas de operação. Desta forma, a monitoração permanente dos sistemas envolvidos no processo de geração de energia eólica torna-se extremamente importante para as equipes de operação, manutenção e controle.

A disponibilização de dados em tempo real e o registro detalhado de sinais que traduzam o estado e a dinâmica dos sistemas de campo são ferramentas essenciais para se extrair o máximo da capacidade das usinas de geração de energia eólica. Permite diagnosticar e solucionar os problemas no processo de geração de forma rápida, precisa e eficaz, aumentando os níveis de disponibilidade e reduzindo os custos associados ao sistema de geração de energia eólica. Um modelo de sistema deste tipo permite a obtenção de dados remotamente, contribuindo para o conhecimento e caracterização de diversos ambientes. Existe, assim, uma quantidade considerável de aplicações potenciais, incluindo a avaliação e controle de recursos e a resposta a desastres naturais. A sua utilidade na caracterização da análise em pequenos aerogeradores terá implicações diretas e importantes em áreas científicas, econômicas e ambientais com estas relacionadas, destacam-se os principais:

Y Monitoração e aquisição de dados em aerogeradores, propiciando a qualidade do produto analisado em tempo real, redução dos custos operacionais, maior desempenho de produção, base para outros sistemas, ou seja, vantagens competitivas:

† **Qualidade:** Através da aquisição e do monitoramento das variáveis do processo produtivo, (desgastes, temperatura, vazão, etc.) é possível determinar níveis ótimos de trabalho. Caso estes níveis saiam da faixa

aceitável a plataforma de aquisição e monitoração pode gerar informações na tela de um computador ou celular, alertando o operador do processo para um eventual problema no processo produtivo. Desta forma, as intervenções no processo são feitas rapidamente, garantindo que o produto final sempre tenha as mesmas características.

- † **Redução dos custos operacionais:** Imagine um processo produtivo com inúmeros instrumentos de medição. Quanto tempo e quantos funcionários especializados seriam necessários para percorrer todo o processo de produção a fim de realizar a leitura de todos os instrumentos? Quantas planilhas seriam necessárias e qual a probabilidade de erros humanos? Com um modelo de sistema adequado de aquisição e monitoração via rede 3G é possível centralizar toda a leitura dos instrumentos de campo, gerar gráficos de tendência e gráficos históricos das variáveis do processo. São necessários poucos funcionários especializados e com poucos “cliques” de mouse ou botões do celular é possível realizar a leitura dos instrumentos de um processo industrial inteiro.
- † **Maior desempenho de produção:** Através da rapidez da leitura dos instrumentos de campo, as intervenções necessárias podem ser feitas mais rapidamente. Problemas de parada de máquina por defeitos podem ser diagnosticados mais pontualmente e os setups de máquina também são agilizados.
- † **Base para outros sistemas:** A plataforma de aquisição e monitoração remota via 3G podem coletar os dados do processo produtivo e armazená-los em banco de dados. Estes dados podem ser utilizados para gerar informações importantes, sendo integrados com sistemas proprietários da empresa. Podem também fornecer dados em tempo real, para sistemas que realizam cálculos, sistemas de controle da qualidade, de processos, de produção, etc.

- ǻ Monitoração e manutenção de infra-estruturas como dutos de petróleos, estruturas de pilares em pontes, barragens;
- ǻ Monitoração dos recursos naturais com a avaliação e controle de extração de inertes, navegabilidade fluvial, medida do fluxo da água, do gás e do óleo;
- ǻ Monitoração e controle de centrais elétricas;
- ǻ Terminais remotos e pontos de vendas;
- ǻ Transmissão e monitoração de dados de estações metereológicas;
- ǻ Supervisão do equipamento de telecomunicações (estações base móveis, microondas ou estações retransmissoras ópticas).
- ǻ Experimentação remota e utilização no ensino e aprendizagem através de plataformas WEB e redes de Celulares 3G.

Este modelo de sistema, observado as suas características, permitirá uma intervenção rápida perante circunstâncias dos eventos que ocorram, bem como este trabalho assenta no desenvolvimento de conhecimentos de processamento de sinais e de aplicação em sistemas de detecção remota baseados na integração das NTIC's, redes de Celulares 3G e redes Sociais. A importância científica da área justifica, contudo, a formação avançada de mais pessoas nesta especialidade e afins. A área científica do projeto proposto é, pelas suas características, muito próxima de outras áreas distintas de conhecimento e aplicações. Os sistemas de aquisição e o processamento dos dados por eles obtidos recorrem ao mesmo tipo de conhecimentos científicos. Note-se a relevância desta área perante a disponibilidade de outros sistemas através de satélites destinados a cobrir o globo contendo uma grande quantidade de informação e através de redes com fios (exemplo as redes de fibras ópticas).

1.5 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar um modelo de sistema capaz de adquirir, monitorar, armazenar e transmitir remotamente dados utilizando sensores e rede de celular 3G aplicados a um aerogerador de pequeno porte.

1.6 Objetivos Específicos

Desenvolver um sistema capaz de simular, transmitir, monitorar e compartilhar variáveis de (temperatura, indicadores de nível de óleo, vibração da torre, desgaste da pastilha de freio do aerogerador, velocidade do vento, saída de energia elétrica da turbina), através de sensores específicos em um pequeno aerogerador.

Compartilhar através das redes sociais as informações adquiridas pelo modelo de sistema que hoje são restritas a um pequeno grupo de desenvolvimento na área de geração de energias renováveis;

Integrar e utilizar melhor os recursos existentes das novas tecnologias da informação e comunicação no gerenciamento de processos produtivos.

Desenvolver plataforma de hardware para dar suporte ao modelo proposto.

Desenvolver software básico e aplicativos para compor e disponibilizar dados de variáveis de um pequeno aerogerador através das NTIC's.

Integrar software e hardware com as novas tecnologias da informação e comunicação.

Validar modelo proposto através de experimentos em pequeno aerogerador.

1.7 Estrutura da Tese

No desenvolvimento desta Tese serão apresentados conceitos teóricos relacionados ao modelo de aquisição e monitoração de dados remotamente, envolvendo revisão bibliográfica, os aspectos técnicos relacionados à implementação, resultados práticos obtidos e conclusões.

O documento apresentado está estruturado em capítulos organizados da seguinte forma:

- ✧ **Capítulo 1** – Introdução: apresenta-se neste capítulo uma contextualização da pesquisa, o problema, hipóteses, justificativas e os objetivos geral e específicos.
- ✧ **Capítulo 2** – Este capítulo inicia a revisão da literatura descrevendo: aerogeradores, expõe o funcionamento dos sistemas das Redes de Celulares no Brasil e no mundo, fala sobre os sistemas de aquisição de dados e mostra dos diversos tipos de sensores utilizados no mercado, descreve as novas tecnologias da Informação e Comunicação, mídias sociais e JAVA.
- ✧ **Capítulo 3** – Descreve o desenvolvimento do modelo de sistema para aquisição e monitoração de dados remotamente utilizando a rede de celular 3G e integração dos itens que compõem a plataforma para análise das variáveis em pequeno aerogeradores montado em bancada de testes.
- ✧ **Capítulo 4** – Mostra a implementação e validação do modelo de sistema proposto ao monitoramento de variáveis em pequenos aerogeradores.
- ✧ **Capítulo 5** – Neste capítulo mostra os resultados e conclusão final da tese, relacionando os resultados, objetivos e problemas encontrados. Com base nas conclusões são apontados também os trabalhos futuros que poderão ser realizados após a defesa da tese.

2. CAPÍTULO 02 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Aerogeradores

Dispositivo com um gerador destinado a converter energia eólica² em energia elétrica ou não é mais do que uma turbina movida pelo vento que aciona um gerador de energia elétrica. Este tipo de gerador tem se popularizado rapidamente devido ao fato de a energia eólica ser um tipo de energia renovável, diferente da queima de combustíveis fósseis. É também considerada uma "energia limpa" (que respeita o meio ambiente), já que não requer uma combustão que produza resíduos poluentes nem a destruição de recursos naturais (MULLER, S., 2002).

Pequenos sistemas de energia eólica são uma das formas mais rápidas de crescimento de clientes, localizados ou "distribuídas" geração de energia elétrica e um dos melhores investimentos de energia para pequenos negócios e proprietários. A energia eólica foi utilizada inicialmente na substituição da força humana e animal em atividades agrícolas. Essa utilização foi sendo desenvolvida através de moinhos de vento, utilizados para moagem de grãos, em serrarias e para bombeamento de água. A revolução industrial trouxe o desenvolvimento das máquinas a vapor, que passaram a substituir tais equipamentos, provocando o declínio na utilização da energia eólica (LARS, G., LARS, L., HEINZ, L. 2007).

Pequenos sistemas de energia eólica normalmente geram energia suficiente para atender às demandas de uma casa, fazenda ou empresa de pequeno porte. Eles podem ser importantes fontes de energia e provaram registros de desempenho, mesmo em locais com ventos modestos. O sucesso da indústria eólica comercial impulsionou avanços significativos na construção de turbinas de pequeno porte, tornando estes sistemas mais confiáveis, mais silenciosos e mais seguros do que aqueles introduzidos em décadas passadas, (SPERA, D. A. 1994). E embora a maior parte da eletricidade produzida seja utilizada no local, a geração de excesso pode ser alimentada em linhas de distribuição, o reforço da rede elétrica.

² O uso da energia eólica consiste na conversão da energia cinética de uma massa de ar em movimento em energia mecânica. Esta é gerada pela rotação das pás em torno de um eixo, que, através de um gerador elétrico, converte a mesma em energia elétrica.

Pequena escala de energia eólica é o nome dado a sistemas de geração eólica com capacidade para produzir até 50kW de potência elétrica.

Comunidades isoladas, que pode não contar com geradores a diesel podem usar turbinas eólicas para substituir o consumo de combustível diesel. Indivíduos podem adquirir estes sistemas para reduzir ou eliminar a sua dependência de eletricidade da rede, por razões econômicas ou outras. As turbinas de vento foram utilizadas para a geração de energia elétrica residencial, em conjugação com o armazenamento da bateria durante muitas décadas em áreas remotas, (GOLDING, E. W. 1955).

O princípio de funcionamento de um aerogerador consiste basicamente em duas fases de conversão: o rotor, acionado pelas pás do aerogerador, retira energia cinética do vento e a converte em conjugado mecânico e o gerador converte o conjugado mecânico em eletricidade. (PÖLER, M.; ACHILLES, S. 2003). Os aerogeradores são formados basicamente pela turbina eólica, gerador elétrico e sistemas de controles. Os geradores utilizados nos parques eólicos são: Geradores síncronos a imã permanente, geradores síncronos a rotor bobinado, geradores de indução duplamente excitados e geradores de indução em gaiola. Neste trabalho, as simulações são realizadas com geradores síncronos a rotor bobinado. A turbina eólica é modelada com base nas variáveis mecânicas como velocidade mecânica do rotor, características da velocidade do vento e sistemas de controle. Os sistemas de controle permitem controles do sistema eólico proporcionando maior confiabilidade para o sistema. Os principais tipos de sistemas de controle são:

- A. **Controle Aerodinâmico:** Este controle permite alterações nas características de absorção do vento através da rotação das pás, em torno do seu eixo. Essa característica permite o controle da potência mecânica da turbina eólica para velocidade do vento acima de um valor máximo admissível. Este controle é chamado de controle das pás ou “pitch-control”;
- B. **Controle dos conversores:** Esse controle é realizado através dos conversores e respectivos controladores que permitem o controle de variáveis como potência ativa, potência reativa, fator de potência e tensão. Sua implementação dependerá da estratégia de controle utilizada.

- C. **Controle de campo do gerador elétrico:** Este controle permite que a tensão nos terminais do gerador seja controlada em um valor de referência. Os controles mecânicos e elétricos devem ser modelados para reproduzir o funcionamento real do sistema eólico.
- D. **Sistema eólico:** É constituído por vários componentes que devem trabalhar em harmonia de forma a propiciar um maior rendimento final. Para efeito de estudo global da conversão eólica devem ser considerados os seguintes componentes conforme figura 07 abaixo. Componentes: 1 – Rotor e Cubo do rotor; 2 – Pás do rotor; 3 – Sistema hidráulico; 4 – Sistema de posicionamento da nacelle; 5 – Engrenagem de posicionamento; 6 – Caixa multiplicadora de rotação; 7 – Disco de freio; 8 – Acoplamento do gerador elétrico; 9 – Gerador elétrico; 10 – Sensor de vibração; 11 – Anemômetro; 12 – Sensor de direção; 13 – Nacelle, parte inferior; 14 – Nacelle, parte superior; 15 – Rolamento do posicionamento; 16 – Disco de freio do posicionamento; 17 – Pastilhas de freio; 18 – Suporte do cabo de força; 19 – Torre.

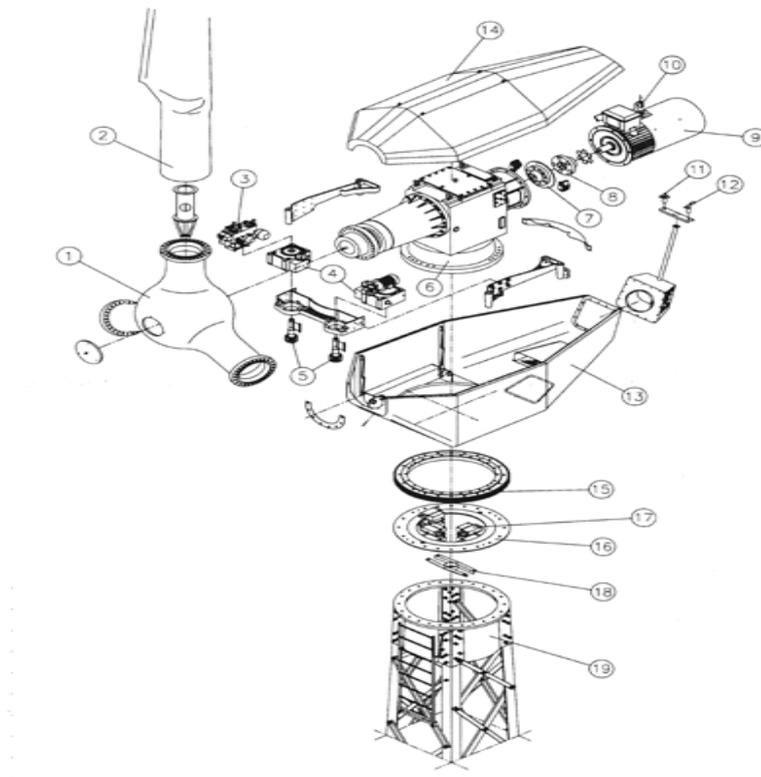


Figura 07 – Componentes de um sistema eólico.

2.1.1 Tipos de Aerogeradores

A utilização do vento como fonte de energia é uma prática utilizada há milênios. À medida que a agricultura foi sendo desenvolvida, a humanidade sentiu necessidade de encontrar métodos de reduzir o seu esforço, bem como o desgaste dos animais. Com estas motivações surgiram os moinhos de vento. Estes, em sua maioria, tinham como objetivo a moagem de grãos e o bombeamento de água (CARVALHO, P. 2003). No final do século XIX, a descoberta da eletricidade e a instalação de geradores e redes de transmissão em larga escala originaram um declínio na utilização de moinhos de ventos. Entretanto, alguns países com poucas fontes energéticas investiram no desenvolvimento da energia eólica. Em 1891, na Dinamarca, foi construído o primeiro gerador eólico para a geração de energia elétrica (CARVALHO, P. 2003). No início na utilização da energia eólica, surgiram turbinas de vários tipos – eixo horizontal, eixo vertical, com apenas uma pá, duas e três pás, gerador de indução, gerador síncrono. (FIDELIS, N.F.S., et. al). Com o passar do tempo, consolidou-se o projeto de turbinas eólicas com as seguintes características: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura não-flexível. A seguir são mostrados alguns tipos de aerogeradores.

A. Aerogerador de eixo horizontal

Os aerogeradores de eixo horizontal baseiam-se no princípio de funcionamento dos moinhos de vento. São constituídos por turbinas de uma a três pás com um perfil aerodinâmico. A turbina de três pás é a mais comum, pois constitui um bom compromisso entre coeficiente de potência, custo, velocidade de rotação bem como uma melhor estética relativamente às turbinas de duas pás.

Estes equipamentos de energia eólica de eixo horizontal são as mais utilizadas também porque o seu rendimento aerodinâmico é superior às de eixo vertical, estão menos expostas aos esforços mecânicos e o seu custo é mais baixo. As figuras 08, 09 e 10 abaixo mostram moinhos de vento e aerogeradores mais utilizados na geração de energia elétrica nos dias atuais.



Figura 08 – Moinhos de vento

Fonte: <http://www.sizilien-sicily-sicilia.de/Energie-uk.htm>, acesso em 23/05/2010

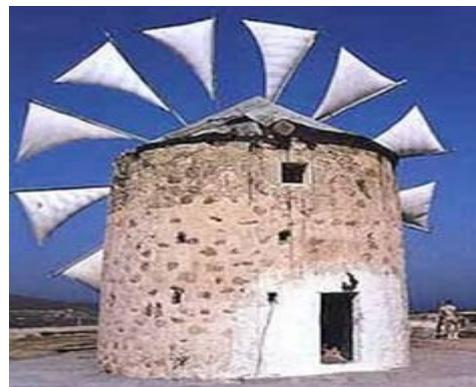


Figura 09 – Moinho de vento com velas

Fonte: <http://www.olympia.nl/home1-5/griekenland/kos/pages-kos/atmz/beziensw-antimachia-kos.html>, acesso em 23/05/2010



Figura 10 – Gerador eólico de eixo horizontal e moinho de vento

Fonte: http://www.sfiac.org.br/artigos/energia/avaliacao_projetos_desenvolvimento_sustentavel_energia_eolica_ce.htm, acesso em 23/03/2010

Existem duas categorias de eólicas de eixo horizontal:

- ✧ **Frontais ("upwind"):** o vento sopra pela parte frontal. As pás são rígidas e o rotor é orientado segundo a direção do vento através de um dispositivo motor.

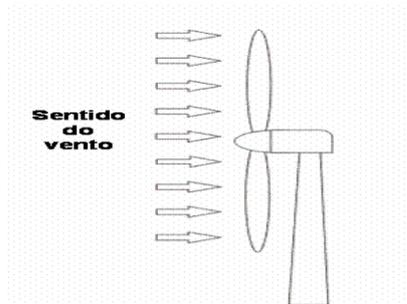


Figura 11 – Esquema de uma eólica de eixo horizontal "upwind"

Fonte: <http://www.diebrennstoffzelle.de/alternativen/wind/index.shtml> , acesso em 22/03/2010

- ✧ **Retaguarda ("downwind"):** o vento sopra pela retaguarda das pás. O rotor é flexível e auto-orientável.

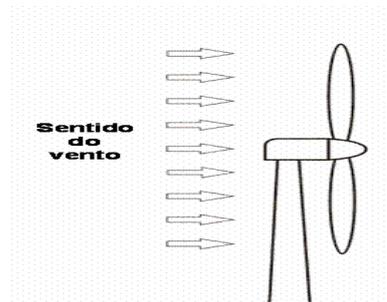


Figura 12 – Esquema de uma eólica de eixo horizontal "downwind"

Fonte: <http://www.diebrennstoffzelle.de/alternativen/wind/index.shtml> , acesso em 22/03/2010

A colocação da turbina no topo é a forma mais utilizada por ser a mais simples e a que conduz à melhores resultados para grandes potências; são menores os esforços de manobra e melhor a estabilidade. As pás da turbina devem sempre ser orientadas segundo a direção do vento, para o que existem dispositivos mecânicos de orientação. Atualmente, as eólicas de eixo horizontal com um rotor do tipo hélice, representam um interesse importante para a produção de eletricidade em grande escala.

B. Aerogeradores de eixo vertical:

Esse tipo de aerogerador possui um eixo vertical e aproveita o vento que vem de qualquer direção. São mais indicados para moagem de grãos, recargas de baterias, irrigação. Dos aerogeradores com eixo vertical o Savonius (figuras 13 e 14) e o Darrieus (figuras 15 e 16) são os mais usados. As torres das eólicas de eixo vertical são baixas; entre 0,1 e 0,5 vezes a altura do próprio rotor, o que permite a colocação de todo o dispositivo de conversão de energia (gerador, caixa de velocidades, etc.) na base do aproveitamento, facilitando assim as operações de manutenção. Além disso, neste tipo de aerogeradores, não é necessário o dispositivo de orientação da turbina face ao vento, tal como acontece nos aerogeradores de eixo horizontal.

Por outro lado, o vento junto ao solo é de mais fraca intensidade o que implica um menor rendimento deste tipo de aerogeradores e a torre fica sujeita a elevados esforços mecânicos. É por estas razões que, atualmente, os construtores privilegiam os aerogeradores de eixo horizontal. Os dois tipos de estruturas de aerogeradores de eixo verticais mais utilizados baseiam-se no princípio do acionamento diferencial ou da variação cíclica de incidência da força.

O rotor de Savonius baseia-se no princípio do acionamento diferencial. Os esforços exercidos pelo vento em cada uma das faces do corpo oco são de intensidades diferentes, resultando um movimento rotativo do conjunto. Figuras 12 e 13 abaixo.

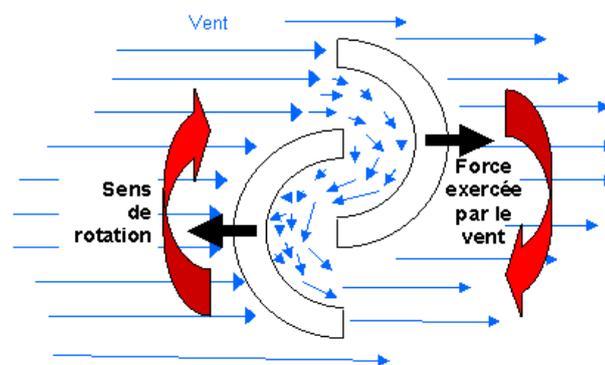


Figura 13 – Esquema do princípio de funcionamento do rotor de Savonius

Fonte: <http://muextension.missouri.edu/explore/agguides/agengin/g01981.htm>

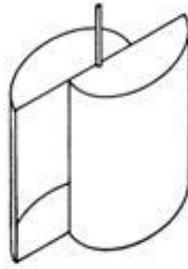


Figura 14 – Esquema do rotor de Savonius

Fonte: <http://muextension.missouri.edu/explore/agguides/agengin/g01981.htm>

O rotor de Darrieus baseia-se no princípio da variação cíclica de incidência. Um perfil colocado ao vento segundo diferentes ângulos fica submetido a forças de intensidade e direção variáveis; a resultante destas forças gera um binário motor responsável pela rotação do dispositivo. As figuras 14 e 15 mostram este tipo aerogerador.



Figura 15 – Aerogerador de Darrieus

Figura 16 – Esquema do rotor de Darrieus

Fonte: <http://www.jura.ch/lcp/forum/energies/vent.html>

C. Aerogeradores de pás múltiplas ou cata-ventos:

Aerogeradores de pás múltiplas ou cata-ventos: possuem de 16 a 32 pás e chegam a ter 15 m de altura. São bastante encontrados em fazendas americanas, por isso também são conhecidos como moinhos americanos.

São mais usados para o bombeamento de água e produzem baixa potência devido ao número elevado de pás, figura 17.



Figura 17 – Aerogerador de múltiplas pás ou cata-vento

Fonte: <http://2.srv.fotopages.com/1/153529/04-Cataventos-nas-salineiras.jpg>

2.1.2 Componentes do Sistema

Os componentes principais de um sistema eólico são mostrados na figura 18 a seguir:

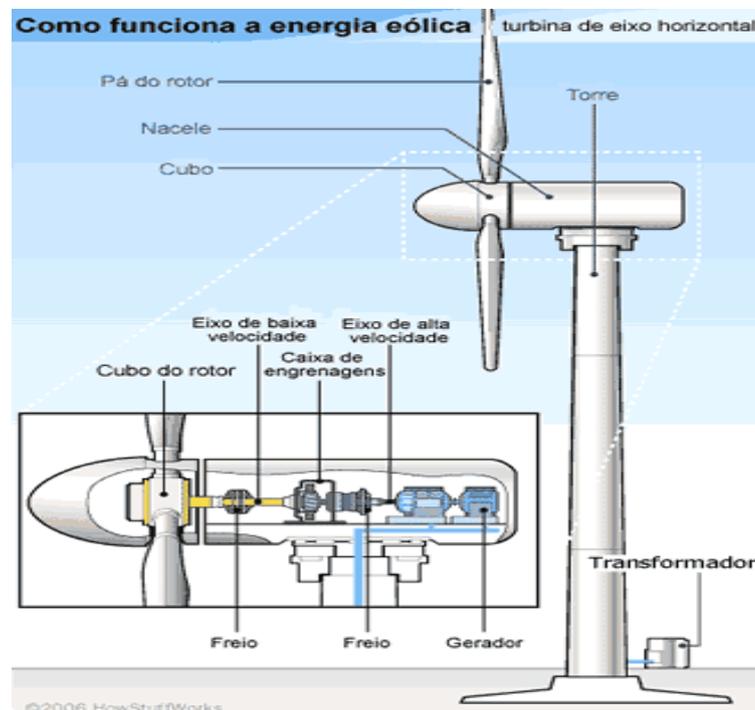


Figura 18 – Componentes de um sistema eólico.

Fonte: <http://energiaeolicas.blogs.sapo.pt>

Descrição dos componentes principais de um aerogerador:

- Y **pás do rotor:** capturam a energia do vento e a convertem em energia rotacional no eixo;
- Y **eixo:** transfere a energia rotacional para o gerador;
- Y **nacelle:** é a carcaça que abriga:
 - Y **caixa de engrenagens:** aumenta a velocidade do eixo entre o cubo do rotor e o gerador;
 - Y **gerador:** usa a energia rotacional do eixo para gerar eletricidade usando eletromagnetismo;
 - Y **unidade de controle eletrônico** (não mostrada): monitora o sistema, desliga a turbina em caso de mau funcionamento e controla o mecanismo de ajuste para alinhamento da turbina com o vento;
 - Y **controlador** (não mostrado): move o rotor para alinhá-lo com a direção do vento;
 - Y **freios:** detêm a rotação do eixo em caso de sobrecarga de energia ou falha no sistema.
- Y **torre:** sustenta o rotor e a nacelle, além de erguer todo o conjunto a uma altura onde as pás possam girar com segurança e distantes do solo;
- Y **equipamentos elétricos:** transmitem a eletricidade do gerador através da torre e controlam os diversos elementos de segurança da turbina.

2.2 Sistemas Celulares

2.2.1 Tecnologia Celular

O processo evolutivo das tecnologias de voz e dados e os padrões de tecnologia de sistemas celulares existentes no Brasil são apresentados na tabela 02 a seguir. A Federal Communication Commission (FCC), órgão americano regulamentador de telecomunicações, em uma regulamentação de 22 de Junho de 1981 definiu o sistema celular como: “Um sistema móvel terrestre de alta capacidade no qual o espectro alocado é dividido em canais que são alocados, em grupos, a células que cobrem determinada área geográfica de serviço.

Os canais podem ser reusados em células diferentes na área de serviço” (LEE, W. C. Y. 1989).

Tabela 02 – Gerações de Sistemas Celulares

Fonte: Ucel 2010.

1G	Sistemas analógicos como o AMPS. Celulares analógicos, obsoletos;
2G	Sistemas digitais como o GSM, CDMA (IS-95-A) ou TDMA IS-136. Celular digital com tecnologia WAP;
2,5G	Sistemas celulares que oferecem serviços de dados por pacotes e sem necessidade de estabelecimento de uma conexão (conexão permanente) a taxas de até 144kbps. É um passo intermediário na evolução para 3G. Os principais sistemas são o GPRS e EDGE e extensões do CDMA. celular digital;
3G	Sistemas celulares que oferecem serviços de dados por pacotes e taxas de até 2 Mbps. Os principais sistemas são o WCDMA e o CDMA 1xEVDO.

2.2.2 1G – Primeira Geração

O AMPS foi o padrão dominante para os sistemas celulares analógicos de primeira geração. Foi desenvolvido pelos Laboratórios Bell³ 3da AT&T e os primeiros sistemas entraram em operação em 1983 nos Estados Unidos tendo sido adotado pelo Brasil e vários outros países. O AMPS opera na faixa de 800 MHz e ele está presente ainda em todas as operadoras de Banda A no Brasil, principalmente para atender celulares em roaming. (FARUQUE, S. 1996).

A capacidade dessas redes era baixa e o suporte para mobilidade era fraco. Nas redes 1G, a área de cobertura é dividida em pequenas células.

3 Bell Labs – Ou Bell Telephone Laboratories, era originalmente o braço de pesquisa e de desenvolvimento AT&T dos Estados Unidos, desenvolvendo uma série de tecnologias consideradas revolucionárias desde comutadores telefônicos, cabos de telefone, transistores, LEDs, lasers, a linguagem de programação C e o sistema operativo Unix.

Cada célula possui uma frequência de operação, permitindo que se reutilizem frequências ao longo da rede sem que existam interferências entre células. Utiliza técnicas de modulação analógica (AM, FM) e o tráfego previsto para a rede é praticamente de voz. A comunicação de dados é também possível nestes sistemas, mas a maior parte só a utiliza para mensagens de controle devido à baixa capacidade oferecida. Os serviços 1G utilizam ligação orientada à conexão para cada utilizador, dedicando um canal de conversação ao ser estabelecida a chamada (RODRIGUES, M. E. C., 2007).

Tabela 03 – Primeira Geração das Redes Celulares

Fonte: <http://www.itu.int/ITUTELECOM/index.html>, 2010

Sistemas	Países
NMT-450	Áustria, Andorra, Bélgica, Bulgária, Croácia, República Tcheca, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Hungria, Indonésia, Itália, Lituânia, Malásia, Holanda, Noruega, Polónia, Romênia, Rússia, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Suécia, Tailândia, Turquia, Ucrânia.
NMT-900	Dinamarca, França, Ilhas Faraó, Holanda, Noruega, Servia, Suécia, Suíça
TACS/ETACS	Áustria, China, Hong Kong, Irlanda, Itália, Japão, Kuwait, Macao, Malásia, Malta, Singapura, Filipinas, Espanha, Sri Lanka, Emirados Árabes Unidos e Inglaterra.
AMPS	Argentina, Austrália, Brasil, Brunei, Cambodia, Canadá, China, Geórgia, Guiana, Hong Kong, Indonésia, Malásia, México, Mongólia, Nova Zelândia, Paquistão, Filipinas, Rússia, Singapura, Coreia do Sul, Tailândia, Estados Unidos e etc.
C-NETZ	Alemanha, Portugal e África do Sul.
Radicom2000	França.

2.2.3 2G – Segunda Geração

Os sistemas de segunda geração apresentados na figura 19 utilizam técnicas de modulação digital para transmissão via rádio. A grande diferença relativamente às redes 1G prende-se principalmente na evolução analógico/digital e conseqüentemente pelas novas aplicações possíveis graças ao aumento da taxa de bit. Um canal de frequência é agora partilhado por vários utilizadores, por TDMA, CDMA e GSM, e é introduzido um novo sistema hierárquico de células: as macro-cells, as micro-cells e as pico-cells (HÉLIO, W., MICHEL, D. Y., 1997).

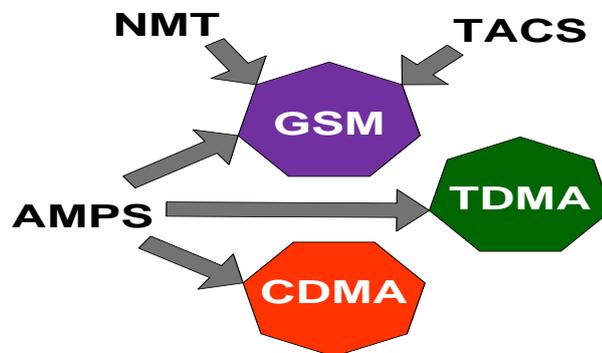


Figura 19 – Opção de evolução das várias redes 1G

TDMA (IS 136) - Time Division Multiple Access

O TDMA, padronizado pelo IS-54 e, posteriormente, aperfeiçoado pelo IS-136, é um padrão digital desenvolvido nos Estados Unidos para aumentar a capacidade de sistemas AMPS, (ALENCAR, M. S, 2001). Opera na faixa de 800 MHz e se tornou o padrão dominante no Brasil. Esta sendo descontinuada pelas operadoras que estão migrando suas redes para o GSM ou CDMA, (BERNAL, P. S. M., 2002).

A solução TDMA surgiu como uma opção que mantinha compatibilidade com a arquitetura e canalização utilizada pelos sistemas AMPS tendo sido inicialmente chamada de DAMPS ou Digital AMPS. O TDMA (IS-136) foi padronizado pela TIA (Telecommunications Industry Association).

O AMPS e o TDMA (IS-136) apresentam, portanto, a mesma arquitetura básica apresentada na figura 20 a seguir.

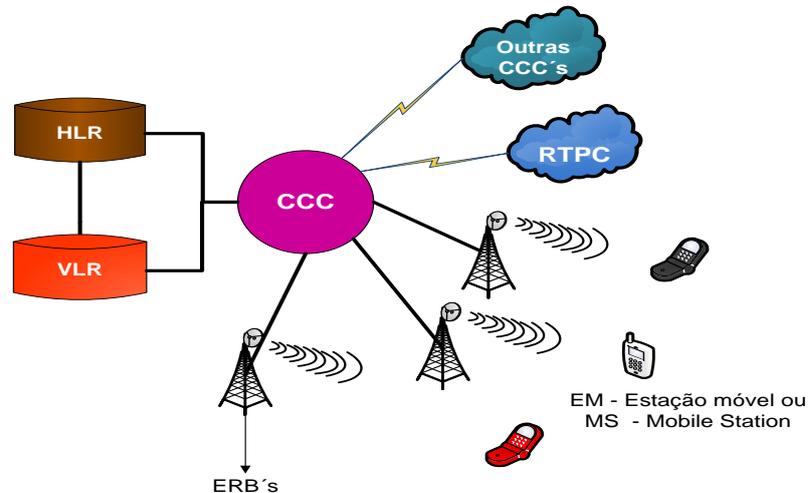


Figura 20 – Arquitetura AMPS/TDMA

Quando os sistemas digitais de segunda geração (CDMA e TDMA) foram implantados, o AMPS passou ser utilizado como uma alternativa para complementar a cobertura destes sistemas, devido a sua extensa cobertura. Isto é possível, pois os terminais móveis são duais TDMA/AMPS e CDMA/AMPS, podendo passar a operar automaticamente em AMPS quando o sistema digital não está disponível. No Brasil todas as operadoras de Banda A mantém canais AMPS em toda a sua área de cobertura, de modo a garantir o roaming nacional para todos os assinantes (TUDE, E., 2007).

CDMA (IS 95) - Code Division Multiple Access

O CDMA, Code Division Multiplex Access é um padrão digital de segunda geração do celular desenvolvido nos Estados Unidos. É uma tecnologia que utiliza espalhamento espectral (Spread Spectrum) como meio de acesso para permitir que vários usuários compartilhem uma mesma banda de frequências. O CDMA permite uma melhor utilização do espectro possibilitando um aumento de capacidade dos sistemas celulares. É adotado no Brasil pela Vivo e opera nas frequências de 800 e 1900 MHz, (CUNHA, A. F., 2006).

A família de normas da TIA IS-95 da Telecommunications Industry Association dos Estados Unidos padronizou os sistemas celulares digitais de segunda geração conhecidos popularmente como CDMA, ou CdmaOne e que são baseados no IS-95. Esta tecnologia foi em grande parte desenvolvida pela empresa americana Qualcomm (CUNHA, A. F., 2006). O CDMA tem a estrutura básica dos sistemas celulares e oferece as mesmas funcionalidades básicas associadas à mobilidade como roaming e handover entre células. A arquitetura básica de um Sistema Celular CDMA (IS-95) é apresentada na figura 21. A tabela 04 mostra a evolução da tecnologia CDMA.

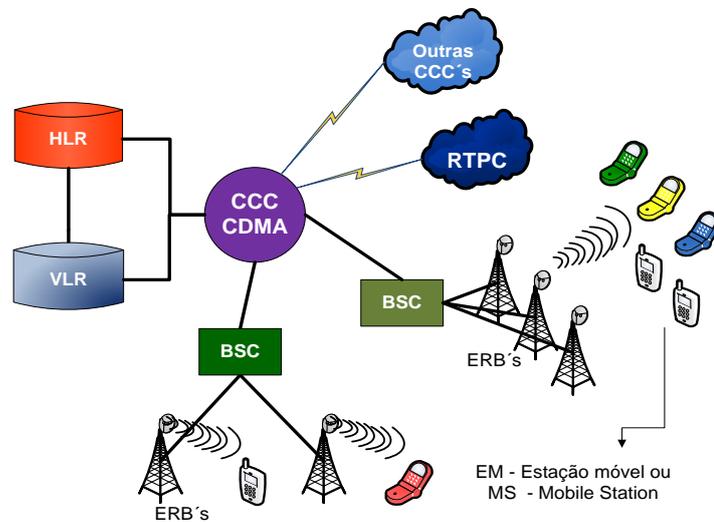


Figura 21 – Arquitetura CDMA

Diferente dos demais sistemas onde o múltiplo acesso de vários terminais a uma mesma ERB é feito alocando uma frequência para cada terminal (AMPS), ou compartilhando uma mesma faixa de frequência, mas transmitindo em tempos diferentes (TDMA), no CDMA o acesso múltiplo de canais que compartilham uma mesma banda de frequências é feito pela utilização de códigos diferentes pelos vários terminais. A informação é extraída destes canais conhecendo-se a chave específica com a qual cada canal é codificado (GARG V.K.; SMOLIK K.; WILKES J.E., 1997). O CDMA utiliza a técnica de “Spread Spectrum” na qual o sinal de informação é codificado utilizando-se uma chave de código que provoca o seu espalhamento espectral em uma banda transformando-o aparentemente em ruído. Os sistemas CDMA (IS-95) oferecem além dos serviços de telefonia (voz) dezenas de serviços suplementares, tais como identificação do número chamador, chamada em espera, siga-me e conferência (ROSENBERG, A.N. e KEMP, S., 2003).

O Serviço de Mensagens Curtas (SMS) tem suporte do IS-41 para assinantes em roaming. Os Serviços de Mensagem Multimídia (MMS) que permitem aos assinantes móveis enviar fotos, vídeos e áudio, assim como o acesso a Internet têm sido os motivadores para a evolução dos sistemas CDMA no sentido de oferecerem conexões de dados com altas taxas. Esta evolução para serviços de terceira geração com taxas de dados de até 2Mbps vem sendo padronizada pelo 3rd Generation Partnership Project 2 (3GPP2) e mantém a compatibilidade com os sistemas IS-95 e sua estrutura de canais de RF de 1,25MHz. A tabela 04 mostra a evolução da tecnologia CDMA e a figura 22 mostra os padrões que estão sendo desenvolvidos (ETEMAD, K. 2004).

Tabela 04 – Evolução da Tecnologia CDMA

Fonte: Ucel, 2010

Espectro	800 MHz e 1900 MHz			
Geração	2G	2,5G	3G	3G
Tecnologia	CDMAOne (IS-95-A)	CDMA2000 1X*	CDMA 1xEV-DO	CDMA 1xEV-DO Rev. A
kbit/s máx.	14,4	153,6	2.400	3.100
kbit/s média	-	40-70	400-700	-

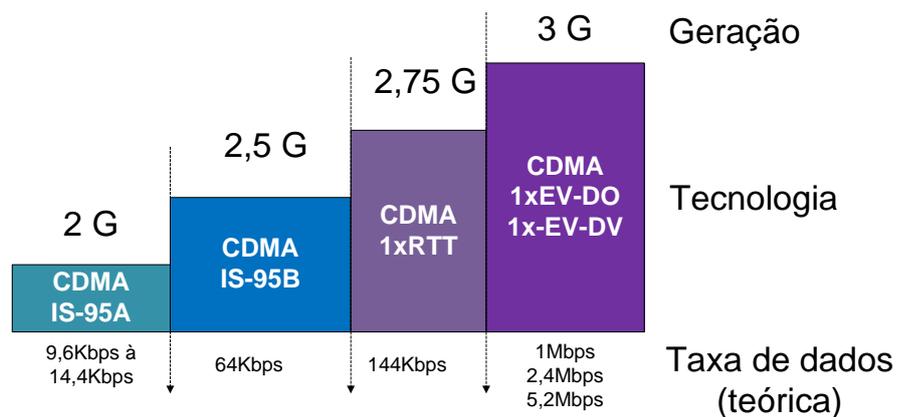


Figura 22 – Evolução CDMA

* CDMA2000 1X= CDMA/IS-95-C, CDMA 1xRTT ou cdma2000 1x.

GSM - Global System for Mobile Communication

Global System for Mobile Communication é um padrão digital de segunda geração do celular desenvolvido na Europa e adotado na maior parte do mundo, (ALENCAR, 1998) para substituir os diferentes padrões analógicos utilizados pelos países europeus. O GSM opera nas faixas de 900, 1800 e 1900 MHz. É hoje o padrão com o maior número de usuários em todo o mundo, (SAMPAIO, M. A., 1998). Introduzido no Brasil em 2002 já esta presente em todos os estados brasileiros.

O GSM tem a estrutura básica dos sistemas celulares e oferece as mesmas funcionalidades básicas dos demais sistemas celulares associadas à mobilidade como roaming e handover entre células (YACOUB, M. D., 1993).

A arquitetura de referência de um sistema GSM é apresentada na figura 23 a seguir.

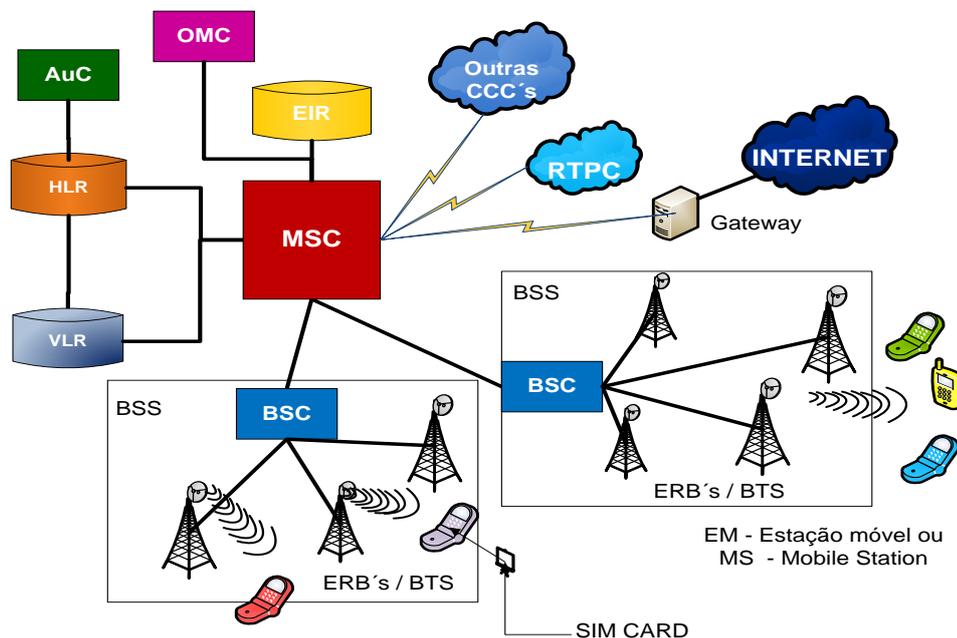


Figura 23 – Arquitetura de referência de um sistema GSM

Arquitetura GSM – É apresentado a seguir uma breve definição da arquitetura GSM (ALENCAR, M.S., 2004).

Mobile Station (MS) - Ou Estação Móvel (EM) é o terminal utilizado pelo assinante quando carregado com um cartão inteligente conhecido como SIM Card ou Módulo de Identidade do Assinante (Subscriber Identity Module). Sem o SIM Card a Estação Móvel não está associada a um usuário e não pode fazer nem receber chamadas. Uma vez contratado o serviço junto a uma operadora o usuário passa a dispor de um SIM card que ao ser inserido em qualquer terminal GSM faz com que este passe a assumir a identidade do proprietário do SIM Card. No Brasil ele tem sido chamado pelas operadoras de OiChip e TIM Chip. O SIM card armazena entre outras informações um número de 15 dígitos que identifica unicamente uma dada Estação Móvel denominado IMSI ou Identidade Internacional do Assinante Móvel (International Mobile Subscriber Identity). Já o terminal é caracterizado por um número também com 15 dígitos, atribuído pelo fabricante, denominado IMEI ou Identidade Internacional do Equipamento Móvel (International Mobile Station Equipment Identity).

Base Station System (BSS) – É o sistema encarregado da comunicação com as estações móveis em uma determinada área. É formado por várias Base Transceiver Station (BTS) ou ERBs, que constituem uma célula, e um Base Station Controller (BSC), que controla estas BTS's.

Mobile-Services Switching Centre (MSC) – Ou Central de Comutação e Controle (CCC) é a central responsável pelas funções de comutação e sinalização para as estações móveis localizadas em uma área geográfica designada como a área do MSC. O MSC encarregado de rotear chamadas para outros MSC's é chamado de Gateway MSC.

Home Location Register (HLR) – Ou Registro de Assinantes Locais é a base de dados que contém informações sobre os assinantes de um sistema celular.

Visitor Location Register (VLR) – Ou Registro de Assinantes Visitantes é a base de dados que contém a informação sobre os assinantes em visita (roaming) a um sistema celular.

Equipment Identity Register (EIR) – Ou Registro de Identidade do Equipamento é a base de dados que armazena os IMEIs dos terminais móveis de um sistema GSM.

Operational and Maintenance Center (OMC) – Ou Centro de Operação e Manutenção é a entidade funcional através da qual a operadora monitora e controla o sistema.

Authentication Center (AUC) – Ou Centro de Autenticação é responsável pela autenticação dos assinantes no uso do sistema. O Centro de Autenticação está associado a um HLR e armazena uma chave de identidade para cada assinante móvel registrado naquele HLR possibilitando a autenticação do IMSI do assinante. É também responsável por gerar a chave para criptografar a comunicação entre MS e BTS.

Serviços GSM - As especificações do GSM procuraram de início reproduzir na rede móvel os serviços que estariam disponíveis na rede fixa através da ISDN (Rede Digital de Serviços Integrados) padronizada pela UIT. A estrutura flexível dos canais físicos do GSM bem como a utilização do protocolo SS7 facilitou a introdução destes serviços que foram divididos nos grupos apresentados a seguir (FIORESE, V., 2005)

Bearer Services – Serviços de transporte de dados usados para conectar dois elementos de uma rede como acesso ao X.25 com taxas de dados de 2.4 a 9.6Kbps.

Teleservices – Serviços de comunicação entre dois assinantes como telefonia, serviço de mensagens curtas (SMS) e Fax.

Serviços Suplementares – As redes GSM suportam dezenas de serviços suplementares, tais como identificação do número chamador, chamada em espera, siga-me e conferência.

A padronização do GSM tem avançado na definição de outros serviços adicionais. O SMS e estes outros serviços são normalmente implementado utilizando-se gateways entre a BSC e o MSC como apresentado na figura a seguir. A comunicação com outros elementos da Rede GSM tais como MSC, HLR e EIR, é sempre baseada no protocolo MAP com suporte do SS7.

Serviços de Localização – Os serviços de localização padronizados para o GSM permitem estimar com precisão a localização da estação móvel servindo de base para vários serviços oferecidos ao assinante.

A Rede GSM é uma rede otimizada para voz que é a sua principal aplicação. Inicialmente suas especificações procuraram reproduzir na rede móvel os serviços de dados que estariam disponíveis na rede fixa através da ISDN (Rede Digital de Serviços Integrados) padronizada pela UIT. A estrutura flexível dos canais físicos do GSM bem como a utilização do protocolo SS7 facilitou a introdução de serviços como SMS (Serviço de Mensagens Curtas), Fax e transporte de dados com taxas de 2.4 a 9.6Kbps. O crescimento das aplicações de dados como acesso a internet, email, entretenimento, levou a necessidade de desenvolver soluções que permitissem o transporte de dados a taxas maiores (FIORESE, V., 2005). A tabela 05 abaixo mostra a evolução da tecnologia GSM.

Tabela 05 – Evolução da Tecnologia GSM

Fonte: Ucel, 2010

Espectro	900/1800 MHz (Europa) 1900 MHz (EUA)			1900/2100 MHz	
	2G	2,5G	2,5/3G	3G	3G
Geração	GSM	GPRS	EDGE	WCDMA (UMTS)	HSDPA (WCDMA)
kbit/s máx.	14,4	171,2	473.6	2.000	14.000
kbit/s média	-	30 - 40	100 – 130	200 - 300	400 - 700

2.2.4 2,5G – Segunda e Meia Geração

Sistemas celulares que oferecem serviços de dados por pacotes e sem necessidade de estabelecimento de uma conexão (conexão permanente) a taxas de até 144 Kbps. É um passo intermediário na evolução para 3G. Os principais sistemas são o GPRS, EDGE, e extensões do CDMA. A geração 2,5 G normalmente designa sistemas que evoluíram a partir, dos sistemas 2G e que começaram a oferecer sérias soluções de comunicação de dados. Num sistema GSM denominam-se por 2.5G as tecnologias:

- ✎ HSCSD – High-Speed Circuit-Switched Data
- ✎ GPRS – General Packet Radio Services
- ✎ EDGE – Enhanced Data Rates for Global Evolution

Num sistema DAMPS ou TDMA a evolução para uma tecnologia 2.5 inclui a migração para:

- ✎ GPRS – General Packet Radio Services
- ✎ EDGE – Enhanced Data Rates for Global Evolution

Num sistema CDMA considera-se uma tecnologia 2.5G:

- ✎ IS-95B (versão atualizada do protocolo original)
- ✎ CDMA2000 1xRTT

A maior limitação da tecnologia GSM são as baixas taxas de dados. O sistema básico fornece 9.6Kbps e mais tarde uma nova versão (pouco implementada) oferece 14.4Kbps. Estas taxas dificultam e muito a simples tarefa de aceder a um conteúdo na Internet. O HSCSD veio acelerar um pouco o sistema inicial. Em vez de utilizar uma slot de tempo, um terminal pode utilizar várias slots para conexão de dados. Os sistemas comerciais existentes permitem a utilização de 4 slots no máximo, oferecendo uma taxa até 38.4Kbps ou 57.6Kbps dependendo da versão original. Esta melhoria apenas necessita de um upgrade em nível de software e é claro novos terminais móveis. Outro upgrade ao sistema GSM chama-se GPRS.

O sistema GPRS não suporta todas as aplicações possíveis no HSCSD. Por exemplo: GPRS tem piores desempenhos em relação a aplicações em tempo-real. Mas tem vantagens, a taxa de dados aumentou para os 115Kbps em condições ótimas de link utilizando 8 slots de tempo. Um aspecto muito importante do GPRS é a utilização de técnicas de comutação de pacotes em vez da tradicional comutação de circuitos. Assim, apesar de possibilitar a utilização de 8 slots de tempo, permite também libertá-los caso não estejam a ser utilizados mesmo que a conexão continue ativa. O GPRS é ideal para aplicações que não necessitem de “cuidados” em tempo real já que não garante tempos mínimos de atraso. Destaca-se para aplicações de acesso à internet, e-mail ou dados (ETSI, GSM 03.60, 2007).

GPRS – (General Packet Radio Service) é um novo serviço de valor agregado não baseado em voz que permite o envio e recepção de informações através de uma rede telefônica móvel. Ele suplementa as tecnologias atuais de CSD (Circuit Switched Data) e SMS (Short Message Service).

Permite a estação móvel uma conexão a Internet sem a necessidade de se estabelecer uma chamada telefônica (always on). Este serviço pode utilizar até os 8 time slots de uma canal GSM de 200 kHz o que implica em uma taxa que teoricamente poderia chegar a 115Kbps (ETSI, GSM 03.03, 2007). GPRS tem várias características específicas que podem ser resumidas em:

Velocidade – taxas de transferência teóricas de até 171.2Kbps são possíveis com GPRS usando todos os oito timeslots ao mesmo tempo. Isso é uma taxa de transferência próxima de três vezes mais rápida do que as possíveis nas redes de telecomunicações fixas e dez vezes mais que os atuais serviços de CSD nas redes GSM.

Disponibilidade Imediata – GPRS facilita conexões instantâneas, pois a informação pode ser enviada ou recebida imediatamente conforme a necessidade do usuário. Não há necessidade de conexões dial-up através de modems. Algumas vezes, diz-se que os usuários de GPRS estão “sempre conectados”. Disponibilidade imediata é uma das vantagens de GPRS (e SMS) quando comparado com CSD.

Novas e melhores aplicações – GPRS facilitam muitas novas aplicações não disponíveis através das redes GSM, dadas as limitações na taxa de transferência dos CSD's (9.6Kbps) e do tamanho da mensagem no SMS (160 caracteres). Essas aplicações, descritas posteriormente nesse artigo, vão desde navegação na Web até transferência de arquivos para automação de residências – a habilidade de acessar e controlar remotamente os equipamentos e recursos disponíveis em uma casa. (LEE, V.; SCHNEIDER, H.; SCHELL, R. , 2005);

Acesso ao Serviço – Para usar GPRS, os usuários precisam especificamente de:

- ✎ Um telefone móvel ou terminal que suporte GPRS (telefones GSM existentes não suportam GPRS);
- ✎ Uma assinatura em uma rede de telefonia móvel que suporte GPRS;
- ✎ Ter o uso de GPRS habilitado.
- ✎ Acesso automático ao GPRS pode ser permitido por algumas operadoras; outras poderão requerer uma opção específica de adesão;
- ✎ Conhecimento de como enviar e receber informações através do GPRS usando seu aparelho telefônico, incluindo configurações de hardware e software, o que cria a necessidade de um serviço de atendimento ao cliente;
- ✎ Um destino para enviar ou um local de onde receber informações através do GPRS.

As principais características do GPRS são (ETSI, GSM 09.02, 2007):

- ✎ Taxa de transporte de dados máxima de 26 a 40Kbps, podendo chegar na teoria a 171.2Kbps.
- ✎ Conexão de dados sem necessidade de se estabelecer um circuito telefônico, o que permite a cobrança por utilização e não por tempo de conexão e faz com que o serviço esteja sempre disponível para o usuário (always on).
- ✎ Implantação implica em pequenas modificações na infra-estrutura instalada, o que facilita a sua adoção pelos operadores de GSM. Padronizado para transporte de dados definidos pelos protocolos IP e X.25, (OLIVEIRA, J. F., 2004).

A implantação do GPRS em uma rede GSM apresenta a arquitetura apresentada na figura 24 a seguir.

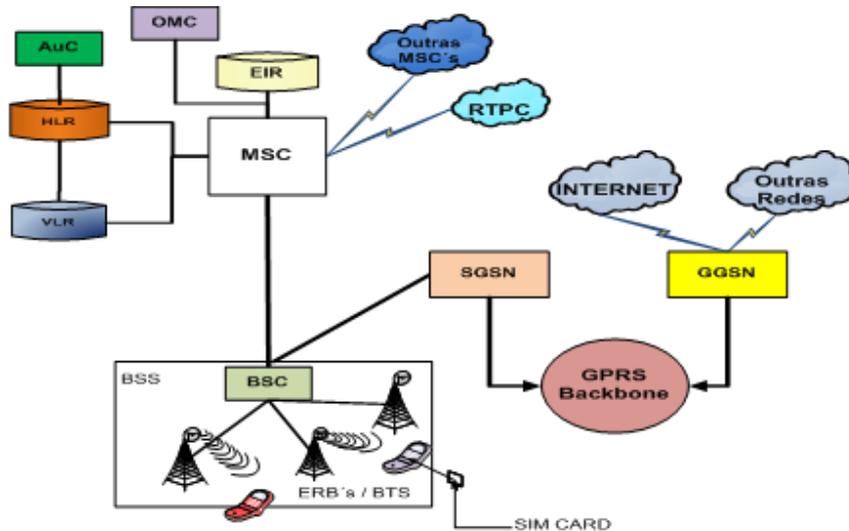


Figura 24 – Arquitetura de referência de um sistema GSM com GPRS

As principais modificações em uma rede GSM de forma a suportar o GPRS são:

- ✎ Estação Móvel – Serão necessárias estações novas.
- ✎ BTS – Atualização de software, possível aumento de capacidade pela ativação de mais canais para suportar um aumento do tráfego na célula.
- ✎ BSC – Atualização de software e introdução de um novo hardware o Packet Control Unit (PCU) responsável por separar o tráfego comutado a circuito proveniente da Estação móvel do tráfego de dados comutado a pacotes do GPRS.

As atualizações dos demais elementos da Rede GSM ocorrem em nível de software. Os novos elementos a serem introduzidos de modo a formar a rede GPRS são os seguintes Nós de Suporte (ETSI, GSM 09.60, 2007):

- ✎ Serving GPRS Support Node (SGSN), cuja principal responsabilidade é manter a conexão lógica dos usuários móveis quando eles passam da área de cobertura de uma célula para outra (handover).
- ✎ Gateway GPRS Support Node (GGSN) que a permite a conexão com a internet e outras redes de dados.

- ✧ Estes nós estão conectados a um backbone GPRS do qual fazem parte outros SGSNs e GGSNs e um gateway para o Sistema de Billing.

É possível desta forma oferecer 48Kbps por slot de tempo o que possibilitaria o oferecimento de conexões IP de até 384Kbps. Esta solução mantém a estrutura básica de canalização do GSM implicando na instalação de transceptores com modulação 8 BPSK para os canais de RF dedicados a esta aplicação.

GPRS Protocolos – Apresenta-se a seguir os protocolos utilizados na transferência de informação do usuário através da rede GPRS. Esta estrutura de protocolos é denominada pelas especificações do GPRS de plano de transmissão.

As especificações do GPRS padronizaram o plano de transmissão para suportar serviços de dados IP e X.25 (ETSI, GSM 09.60, 2007).

GPRS Terminais – Para ter acesso ao GPRS é necessário ter um terminal que suporte este serviço. A conexão de um terminal a uma rede GPRS é feita através dos seguintes passos:

- ✧ Um terminal GPRS, ao ser energizado, será reconhecido pela rede de forma semelhante ao que ocorre com um terminal GSM para voz. Então é criado um enlace lógico entre o terminal e o SGSN.
- ✧ O próximo passo é conseguir um endereço IP estabelecendo uma conexão em GPRS, através da ativação do contexto do Packet Data Protocol. Este endereço IP é normalmente dinâmico sendo fornecido pela operadora móvel ou outro operador dependendo de como está configurada a rede.
- ✧ O Terminal GPRS está então pronto para enviar e receber pacotes. Ele pode então assumir os seguintes estados de forma a economizar energia: Idle (ocioso), Ready (pronto) em que ele pode enviar e receber pacotes instantaneamente ou stand-by.
- ✧ Apresenta-se a seguir as características principais dos terminais GPRS.

Classes de Terminais – As especificações definem três classes de terminais conforme tabela 06:

Tabela 06 – Classes de terminais GPRS

Fonte: Ucel, 2010

Classe A	Terminais que podem tratar voz e dados ao mesmo tempo.
Classe B	Terminais que podem tratar voz e dados, mas não ao mesmo tempo.
Classe C	Terminais que podem tratar apenas dados, como cartões GPRS PCM/CIA para computadores portáteis.

Devido ao alto custo dos terminais Classe A, a maior parte dos terminais lançados comercialmente é de classe B.

Interface R – O terminal GPRS pode ser utilizado diretamente para acesso de dados ou internet utilizando o WAP ou pode ser conectado a outro equipamento, como por exemplo, um microcomputador. Um exemplo de conexão que pode ser utilizada neste caso é o Bluetooth. As especificações do GSM definiram uma interface de referência (R) entre o terminal móvel e o equipamento terminal, quando estes estão fisicamente separados. Foram definidos comandos de atenção (AT), de acordo com a recomendação ITU V.25 (Serial asynchronous dialing and control). A especificação GSM 07.07 descreve o conjunto de comandos AT para terminais GSM. Para informações sobre como acessar os comandos de terminais individuais, consulte os Softwares Development Kits (SDKs) que o fabricante dos terminais disponibiliza em seus web sites (ETSI, GSM 09.60, 2007).

APN – A conexão entre o operador e uma rede IP externa é feita através de um APN (Access point name). O operador estabelece APNs para as várias redes, sendo um tipicamente definido para a rede pública WAP. O número de APNs suportado por um terminal varia com o modelo e fabricante.

GPRS – Taxa de dados – A questão que permeia as vantagens do GPRS e a possível migração para outros sistemas como o EDGE ou WCDMA no futuro é a taxa de dados em uma conexão GPRS. Esta taxa de dados depende do:

- Y Esquema de codificação utilizado no canal.
- Y Número de slots de tempo que o terminal suporta.
- Y Número de outros usuários de voz e dados na célula

A terceira evolução 2.5G do GSM é o EDGE - Originalmente era um acrônimo para Enhanced Data-Rates for GSM Evolution mas atualmente traduz Enhanced Data-Rates for Global Evolution já que pode ser utilizada em outros sistemas além do GSM. A idéia base do EDGE é a implementação de uma nova técnica de modulação digital, a 8PSK (Eight-Phase Shift Keying) que permite altas taxas de débito (384Kbps). EDGE é um upgrade atrativo para redes GSM já que apenas requer o upgrade em nível de software das Estações Base (caso os amplificadores RF suportarem uma técnica de modulação não constante). 8PSK não substitui mas, coexiste com a técnica de modulação utilizada pelo GSM, o GMSK (Gaussian Minimun Shift Keying). Assim um utilizador, que não necessite de um melhor serviço, pode perfeitamente utilizar os seus terminais GSM sobre uma rede EDGE.

Se o EDGE é implementado sobre uma rede GPRS, o que normalmente acontece, então esta combinação é conhecida por EGPRS (Enhanced GPRS). A taxa de dados máxima, utilizando 8 slots de tempo é de 384Kbps. “384Kbps é apenas possível utilizando todos os recursos da portadora e se o Terminal Móvel estiver suficientemente próximo da Estação Base”. ECSD é uma combinação de EDGE com HSCSD e permite taxas 3 (três) vezes superiores às HSCSD. A combinação entre HSCSD, GPRS e HSCSD permite ainda um sistema potente que pode facilmente competir com as primeiras versões das redes 3G. As redes de segunda geração DAMPS (que utilizem o standard IS-136) suportam a evolução para os sistemas GPRS e EDGE. As alterações na rede são mínimas, com foco nas características de modulação e na implementação de nova codificação e decodificação do sinal, associadas com adaptações do sinal e envio de redundância de informação que aumentam a eficiência da utilização do espectro.

A introdução do EDGE na rede pode ser feita de forma gradual e econômica, onde no primeiro momento será interessante apenas cobrir às áreas com maiores demandas de dados e serviços. Demais áreas podem manter sua cobertura com sinal GSM / GPRS, pois os celulares EDGE poderão também usar esse sinal para a transmissão de voz e dados com menores taxas.

EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

O EDGE está relacionado ao aumento da capacidade de transmissão da interface aérea no corrente padrão GSM. A principal idéia é adicionar novas características na rede GSM mantendo compatibilidades com os telefones celulares GSM /GPRS e com os equipamentos da rede (BSS, BSC, TRAU, MSC, SGSN e GGSN). O EDGE implica em pequenas alterações das redes GSM / GPRS atualmente implantadas no mundo, mas exige terminais que tenham suporte a essa tecnologia. O EDGE pode ser inserido de forma gradual na rede de uma operadora, focando áreas com maiores demandas por dados e por serviços avançados.

2.2.5 3G – Terceira Geração

A 3ª Geração (3G) de redes celulares tem como objetivo oferecer serviços de telefonia, mensagens, vídeo e dados com altas taxas de transmissão. Os serviços móveis são fornecidos pelo serviço fornecedores que possuem e operam suas próprias redes sem fio e de vender serviços de telefonia móvel para usuários finais geralmente em uma base assinatura mensais (DAHLMAN, E., PARKVALL, S., SKOLD, J., BEMING, P.) . A União Internacional das Telecomunicações (UIT) iniciou o processo de definição do padrão para sistemas de terceira geração, denominada International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000). Na Europa European Telecommunications Standards Institute (ETSI) foi responsável da UMTS processo de normalização. Em 1998 Third Generation Partnership Project (3GPP) foi criada para continuar os trabalhos de especificação técnica. 3GPP tem cinco principais áreas de normalização do UMTS: Radio Access Network, núcleo da rede, terminais, serviços e Sistema de Aspectos e GERAN.

Os objetivos iniciais estabelecidos pelo IMT-2000 (UIT) foram de 2 Mbit/s em ambientes "indoor" e de baixa mobilidade. A tabela 07 a seguir apresenta os dois principais padrões para redes 3G.

Tabela 07 – Os dois padrões principais para as redes de Terceira Geração

Fonte: IMT-2000, 2010

-----	UMTS	CDMA 2000
Interface Rádio	WCDMA/HSDPA	EV-DO
Banda por portadora	5 MHz	1,25 MHz
Evolução das operadoras que utilizam	GSM	CDMA
Orgão que define a padronização	3GPP	3GPP2

UMTS

O Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) é o termo adotado para designar o padrão de 3ª Geração estabelecido para a rede das operadoras de celular como evolução para operadoras de GSM e que utiliza como interface rádio o Wideband CDMA (WCDMA) e suas evoluções apresentado na tabela 08 abaixo.

Tabela 08 – Evolução UMTS

Fonte: IMT2000, 2010

----	WCDMA	HSDPA	HSUPA	HSPA
Especificação (Releases)	Rel-99	Rel-5	Rel-6	Rel-7 e 8
Taxa dados Máx. possível (Dw/Up)*	384/384 (Kbit/s)	7.200/384 (Kbit/s)	7,2/5,8 (Mbit/s)	40/10 (Mbit/s)
Taxa de dados Média (real)	200 a 300 (kbit/s)	400 a 700 ** (kbit/s)	-	-
Espec. Publicada	Mar/00	Mar/02	Mar/05	-
Início de Operação Comercial	Dez/02	Dez/05	Fev/07	-

* Dw: Down Link (ERB->Celular); Up: Up Link (Celular->ERB). O HSDPA tem sido implantado com taxas de pico de: 1,8 Mbit/s, 3,6 Mbit/s e 7,2 Mbit/s.

** Categorias 1 e 2 de terminais.

HSDPA

O High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) é um serviço de pacotes de dados, baseado no WCDMA, que otimiza a transmissão de dados na direção do telefone celular (Downlink ou enlace de descida). Existem várias versões de HSDPA com velocidades de pico de 1,2 Mbit/s, 1,8 Mbit/s, 3,6 Mbit/s, 7,2 Mbit/s, 10,2 Mbit/s e 14,4 Mbit/s. O High-Speed Uplink Packet Access (HSUPA) faz o mesmo para o enlace de subida. Com o HSPA será possível utilizar os canais do HSDPA e HSUPA para VOIP⁴.

Tempo de latência

Além da taxa de dados os vários releases procuram melhorar o tempo de latência, tempo que a resposta dos dados enviados demora a voltar. A tabela 09 a seguir apresenta uma comparação dos tempos de latência para as várias tecnologias. (Fonte UMTS Fórum).

Tabela 09 – Comparação de latência entre as tecnologias

Fonte: 3GPP, 2010

Milissegundos	GPRS	EDGE	WCDMA	HSDPA	HSUPA
Latência	700	300	200	130	100

O WCDMA e o HSDPA disponíveis são baseados duplexação por divisão de frequência (FDD), onde duas bandas diferentes são utilizadas para transmissão e recepção. As especificações do 3GPP incluem também uma versão com duplexação por divisão no tempo (TDD) onde a transmissão e a recepção utilizam a mesma banda de frequências de forma alternada. Uma variante do TDD é o Time Division-Synchronous CDMA (TD-SCDMA) desenvolvido principalmente para ser utilizado na China.

⁴ Voice over IP ou VoIP é uma tecnologia que permite a digitalização e codificação de voz e o empacotamento de dados IP para a transmissão em uma rede que utilize TCP/IP, (Silva, A., 2000).

O passo seguinte ao HSPA previsto pelo 3GPP é um projeto chamado de Long Term Evolution LTE⁵ baseado em Orthogonal Frequency Division Multiple access (OFDMA) e que tem por objetivos taxas de dados de 100 Mbit/s no down link com uma banda de 20 MHz. Os release 5 e seguintes definiram também o IP Multimedia Subsystem (IMS), plataforma de serviços para aplicações multimídia implementado no "core" IP da rede para prover de forma uniforme serviços para os mais diferentes padrões de interface rádio.

Frequências: A maior parte dos sistemas WCDMA estão sendo implantados nas bandas de 1920-1980MHz/2110-2170 MHz alocadas pela UIT para 3G. Existem também implantações nas faixas de 850 MHz e 1900 MHz. Alguns vendedores desenvolveram também o WCDMA para a faixa de 900 MHz.

CDMA 2000 (EV-DO): A tabela 10 a seguir apresenta a evolução do EV-DO através das várias revisões de sua especificação.

Tabela 10 – Evolução do EV-DO

Fonte: 3GPP, 2010

Especificação	EV-DO		
	Revisões	Rev 0	Rev A
Taxa dados Máx. possível (Dw/Up)*	2.400/153 (Kbit/s)	3,1/1,8 (Mbit/s)	73/27 ** (Mbit/s)
Taxa de dados Média (real)	400 a 700 (Kbit/s)	-	-
Início de Operação Comercial	2002	Out/06	-

* Up: Up Link (ERB->Celular); Dw: Down Link (Celular->ERB)

** Taxa teórica utilizando 15 portadoras (20 MHz)

No 1x EV-DO é utilizada apenas uma portadora de 1,25 MHz dedicada apenas para dados. A partir da Rev. A esta portadora pode ser utilizada também para VOIP.

5 O LTE é um projeto comandado pelo 3GPP (órgão também responsável pelas especificações do GSM e 3G) que promete melhorar o padrão UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). Suas especificações foram aprovadas em janeiro de 2008 e devem fazer parte do Release 8.

Mercado 3G no Brasil e no Mundo.

O Brasil tem mais de 15 milhões de celulares 3G como mostra a tabela 11. A figura 25 abaixo mostra a quantidade de celulares 3G no mundo.

Tabela 11 – Quantidade de celulares 3G no Brasil.

Fonte: Anatel, 2010

Milhares	Jan/10	Fev/10	Mar/10	Abr/10	Mai/10	Jun/10	Jul/10	Ago/10	Set/10
WCDMA	8.100	8.707	8.707	9.217	9.868	10.417	11.021	11.360	12.145
EVDO	150	120	-	-	-	-	-	-	-
Terminal de Dados 3G > 256kbit/s	2.867	3.013	3.194	3.340	3.417	3.492	3.602	3.717	3.809
Total 3G	10.483	11.233	11.900	12.556	13.285	13.909	14.623	15.077	15.954

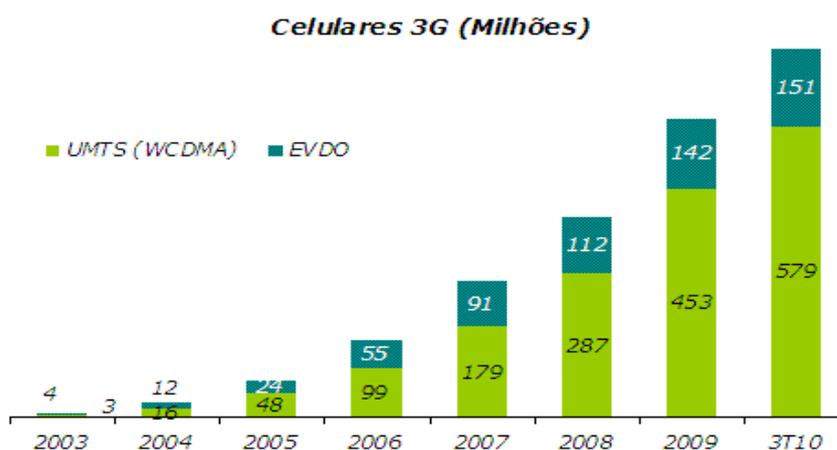


Figura 25 – Celulares 3G no mundo.

Fonte: GSM Association, GSA e CDG, 2010

Levantamento aponta ainda que WCDMA tem mais de 70% de participação nas redes de terceira geração. Levantamento feito pela Global Mobile Suppliers Association (GSA) revela que o número de usuários das redes GSM, WCDMA-HSPA está acima de quatro bilhões em todo o mundo. Além disso, o estudo diz que o uso de banda larga móvel via tecnologia HSPA se mostra uma tendência cada vez mais forte. No total, de acordo com o relatório, 290 operadoras, em 120 países, lançaram redes 3G/WCDMA, sendo que a tecnologia WCDMA tem mais de 72% de participação nas 390 redes comerciais de terceira geração.

No segundo trimestre de 2010, o relatório, usando dados da Informa Telecoms & Media, aponta que o número de assinantes GSM, WCDMA-HSPA estava acima dos 4 bilhões, quase 90% do mercado móvel global. O grupo de países formado por Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC) contabilizava acima de 2,3 bilhões de usuários GSM. Outro dado apontado pelo documento é que, no mundo, já são 31 operadoras comprometidas com a tecnologia Long Term Evolution (LTE), sendo que são esperadas 12 redes comerciais de LTE até o final de 2010. (ITWEB, 2010). Não surpreendentemente, o modelo de negócio 3G está perto dos negócios de telefone fixo. A mentalidade é de longa duração bens de capital, cobertura onipresente e integração de serviços. A implantação dos serviços de 3G e o modelo de serviços de provisionamento serão de cima para baixo, verticalmente integrados. Espera-se que os serviços 3G serão fornecidos como parte de um pacote. A oferta de serviços, para aproveitamento das oportunidades de implementação e de estratégias de discriminação de preços e exploração das preferências dos consumidores para one-stop shopping e serviços de fatura única.

A 3G Américas, associação da indústria sem fio que representa a família GSM de tecnologias, inclusive a HSPA e a LTE, anuncia que GSM-HSPA deverá chegar acima dos quatro bilhões de conexões móveis mundialmente em 2011. O número representa um grande marco para o setor, pois nenhuma outra inovação tecnológica atingiu uma escala semelhante em termos de penetração. De acordo com a associação, em um grupo de 10 pessoas, mais de seis já utilizam a tecnologia. Outro destaque é o crescente número de assinantes 3G em todo mundo para a tecnologia UMTS-HSPA; foram 57% nos últimos 12 meses, segundo a consultoria Informa Telecoms & Media's World Cellular Information Service. Com mais de 400 milhões de assinantes no final do primeiro semestre de 2010, a UMTS-HSPA atraiu 137 milhões de novas conexões nos últimos 12 meses. A região da América Latina e do Caribe continua a mostrar uma curva de crescimento distinta para assinaturas de tecnologias GSM-HSPA. No final do segundo trimestre de 2010, a CDMA teve uma queda no número de assinaturas enquanto a GSM registrou crescimento de 22% e atingiu mais de 433 milhões de conexões com uma participação de mercado de 90%.

Em relação à economia global, nota-se que na região das Américas a evolução 3GPP da GSM para a HSPA teve um crescimento anual superior a 20% até junho de 2010 (2º trimestre) e atingiu mais de 600 milhões de assinantes e participação de mercado acima dos 70%. Mundialmente, a GSM-HSPA cresceu 20%, tendo quase 645 milhões de novas conexões no mesmo período de 12 meses. Atualmente, a região da América Latina e Caribe possui 49 redes UMTS-HSPA em operação comercial, em 24 países. Mundialmente, são 277 redes comerciais, em 116 países. Além disso, 11 redes passaram por um upgrade e operam com tecnologia HSPA+. De acordo com a consultoria Informa Telecoms & Media, até 2012, a UMTS-HSPA deve atingir o marco de um bilhão de assinantes.

Máquinas inovadoras como o carro, telefone, televisão e o computador pessoal transformaram o mundo e impactaram diretamente na vida das pessoas. Dos grandes inventos, nada se compara ao impacto gerado pela telefonia móvel sem fio. Em alguns países, a penetração tecnológica já ultrapassou a marca dos 100%. Hoje, além das pessoas, aparelhos se conectam por meio da tecnologia GSM afirma Chris Pearson, presidente da 3G Américas. A figura 26 mostra alguns modelos de celulares 3G.



Figura 26 – Celulares 3G.

Fonte: <http://www.tecnodrop.com/wp-content/uploads/>

2.3 Sistemas de aquisição de dados

Sistemas de Controle e Aquisição de Dados, ou abreviadamente SCADA proveniente do seu nome em inglês (Supervisory Control and Data Acquisition) são sistemas que utilizam software para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos de sistemas de controle conectados através de dispositivos específicos. Estes sistemas podem assumir topologia mono-posto, cliente-servidor ou múltiplos servidores-clientes. As tecnologias aplicadas em sistemas de teleprocessamento e comunicação de dados, como as utilizadas em redes de computadores, tornaram possíveis as aplicações de gerenciamento e controle de equipamentos rotativos, detectando falhas mecânicas e elétricas, de modo a reduzir a um valor mínimo o tempo de máquina parada.

A aquisição de dados pode ser considerada a “porta de entrada” dessas aplicações. Ela engloba métodos e dispositivos capazes de transformar informações do mundo real, preponderantemente analógico, para o formato digital, com os quais os computadores trabalham. Atualmente, uma parcela considerável dos instrumentos digitais de medição incorpora ou permitem a adição de uma interface para troca de dados com o computador. A implementação do interfaceamento entre os instrumentos de medição de massa para aquisição de dados, é assunto cada vez mais discutido entre os fabricantes, a fim de prover para seus clientes o melhor sistema que interligue o maior número de máquinas na maior distância possível, dando mobilidade com total gerenciamento dos instrumentos, dentro dos estabelecimentos.

Para o gerenciamento de informações que são enviadas a um banco de dados para ser administrado posteriormente ou em tempo real, ou até mesmo o controle de tabelas para impressões de etiquetas com informações básicas das transações e automação nos procedimentos de medição. Pode-se também entender por automação, qualquer sistema, apoiado em computador ou equipamento programável, que remova o trabalhador de tarefas repetitivas e que vise a soluções rápidas e econômicas para atingir os objetivos das indústrias (NATALE, 1995).

Um ambiente de trabalho coeso e integrado torna-se um diferencial na concorrência e na conquista de novos mercados. Desta forma, nas empresas, os processos que eram executados manualmente estão sendo automatizados através de sistemas computacionais de menor custo e maior desempenho. Um sistema de aquisição de dados e um monitoramento que forneça informações de forma rápida e confiável pode ser um grande diferencial para manter a competitividade das empresas em geral (FAVARETTO, 2001).

2.3.1 Aquisição de dados

O advento do computador, e telecomunicações, alavancou importantes avanços na área de medição. As mudanças foram introduzidas em praticamente todos os níveis: da construção de medidores à metodologia de medição, do planejamento das medições à análise dos dados, da organização dos resultados à sua divulgação, praticamente nada escapou às mudanças. Com o contínuo surgimento de novas tecnologias, a área continua a evoluir incorporando importantes avanços de outras áreas como as redes de computadores. As tecnologias surgidas nesta área possibilitam uma integração de recursos e informações geradas pelos sistemas de medição. Atualmente é possível (e relativamente fácil), disponibilizar resultados de uma medição através de uma rede integrando laboratórios, centros de pesquisa, indústrias, mesmo que localizados a grandes distâncias. Também pode ser usada para monitoração de equipamentos na indústria e propósitos da agricultura, como para obter a previsão do tempo em lugares remotos. Ainda no setor de agricultura, os sistemas de irrigação podem ser controlados remotamente (BERNHARDT, M. F., 2003 e MATTOS, A. M. P., 2004).

2.3.2 Placa de aquisição

É o limite de entrada e saída dos equipamentos terminais de dados, constituindo um dispositivo (físico, funcional e elétrico) que torna possível o envio de dados de um terminal para outro, ou de um terminal para um equipamento de comunicação de dados e vice-versa, podendo ser de duas grandes categorias, seriais ou paralelas.

As características físicas e lógicas para a conexão serial entre dois sistemas são conhecidas como padrão, que normalmente é definido através de uma norma. Essas normas são criadas por entidades especializadas, por exemplo, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) e EIA (Electronic Industries Association) e adotadas comercialmente. A compatibilidade é obtida pela padronização em nível internacional; A primeira tentativa de padronização ocorreu no início da década de 60, quando os fabricantes de equipamentos, o laboratório BELL e a EIA, especificaram a norma RS (Recommended Standard). Este sistema relata a normalização de uma interface comum para comunicação de dados entre equipamentos. Estes dispositivos poderiam ser conectados através de linha telefônica, e conseqüentemente necessitavam de um modem em cada lado para fazer a decodificação dos sinais. Dessas idéias nasceu a norma RS232. Ela especifica as tensões, temporização e funções dos sinais, um protocolo para troca de informações, e conexões mecânicas. RS232 equipa a maioria dos computadores, impressoras, terminais de vídeo e equipamentos de medição digitais que saem de fábrica, constituindo uma opção de baixo custo para o interfaceamento.

2.3.3 Software de aquisição

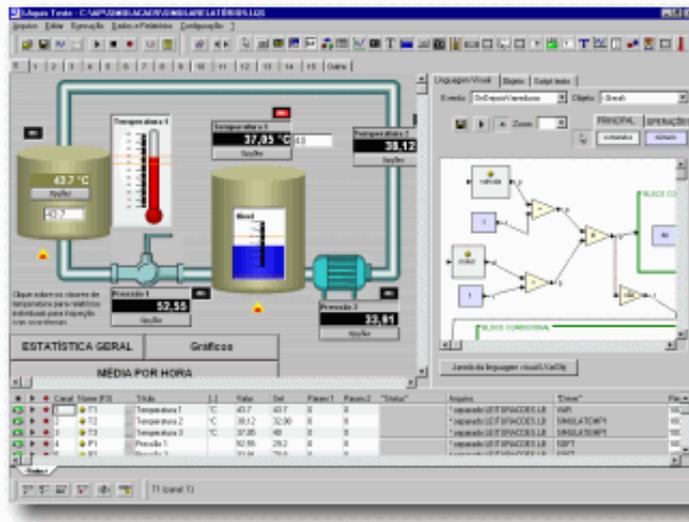
O aumento da capacidade de processamento aliada à melhoria dos sistemas operacionais e linguagens de programação, propiciou o surgimento de uma grande variedade de programas capazes de trabalhar com a matemática avançada. Com isto, o trabalho de análise e interpretação de resultados, cujo início era a prancheta de anotações passou a ser executado de forma integrada ao processo de medição. Software, ou programa de computador é uma seqüência de instruções a serem seguidas e/ou executadas, na manipulação, redirecionamento ou modificação de um dado/informação ou acontecimento (TANENBAUM, 2007). Tecnicamente, Software também é o nome dado ao conjunto de produtos desenvolvidos durante o Processo de Software, o que inclui não só o programa de computador propriamente dito, mas também manuais, especificações, planos de teste, etc. Software de aquisição ou programa de aquisição de dados tem diversas funções como interligar os PC's a diversos tipos de sensores, adquirindo e enviando os dados através das diversas portas de comunicação.

Geralmente estes softwares são desenvolvidos para rodarem em diversos sistemas operacionais existentes no mercado como (WIN98, WINXP, WIN2003, Vista, Linux, OS/2, Unix, etc.), para aquisição de sinais provenientes de sensores, são utilizados em conjunto com as interfaces de aquisição (placas de aquisição).

Outras funções, normalmente efetuadas por circuitos analógicos como condicionamento de sinais, controle de processos, modelagem matemática de sistemas, passaram a ser executadas em sistemas digitais. Um sistema de aquisição de dados é composto por um ou mais dispositivos de entrada gerando dados para um computador (ou uma rede de computadores), capaz de interpretá-los como grandezas físicas, requerendo para isto, o software adequado. Existe uma gama considerável de opções para sistemas de aquisição de dados. A escolha do sistema adequado depende essencialmente do tipo de grandeza a ser medida e do objetivo da medida. Com base nestes dois parâmetros é possível definir características como: velocidade da medição, número de grandezas distintas, exatidão e a configuração do sistema, determinando os tipos componentes utilizados.

Dentre os vários tipos de sistemas de aquisição de dados, estão as interfaces digitais. Os instrumentos de medição de massa utilizam esse tipo sistema. Nesses equipamentos a aquisição de dados opera com uma larga disposição de informações que variam de acordo com âmbito de aplicação desses instrumentos. Cada modelo de medidor de massa fabricado tem aplicação em âmbito específico, na indústria, no comércio e no meio científico, e tem informações geradas de acordo com esse âmbito. O sistema de aquisição de dados tem por objetivo facilitar a reunião de todas essas informações, para análise e divulgação, através das interfaces de comunicação. A estrutura física para aquisição de dados é desenvolvida interligando-se o instrumento de medição a um computador, que opera com um software capaz de organizar as informações coletadas. Dependendo do software utilizado ainda podem existir outras informações associadas ao produto, como nas medições comerciais aonde os instrumentos de medição de massa são configurados, a fim de aumentar as informações passadas ao consumidor.

Atualmente os fabricantes dos instrumentos de medição de massa possuem uma logística própria de desenvolvimento de softwares, capazes de gerenciar redes de instrumentos integrados a um computador, ou a uma rede de computadores. Esses softwares são desenvolvidos para trabalharem sobre os protocolos de transmissão, permitindo que as informações geradas pelos medidores sejam controladas com praticidade a partir de um único ponto.



São utilizados nas seguintes áreas: Mecânica dos sólidos, mecânica dos fluidos, óptica, eletricidade, ondulatória, termodinâmica, física moderna, etc. As figuras 27 e 28 mostram exemplos destes sistemas e softwares utilizados na atualidade:

Figura 27 – Exemplo de software aquisição de dados

Fonte: <http://www.lcds.com.br/aquisicaodedados.asp>



Figura 28 – Software aquisição de dados LAquis.

Fonte: <http://www.lcds.com.br/aquisicaodedados.asp>

Outros softwares. LAquis; LIBERTY; DAQFactory Starter; SCADA - Automation Solutions Centre; Catman®; Agilent Technologies Winlog SCADA software -Sielco Sistemi SCADA system with OPC Client; Supervisório LAquis; RSView32 from Rockwell Software; LabView - National Instruments - Instrumentação Virtual; InduSoft; WinCC e InTouch; S-Monitor - Sistema de Monitorização e Controle Industrial; Spider8.

2.4 Sensores

A tecnologia de sensores diz respeito a duas atividades que retroage à civilização dos antigos egípcios: medição e processamento de informação. No antigo Egito só foi possível organizar a agricultura e a necessária irrigação das terras, quando as pessoas desenvolveram a habilidade de medir áreas das terras e o volume das águas. Mais tarde os Egípcios desenvolveram a habilidade de processar os números produzidos pela medição, isto é, a matemática que trouxe a tona novas dimensões para a forma de explorar os números. Transdutores ou sensores representam a componente sensorial dos sistemas de medição, que pertencem a um campo tecnológico mais amplo chamado instrumentação. A medição é o processo de associar números a entidades e eventos no mundo real. A tarefa de selecionar e usar instrumentos são geralmente referidos como Engenharia de Medição.

O processo de sensorial é chamado transdução. A instrumentação desempenha um papel vital no nosso mundo tecnológico atual.

Conceitos básicos

Transdutor: É um dispositivo que converte uma forma de energia ou quantidade física em outra. Não há completa concordância em relação a esta definição. Embora autoridades no assunto insistam que o termo transdutor deva ser aplicado apenas para o dispositivo que transforma um tipo de energia ou quantidade física em outra, existem outras definições de uso corrente (OGATA, K., 2003) estende um pouco mais a discussão sobre os transdutores, classificando-os como:

- ǻ Transdutores analógicos: são transdutores nos quais os sinais de entrada e saídas são funções contínuas do tempo. As amplitudes dos sinais podem assumir quaisquer valores dentro das limitações físicas do sistema.
- ǻ Transdutores a dados amostrados: são transdutores nos quais os sinais e saída ocorrem apenas em instantes discretos de tempo, normalmente periódicos. As amplitudes do sinal são não - quantizáveis.
- ǻ Transdutores digitais: são aqueles nos quais os sinais de entrada e saída são discretos e as amplitudes dos mesmos são quantificáveis, ou seja, podem assumir apenas certos valores discretos.
- ǻ Transdutores analógico-digital: são transdutores nos quais o sinal de entrada é uma função contínua do tempo e o sinal de saída é um sinal quantizável que pode assumir apenas certos valores discretos.
- ǻ Transdutores digital-analógico: são aqueles nos quais o sinal de entrada é um sinal quantizado e o sinal de saída é uma função contínua do tempo.

Segundo Thomazini e Braga (2005), sensores são dispositivos usados para detectar, medir ou gravar fenômenos físicos tais como calor, radiação etc., e que responde transmitindo informação, iniciando mudanças ou operando controles.

Características dos sensores:

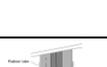
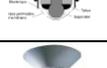
- ǻ Linearidade: É o grau de proporcionalidade entre o sinal gerado e a grandeza física. Quanto maior, mais fiel é a resposta do sensor ao estímulo. Os sensores mais usados são os mais lineares, conferindo mais precisão ao SC. Os sensores não lineares são usados em faixas limitadas, em que os desvios são aceitáveis, ou com adaptadores especiais, que corrigem o sinal.
- ǻ Faixa de atuação: É o intervalo de valores da grandeza em que pode ser usado o sensor, sem destruição ou imprecisão. Porém os sensores se dividem em vários tipos como veremos mais tarde.

Em geral definido como um dispositivo que recebe e responde a um estímulo ou um sinal. Como o sinal é uma forma de energia, os sensores podem ser classificados de acordo com o tipo de energia que detectam. Por exemplo:

- ǻ sensores de luz: células solares, fotodiodos, foto transistores, tubos foto-elétrico, CCDs, radiômetro de Nichols, sensor de imagem;
- ǻ sensores de som: microfones, hidrofone, sensores sísmicos;
- ǻ sensores de temperatura: termômetros, termopares, resistores sensíveis a temperatura (termístores), termômetros bi-metálicos e termostatos;
- ǻ sensores de calor: bolometro, calorímetro;
- ǻ sensores de radiação: contador Geiger, dosímetro;
- ǻ sensores de partículas subatômicas: cintilômetro, câmara de nuvens, de bolhas;
- ǻ sensores de resistência elétrica: ohmímetro;
- ǻ sensores de corrente elétrica: galvanômetro, amperímetro;
- ǻ sensores de tensão elétrica: eletrômetro, voltímetro;
- ǻ sensores de potência elétrica: wattímetro;
- ǻ sensores magnéticos: compasso magnético, compasso de fluxo de porta, magnetômetro, dispositivo de efeito Hall;
- ǻ sensores de pressão: barômetro, barógrafo, pressure gauge, indicadores da velocidade do ar, variômetro;
- ǻ sensores de fluxo de gás e líquido: sensor de fluxo, anemômetro, medidor de fluxo, gasômetro, aquometro, sensor de fluxo de massa;
- ǻ sensores químicos: eletrodo ion-selectivo, eletrodo de vidro para medição de pH, eletrôdo redox, sonda lambda;
- ǻ sensores de movimento: arma radar, velocímetro, tacômetro, hodômetro, coordenador de giro;
- ǻ sensores de orientação: giroscópio, horizonte artificial, giroscópio de anel de laser;
- ǻ sensores mecânicos: sensor de posição, selsyn, chave, strain gauge;
- ǻ sensores de proximidade: Um tipo de sensor de distância pouco sofisticado, apenas detecta uma proximidade específica.

A tabela 12 abaixo mostra alguns modelos de sensores utilizados:

Tabela 12 – Tipos de sensores

Tipos	Modelos	Fonte
sensores de luz		http://www.endrich.com/cms/media/40/328.jpg
sensores de som		http://www.worten.pt/2747600_733.jpg.image=02747600
sensor de temperatura		http://aliatron.com/loja/catalog/popup_image.php?pid=395
sensores de calor		http://www.arsconsult.com.br/produto/srobby/icones/rele.jpg
sensores de radiação		http://www3.cptec.inpe.br/~ensinop/imagens/Image6.gif
sensores de resistência elétrica		http://store-nbell.locasite.com.br/loja/images/sensor.gif
sensores magnéticos		http://www.festo.com/INetDomino/files_01/brsens.jpg
sensores de pressão		http://aliatron.com/loja/catalog/popup_image.php?pid=309
sensores de fluxo de gás e líquido		http://www.hygro-therm.com.br/vazao/10.jpg
sensores químicos		http://www.fcen.uba.ar/ecyt/articulo/image1.gif
sensores de movimento		http://www.vigiaeletronico.com.br/sensores_movimento.gif
sensores mecânicos		http://www.gonner.com.ar/images/productos/MGPORT.jpg
sensores de proximidade		http://www.impac.com.br/images/sensores.jpg
sensores de distância		http://aliatron.com/loja/catalog/images/dirrs.jpg
sensor whisker		http://www.zprod.org/PG/blogPics/simonBovetAmouse.jpg
sensor de vibração		http://aliatron.com/loja/catalog/popup_image.php?pid=358

2.4.1 Sensores de fibras ópticas

Sensores de fibra óptica vêm sendo desenvolvidos desde a década de 60. A década de 1970 viu alguns dos primeiros experimentos com sensores de fibras ópticas sendo usado, não para telecomunicações como havia sido a principal motivação para o seu desenvolvimento, mas para fins de sensoriamento. Este experimento pioneiro levou rapidamente para o crescimento de um número de grupos de pesquisa, que teve um forte enfoque sobre a exploração desta nova tecnologia na aquisição e medição. A tecnologia de sensores a fibra óptica vem se desenvolvendo rapidamente nos últimos anos. Os sensores em fibra óptica são atrativos por oferecerem uma série de vantagens em comparação com os sensores elétricos convencionais (DAKIN, B. CULSHAW, B. 1988), e (KROHN, D.A. 2000). Tendo como principais propriedades as das fibras ópticas, tais como transmissão com baixas perdas, imunidade a interferências eletromagnéticas, baixo peso, pequenas dimensões e isolamento elétrico.

Pelo fato de agüentarem altas temperaturas, podem também operar em diferentes meios químicos e aquosos permitindo medições em áreas não acessíveis de outro modo. Ao embeber sensores em fibra óptica em materiais compósitos, é possível melhorar o processo de fabrico, dado que se podem monitorizar parâmetros como a temperatura, a pressão, a deformação, o grau de cura, a viscosidade e o conteúdo químico (UDD, E.,1995).

Os sensores podem, também, ser aplicado na avaliação da integridade de uma estrutura em serviço, tal como aqui se apresenta. Diferentes sensores em fibra óptica foram utilizados com sucesso na avaliação de dano em materiais compósitos (LE BLANC M., MEASURES, R.M.. 1995) e (ZHOU, G., SIM, L.M.. 2002).

Os principais motivos para aplicação desses sensores nos sistemas de medição são algumas características inerentes às fibras ópticas como, baixo peso, flexibilidade, longa distância de transmissão, baixa reatividade do material, isolamento elétrico e principalmente a imunidade eletromagnética. (GRATTHAN, K.T.V., SUN, T., 1999).

Além dessas existe, em muitos casos, a possibilidade de se multiplexar os sinais de vários sensores, inclusive de grandezas diferentes, ao longo da mesma fibra sensora.

Essas vantagens tecnológicas contribuem para que os sensores a fibra óptica venham a substituir os sensores convencionais em diversas aplicações. (BOHNERT, K. , GABUS, P. KOSTOVIC, J. BRANDLE, H. 2004). A seguir a tabela xx mostra alguns tipos de sensores de fibras ópticas.

Tabela 13 – Tipos de sensores ópticos

Fonte: Gavea Sensors

Tipos de Sensores de Deformação			
	Sensor de Deformação a RBF - Poliamida		Sensor de Deformação a RBF - Estruturas Metálicas
	Sensor de Deformação a RBF - Fibra de Carbono		Sensor de Deformação a RBF - Embutir em Concreto
Sensor de Pressão e Temperatura			
	Sensor Terminal de Pressão e Temperatura a RBF		Sensores de Temperatura a RBF para aplicações diversas
	Sensor de Temperatura a RBF para embutir em concreto		
Sensor de Vibração		Sensor de Deslocamento	
	Acelerômetro a RBF		Sensor Linear de Posição e Deslocamento a RBF
Sensor de Poro-pressão		Detector Óptico de Vazamentos	
	Sensor de Poro-pressão a RBF		Detector Óptico de Vazamentos

2.5 Novas tecnologias da Informação e Comunicação, mídias sociais e JAVA.

Com a crescente globalização da economia e o desenvolvimento das novas tecnologias de informação e comunicação conduziram a sociedade atual a enfrentar uma série de rupturas em seus paradigmas. No Brasil, a consciência da necessidade de aprender por toda a vida tem provocado mudanças nas estratégias referentes ao ensino e a educação à distância agora não é mais voltada para os menos favorecidos como no passado, mas é uma alternativa para a promoção da cultura, por meio da educação continuada, do ensino profissionalizante, do ensino superior, de cursos de pós-graduação, entre outros (BITTENCOURT D. F., 1999). Como cita Bilessimo (2007), a atualização permanente contribui para o surgimento de novos cursos de graduação e de novas instituições de ensino no Brasil e no mundo, contribuindo para o avanço deste setor.

Para impulsionar um processo de aprendizagem crítico e criativo, o campo da educação deve estar devidamente articulado com as novas tecnologias: a televisão, o computador e outras linguagens audiovisuais que estão atualmente presentes e atuante em nossos lares e que, além de oferecem novas perspectivas, fazem com que o tratamento da informação receba diferenciações de acordo com o seu objetivo e uso, (TENÓRIO, R. M., 1998).

Cruz (1997, p. 160) define ainda a Tecnologia da Informação como “conjunto de dispositivos individuais, como hardware e software, telecomunicações ou qualquer outra tecnologia que faça parte ou gere tratamento da informação, ou ainda, que a contenha”. Definiu-se para esta pesquisa a utilização do termo Novas Tecnologias de Informação e Comunicação para descrever além das tecnologias já consagradas (telefone, televisão, rádio, etc.) englobar inclusive as mais recentes como: internet, ambientes virtuais de aprendizagem, animações, simulações, realidade virtual, mídias sociais entre outras.

As novas tecnologias de informação e comunicação se bem utilizadas podem possibilitar a integração, o enriquecimento e a expansão dos materiais educativos, aplicados nos processos industriais.

Diversos recursos podem ser introduzidos aos ambientes computadorizados de aprendizagem. Estes recursos permitem a transformação desse ambiente de estudo, da simples leitura a um ambiente interativo e motivador, além de proporcionar um estímulo a mudanças no processo de ensino-aprendizagem, possibilitando a construção do conhecimento por meio da exploração, investigação e interação como o mundo virtual e real.

Para Silva, Bosco e Girardi, (2008) utilizar as ferramentas Web sob uma didática e pedagogia assertiva, irá permitir capitalizar os diferentes estilos de aprendizagem, possibilitando nos estudantes um maior grau de motivação e paixão em seu processo de formação o qual se verá em seus projetos acadêmicos, de vida e laborais onde se evidenciará uma mudança cultural com criatividade e inovação.

2.5.1 Mídias Sociais

As redes sociais, segundo Marteleto (2001), representam “[...] um conjunto de participantes autônomos, unindo idéias e recursos em torno de valores e interesses compartilhados”. Comunicação de todos para todos, poucos anos atrás a comunicação de massa era de um para todos, ou seja, televisão para telespectador, do jornal para os leitores, do rádio para o ouvinte. Quem tinha os meios de comunicação tinha o poder, agora todos podem produzir e receber as informações através da maior rede de comunicação a internet. “Mídias” são os meios, “Social” são os relacionamentos. Importantes ferramentas para quem atua em qualquer área relacionada à web atualmente, as mídias sociais têm sido cruciais para as empresas e todo seu processo de divulgação de marcas e produtos. As mídias sociais mostrada na figura 29 fazem parte do nosso cotidiano de comunicações entre as redes sociais, como uma ferramenta de trabalho, sendo utilizados na área empresarial e sendo muitas opções de rede que incorporam as novidades. Descrevem as ferramentas on-line que as pessoas usam para compartilhar conteúdo, perfis, opiniões, visões, experiências, perspectivas e mídia em si, facilitando assim conversas on-line e interação entre grupos de pessoas. Essas ferramentas incluem blogs, fóruns, podcasts, micro blogs, lifestreams, bookmarks, redes, comunidades, wikis, e blogs.



Figura 29 – Algumas Mídias Sociais

Fonte: <http://comunicacaochapabranca.com.br>

Manter uma constante monitoração de quem se associa e o que falam sobre seu produto e trabalhar em cima destas opiniões e usuários é fundamental para seu sucesso.

2.5.2 Componentes de Softwares

Apresenta-se aqui uma visão geral do paradigma de componentes de software juntamente com uma breve descrição dos modelos de componentes Enterprise JAVABeans (EJB), JAVA Server Face (JSF) e JAVA. (MIGLINSKI, C. A, 2003).

2.5.3 Visão Geral de Componentes de Software JAVA

Estes sistemas baseados em componentes são aderentes ao princípio da divisão e conquista para gerenciamento da complexidade. O princípio consiste em dividir o problema em várias partes menores, resolvê-las separadamente e então construir soluções a partir desses blocos mais simples. Esse conceito é largamente utilizado em engenharia de software, como por exemplo, no desenvolvimento em camadas (tiers) e na própria orientação a objetos, (HEINEMAN, G. COUNCIL, W, 2001). O conceito, em si, de componentes como blocos de construção para desenvolvimento de sistemas não pode ser considerado uma novidade.

Porém, a evolução do poder computacional, da capacidade de armazenamento bem como das demais tecnologias envolvidas no processo de desenvolvimento de software permitiram a real utilização desse conceito na construção de sistemas complexos. Como principais vantagens da utilização desse paradigma de componentes podem ser citados: o aumento da produtividade no desenvolvimento, a facilidade de manutenção e o aumento da qualidade, trazendo, com isso, uma diminuição do custo, (DANIELS, J. CHEESMAN, J., 2001). Esses benefícios são atingidos principalmente através do reuso de código, interligação explícita entre os componentes (baixo acoplamento), alta coesão e geração automática de código.

2.5.4 Componentes Enterprise JAVABeans

Enterprise JAVABeans (EJB) é uma arquitetura de componentes do lado servidor para a plataforma JAVA 2 Platform Enterprise Edition (J2EE). Enterprise JAVABeans possibilita o desenvolvimento rápido e simplificado de aplicações distribuídas, transacionais, seguras e portáteis baseadas na tecnologia JAVA, (JOHNSON, R., 2001). O modelo de componentes Enterprise JAVABeans é um modelo com especificação aberta fornecido pela Sun Microsystems para o desenvolvimento e instalação de aplicações JAVA pertencentes ao domínio de negócios. Os enterprise beans, componentes JAVA 2 Platform Enterprise Edition que implementam a tecnologia Enterprise JAVABeans, são executados no container Enterprise JAVABeans que consiste em um ambiente de tempo de execução dentro do servidor JAVA 2 Platform Enterprise Edition (HAEFEL, M. R., 2001), conforme mostrado na figura 30.

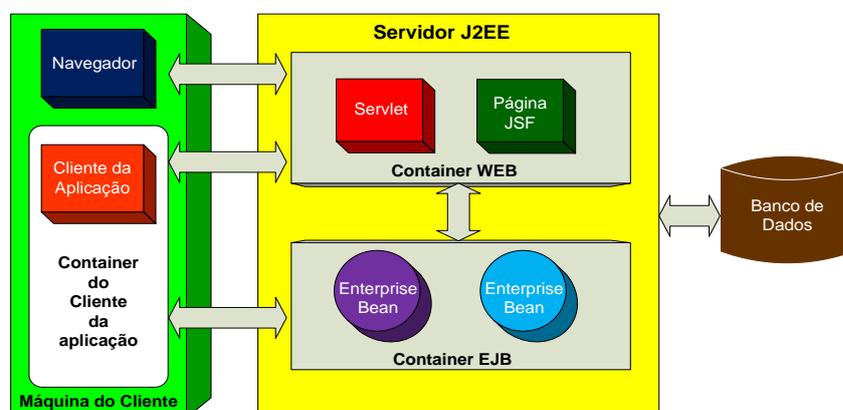


Figura 30 – Servidor J2EE e containers

Esses containers proporcionam de forma transparente ao desenvolvedor de aplicações, serviços tais como suporte à transações e persistência. Um enterprise bean é um componente do lado servidor que encapsula a lógica de negócios de uma aplicação, ou seja, o código que satisfaz o objetivo da aplicação.

A implementação do modelo EJB é dividida em duas partes: o container e o servidor EJB. A primeira gerencia o ciclo de vida do componente e constitui a parte central do modelo de componentes. A segunda, juntamente com o container, fornece todos os recursos necessários para que um componente distribuído possa interagir com outros componentes e provê o ambiente de execução para um ou mais containers.

2.5.5 JAVA

JAVA, linguagem de programação e uma plataforma de computação lançada pela primeira vez pela Sun Microsystems em 1995. É a tecnologia que capacita muitos programas da mais alta qualidade, como utilitários, jogos e aplicativos corporativos, entre muitos outros, (DEITEL, P., DEITEL, H., 2010). O JAVA é executado em mais de 850 milhões de computadores pessoais e em bilhões de dispositivos em todo o mundo, inclusive telefones celulares e dispositivos de televisão. Hoje em dia há muitos aplicativos e sites que funcionam somente com o JAVA instalado, e muitos outros aplicativos e sites são desenvolvidos e disponibilizados com o suporte dessa tecnologia todos os dias. O JAVA é rápido, seguro e confiável. A tecnologia JAVA está em todo lugar e pode ser encontrada em laptops, datacenters, consoles de jogos, supercomputadores científicos, telefones celulares e na Internet. (OZIEL, M. N., 2006). Além do mais o download do JAVA é gratuito. Você pode fazer o download da versão mais recente no endereço <http://java.com>. Recomenda-se manter sempre a versão mais recente do JAVA, pois a mesma contém aprimoramentos importantes para melhorar o desempenho, a estabilidade e a segurança dos aplicativos JAVA executados no computador (MATTOS, E. T., 2005).

3. CAPÍTULO 03 – DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA PROPOSTA DO MODELO PARA O SISTEMA DE AQUISIÇÃO E MONITORAMENTO DE DADOS VIA REDE DE CELULAR 3G UTILIZANDO SENSORES.

A arquitetura proposta do modelo de sistema é descrita em três camadas assim descritas e mostrado a seguir na figura 31. A camada 01 é composta pelo equipamento a ser monitorado, aqui definido como aerogerador, os sensores instalados entre o equipamento e a placa de aquisição de dados integrados como o modem para acesso a Rede de Celular 3G. A camada 02 é composta por modem 3G integrado ao servidor de acesso e banco de dados, já na camada 03 contém os todos os aplicativos de suporte a WEB, rede de celular 3G e acesso as mídias sociais.

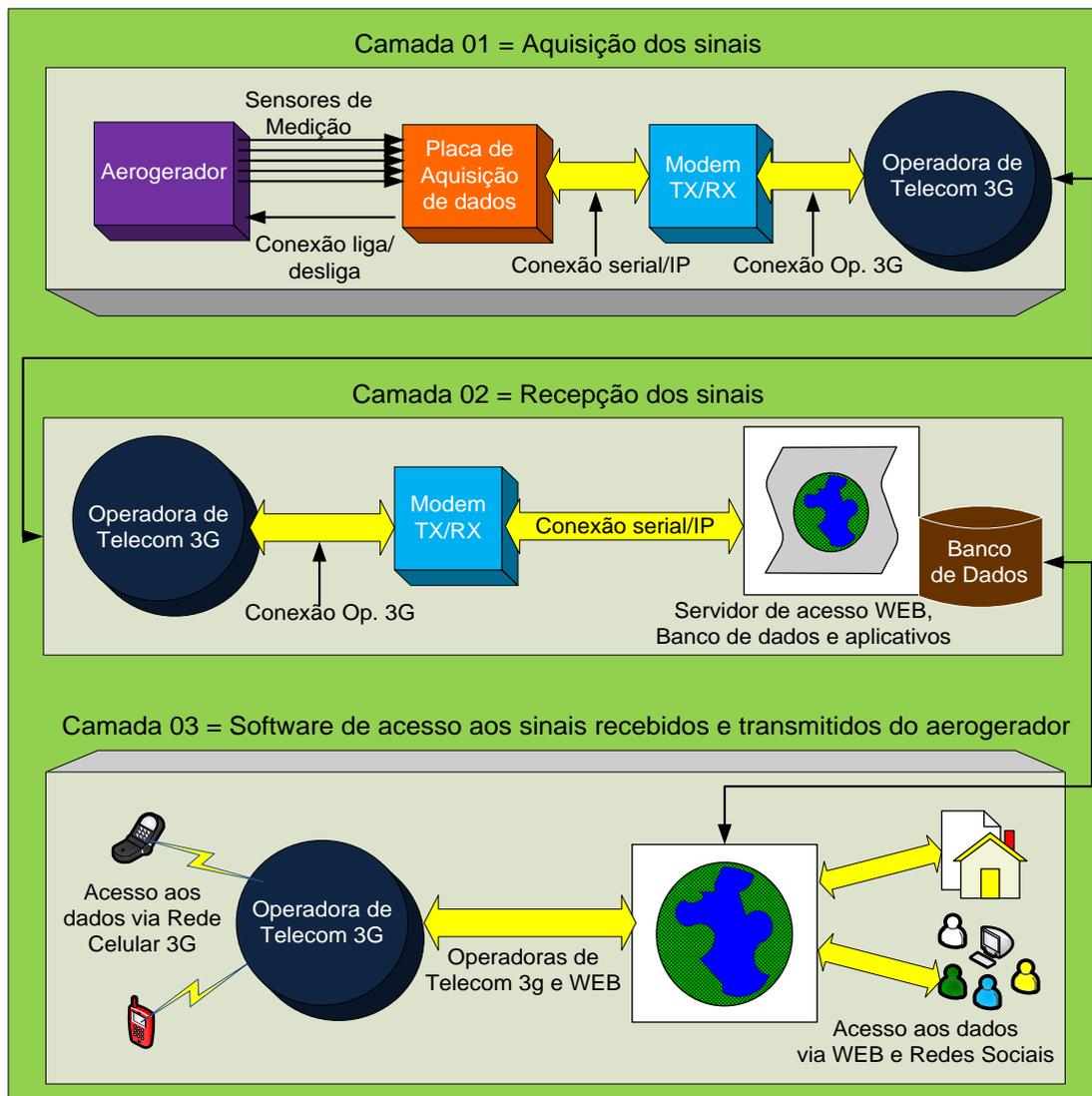


Figura 31 – Modelo de arquitetura proposta para a monitoração do aerogerador

Há algumas décadas, um sistema de conversão de energia eólica para produção de eletricidade caracterizava-se como uma fonte de potência não controlada e sem capacidade para fornecer qualquer tipo de serviço de sistema. Atualmente, o desenvolvimento tecnológico e o aumento da capacidade de controle dos aerogeradores têm vindo a permitir aos parques eólicos capacidade de fornecerem alguns serviços de sistemas de controle contribuindo para uma melhor gestão global destes equipamentos. As tecnologias das redes de celulares 3G são bastante promissora como solução de comunicação para o gerenciamento destes equipamentos à longa distância, além de se aplicar esta tecnologia também nas redes de comunicação de dados com cobertura geográfica mundial, que podem dar suporte às redes de telemetria das mais variadas aplicações, como por exemplo, o monitoramento de dados na internet, (TATEOKI, G. T., 2007), de sistemas transmissão e distribuição de energia elétrica, de redes de telecomunicações, de infra-estruturas como dutos de petróleo, estruturas de pilares em pontes, barragens, dos recursos naturais com a avaliação e controle de extração de inertes, navegabilidade fluvial, medida do fluxo da água, do gás e do óleo, de terminais remotos e pontos de vendas, de estações meteorológicas, de aplicações para os experimentos remotos à distância, etc.

Há certamente muitas aplicações que requerem acesso a diversos equipamentos colocados em locais remotos. Um suporte para estas aplicações disponíveis poderiam ser fornecidos por vias terrestres com fios (MOULY, M., PAULET, M.B., 2006) e as redes de satélite, mas, geralmente, seu emprego viola as exigências de custo desejado. Essa violação é a principal motivo que levam as necessidades de desenvolvimento de soluções de baixo custo e infra-estruturas capazes de servir estes tipos de aplicações.

A possibilidade de obtenção dos dados remotamente a partir da plataforma de aquisição de dados tem sido alvo de atenção de alguns grupos de investigação. Os primeiros sistemas de aquisição de dados apareceram como resposta à necessidade de usar um sistema de detecção remota em ambientes onde o uso desta era limitado ao acesso local afirmando-se como forma de melhorar as características dos sistemas convencionais.

Com o propósito de se desenvolver a plataformas de aquisição de dados e monitoração remotamente, surgiram em diversas partes do globo vários projetos, como: “A Conceptual model for remote data acquisition systems”. (NIEVA, T., WEGAMANN, A., 2001); “Remote sensing applications for precision agriculture”: A learning community approach (SANTHOSH, K. S., SOIZIK, L., GRANT, M. C., GEORGE, A. S. 2003.); “The use of remote sensing for monitoring environmental indicators”: The case of the Incomati estuary, Mozambique. (LEMARIE, M., ZAAG, P., MENTING, G. BAQUETE, E. SCHOTANUS, D., 2006); “Real-time remote monitoring of water quality”: a review of current applications, and advancements in sensor, telemetry, and computing technologies. (HOWARD, B. G., JOANN, M.B., ROBERT, E.R., ALAN, J. L., JOSEPH, E. K., 2004).

3.1 Contexto Tecnológico

As chamadas redes de comunicação sem fio, ou “Wireless” são, sem sombra de dúvida, um dos temas mais atuais na área de telecomunicações e de informática, (WANG, N. Et. al., 2006). Isto é devido, em grande parte, ao crescimento vertiginoso de celulares no mundo, além disso, aumentou-se a disponibilidade de serviços de Internet móvel, ou de redes locais sem fio do tipo IEEE 802.x⁶.

Evidencia-se que para atender essas expectativas, às indústrias vem investindo pesado nas diversas tecnologias, abrangendo desde soluções de redes de longa distância, como, por exemplo, as redes wireless (WLANs), passando por soluções de redes 3G, ou soluções wireless para redes de curta distância (PAN de Personal Área Network), onde diversas soluções brigam por espaço de mercado (por exemplo IrDA-Infrared Data Association, HomeRF e Bluetooth). Neste contexto de comunicação sem fio, a tecnologia 3G, é a que oferece melhor desempenho em termos de confiabilidade e qualidade de comunicação a um custo relativamente baixo.

6 IEEE 802.x – O Comitê 802 do IEEE, "Institute of Electrical and Electronics Engineers" dos Estados Unidos, desenvolveu e publicou uma série de normas para redes locais (LANs) e Metropolitanas (MANs) que foram adotadas mundialmente inclusive pela ISO (International Organization for Standardization). Fonte: <http://standards.ieee.org/getieee802>

As aplicações com 3G são convencionalmente denominadas de WPAN (Wireless PAN ou Rede Pessoal Sem Fio), mas com recursos para trabalhar com outros tipos de redes, tanto na faixa local como na faixa com alcance global. Trata-se de uma tecnologia bastante poderosa e versátil devido a sua eficácia na atuação de envio de informação.

A tecnologia 3G possui abrangência global e os serviços de dados são tarifados pelas operadoras de telefonia celular por quantidade de bytes de dados trafegados, o que reduz custos e o torna atrativa em muitas aplicações, como no caso do modelo deste sistema proposto. O 3G explora as redes de celulares e Internet já disponíveis, o que isenta o usuário de construir e manter a sua própria rede.

A grande vantagem é a integração com a Internet, que permite conexão com qualquer ponto do mundo em diferentes equipamentos. Essa versatilidade é algo importante em qualquer sistema de monitoramento remoto de dados e além disso a tecnologia 3G possui também alguns recursos de segurança, que podem ser usados para controlar e proteger conexões entre dispositivos. Estes recursos incluem chaves de autenticação, de criptografia, código de identificação pessoal (PIN, Personal Identification Number) e o uso de esquemas de segurança dos protocolos transportados nas camadas superiores.

3.2 Objeto de estudo

Atualmente, existem diversos esquemas de geração eólica, que se diferenciam de acordo com o tipo de gerador elétrico e com as características de conexão com a rede, como direta ou indireta, através de conversores estáticos. Os testes para geração dos resultados efetuados utilizando o modelo de sistemas de aquisição de dados via rede 3G, foram realizados após a montagem de máquina elétrica síncrona rotativa, como aerogerador em bancada, utilizando-se como máquinas primárias um motor de indução de 7,2kW, onde foram instalados os sensores e feito a análise dos dados remotamente através do modelo de sistema para aquisição e monitoramento de dados. A figura 32 mostra o aerogerador monitorado em bancada de testes.



Figura 32 – Aerogerador montado em bancada.

O aerogerador utilizado é de fabricação alemã e foi importado no primeiro semestre de 2007 da marca Conergy® modelo SWT 6000 AC. Este aerogerador é classificado como pequeno e pode operar ligado a rede elétrica ou em sistemas ilhados. As características do gerador são descritas na tabela 14 abaixo:

Tabela 14 – Bancada de testes de Aerogerador 7,2 kW

Fonte: Manual aerogerador Conergy

Posição Artigo	Qty.	Fabricante	Nº Série	Peso (kg)	Dimensões (mm)
1 Bancada de Testes de Aerogerador 7,2 kW	1	WKA Sachsen Service		339,00	
1.1 Aerogerador	1	Conergy		200,00	
Conergy SWT 6000 AC					
Tensão nominal: 240 V, 60 Hz (400 V, trifásico, 50 Hz)					
Potência nominal: 1,8/7,2 kW (1,5/6 kW)					
Diâmetro do rotor: 6 m					
Rotação nominal: 83/124 rpm					
Caixa de Transmissão: Engrenagem Cilíndrica de duas relações			1006495302.51-4		
Gerador: assíncrono, pólos comutáveis 1200/1800 rpm			N446943794/0646		
Nacele, parte inferior	1				
Leme de direção do vento	1				
Cubo do rotor	1				
Nacele, parte superior	1				
Pá do rotor perfil A	2				
Pá do rotor perfil B	2				
Eixo	1		107		
Abspannstange	4				
Sistema de controle	1			3,00	
1.2 Motor de engrenagem cilíndrica	1			72,00	750 x 300 x 360
Tipo: G42A DA132M4 TW			06-2007/14626601.001		
Potência nominal: 7,5 KW					
Rotação de saída n (rpm): 122/146					
Rotação do motor n1 (rpm): 1450/1735					
Torque M (Nm): 590/490					
Coefficiente da engrenagem cG: 1,30/1,55					
Relação de transmissão i: 11,9					
Tensão/Freqüência: D/Y 220-240/380-420V 50/60 Hz					
Classe de isolamento: F					

Posição	Artigo	Qty.	Fabricante	Nº Série	Peso (kg)	Dimensões (mm)
	Proteção: IP 55					
	Caixa terminal: 0A					
	Posição de montagem: B3					
	Caixa de transmissão: perfil L, eixo de saída D 40x80					
1.3	Inversor de frequência	1			5,00	
	Tipo: KEB Combivert F5- Basic			14F5B1E-3A0A		
	Potência nominal: 11 kVA			300115689/1029519		
	Tensão nominal: 3x305...500V CA ou 420...720V CC					
	Corrente de saída: 16,5 A					
	Potência nominal máxima do motor: 7,5 KW					
	Tensão de saída: 3x0...Urede					
	Frequência de saída: 0...408 Hz					
	Frequência nominal de acionamento: 2/4/8 Hz					
	Proteção: IP 20					
1.4	Filtro para interferência eletromagnéticas	1			5,00	
1.5	KEB Combivert F5 Digital-Operator	1		00.F5.060-1000	1,00	
1.6	Suporte para o motor e o gerador	1			50,00	
1.7	Acoplamento	1				
	Torque nominal: 800 Nm					
1.8	PC Novatech IV	1	Merkel		2,00	
1.9	Sistema de aquisição de dados ME-Redlab Temp	1	ME		1,00	
	Sensor de temperatura rosqueável D NiCr-Ni, tipo K, -50 °C bis 400 °C	10				
	Sensor de temperatura rosqueável E NiCr-Ni, tipo K, -50 °C bis 400 °C	10				
	Sensor de temperatura superfície NiCr-Ni, tipo K, -50 °C bis 250 °C	10				
2.0	Quadro elétrico	1	Rittal			600x700x350

3.2.1 Sistema de frenagem

O aerogerador de pequeno porte é munido de um freio de disco. É configurado como freio para emergências, mas, na operação ilhada, é adicionalmente usado como freio regular. Freio regular significa que é utilizado para processos de frenagem normais que se repetem com frequência. Isto é o caso quando, num sistema autárquico, a energia gerada não pode ser absorvida de modo que a máquina precise ser desligada e freada. Freios de emergência só intervêm em caso de interferências casuais na operação normal através do acionamento do interruptor vibratório. Adicionalmente, o freio é utilizado para trabalhos de manutenção.

3.2.2 Funcionamento de sistemas de frenagem conhecidos

Uma máquina pode ser freada com diversos sistemas de frenagem. No entanto, uma alternativa barata e simples tem que ser encontrada a qual não onera o aerogerador existente com altos custos adicionais.

Existem no mercado oito princípios de ação que possibilitariam a frenagem do aerogerador mostrados a seguir: freio de disco, freio de tambor, freio de cinta, freio eletromagnético, freio elétrico, retardador, freio por resistência do ar, freio regenerativo elétrico. No artigo “Análise de Desgaste em Materiais de Atrito Orgânicos e Sinterizados, Utilizados em Aerogeradores de Pequeno Porte”, (SCHAEFFER L., ARRIECHE, F., LEWIS J. Jr., 2007), analisam em seu estudo a importância do comportamento do desgaste de tipos de materiais utilizados em pastilhas de freio, figura 33.

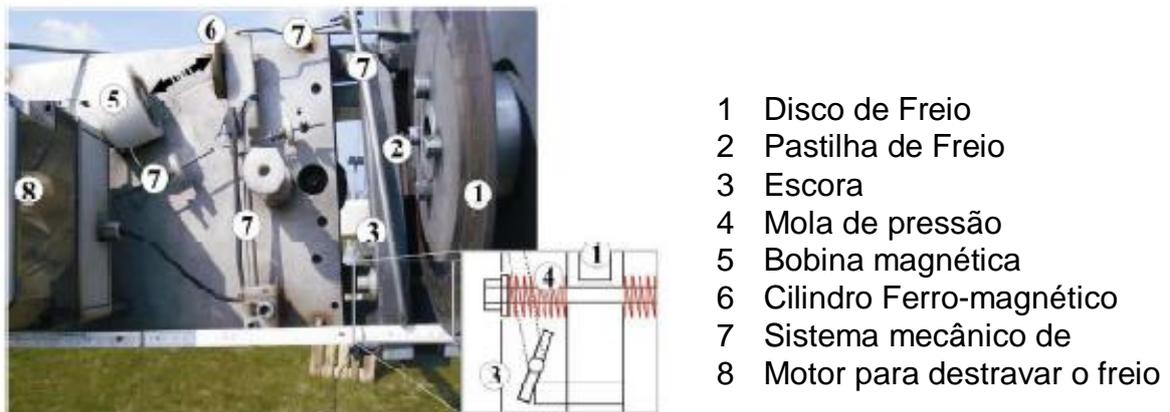


Figura 33 – Sistema de freio do aerogerador

3.3 O que compõem o modelo de sistema para aquisição e monitoração de dados utilizando sensores e rede de celular 3G.

O modelo de sistema para aquisição e monitoramento de dados remoto via rede de celular 3G e sensores é composto por cinco elementos chaves do processo:

3.3.1 Máquinas Inteligentes e Sensores - Aparelhos que monitoram, controlam e medem algum tipo de atividade localmente. Podem existir vários sensores em um determinado local, (Placas de aquisição de sinais, Controlador Lógico Programável – CLP, dentre outros).

Para o sistema analisado, foi utilizado uma placa de aquisição de dados constituído de várias saídas analógicas e digitais, (GRUBER, V., MARCELINO, R.,

2007), figura 34, onde através do processo de simulação foram geradas tensões que representam a dos sensores instalados no aerogerador de bancada para simulação de parâmetros definidos como: desgaste da pastilha de freio, vibração da torre, nível de óleo, tensão de saída de energia, temperatura. Para a alimentação da placa de aquisição optou-se por utilizar uma fonte chaveada na bancada de testes, e para uma futura utilização em produção comercial, a mesma poderá ser alimentada através de sistema de baterias e ou energia solar.

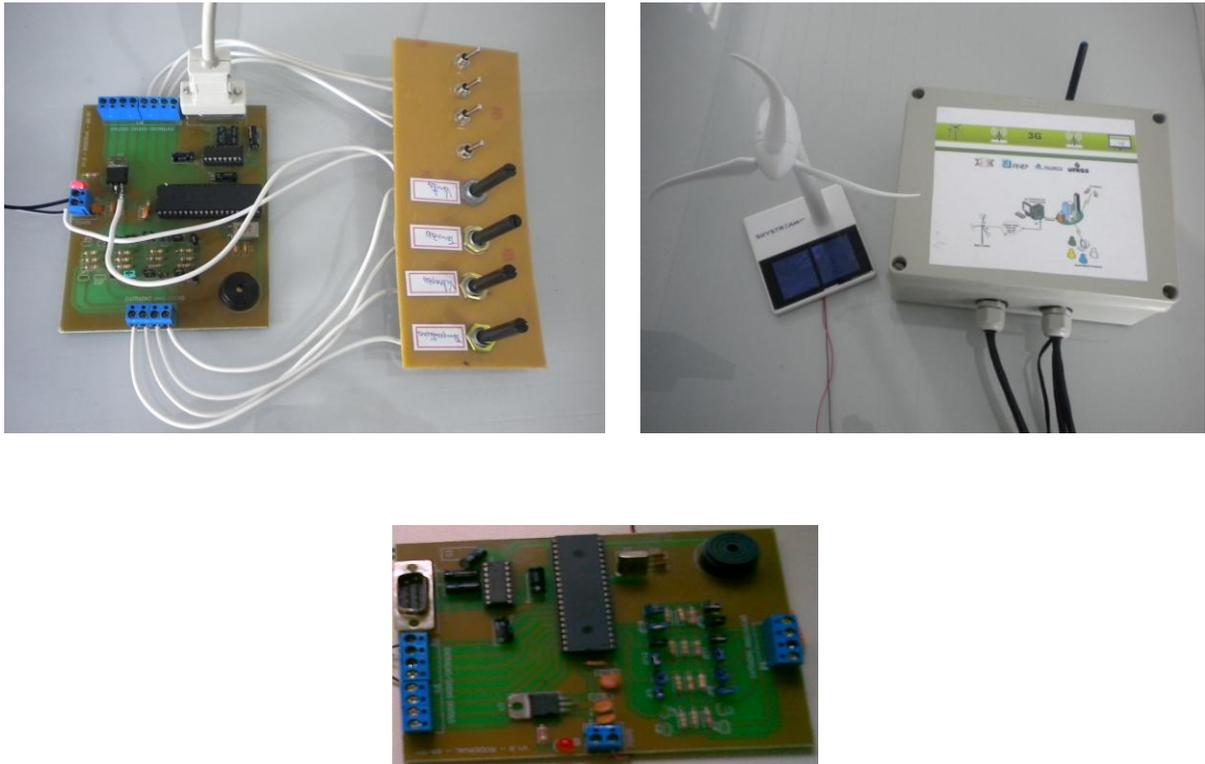


Figura 34 – Placa de aquisição de dados

3.3.2 Interface da Aplicação – Interface entre os sensores e a rede de comunicação. Para aplicações remotas, refere-se à Unidade de Terminal Remota (Remote Terminal Unit – RTU). Podemos ainda definir que a RTU é um dispositivo instalado em um local distante da central de controle, onde coleta dados e os codifica para um formato que seja passível de se transmitir, e os envia a uma estação central ou estação mestre, ilustrado na figura 35. Também recebe informações da estação central ou mestre de modo que possa atuar no sistema.

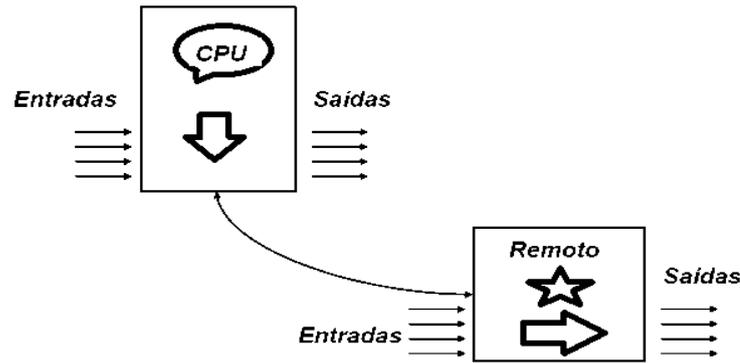


Figura 35 – Funcionamento da Unidade Terminal Remota.

As RTU's estão equipados com canais de entrada e saída, de modo que possam fazer as leituras dos sensores da área, canais de saída, para que possa atuar no sistema, indicadores e alarmes, e portas de comunicação para trocar dados com a estação o sistema de aquisição e monitoração de dados remoto central ou sistemas supervisórios. Foi desenvolvido para o sistema analisado uma placa de aquisição de dados com o microcontrolador PIC 16F877A/P da família PIC cujo fabricante é a Microchip®, conforme figura 36.

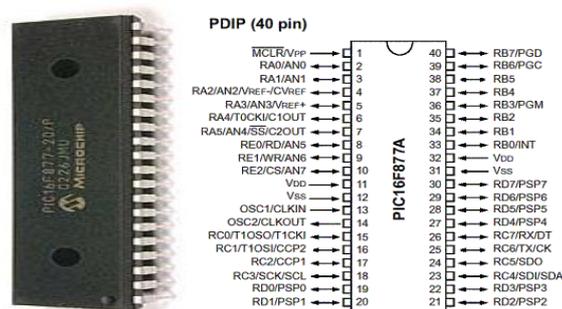


Figura 36 – Micro controlador PIC 16F877A/P

Fonte: www.microchip.com

Este chip possui memória de programa interna e memória de dados também evitando o uso de memórias externa deixando a placa menor e mais barata. A placa possui uma interface de comunicação serial, através do chip MAX 232 que permite a troca de dados com o modem 3G. Para compor o módulo microcontrolado procurou-se um microcontrolador que oferecesse um grande poder de processamento e suporte à programação em rede, tendo em vista a necessidade do sistema comunicar-se com outros dispositivos sobre uma rede TCP/IP, serial, além de conexão discada. As facilidades deste micro controlador são descritas na tabela 15.

Este micro controlador é indicado para as mais diversas aplicações, incluindo produtos para automação comercial, bancária, predial, controle de acesso, localizadores com GSM/GPRS/3G, etc.

Tabela 15 – Facilidades inclusas PIC16F877A

Fonte: www.microchip.com

PIC16F877A	
Program Memory	8192x14
RAM (Bytes)	368
EEPROM Data (Bytes)	256
Max Speed (MHz)	20
I/O	33
Package	40-pin DIP*
A/D Channels	8 (10 Bit)
PWM Channels	2
Brown Out Reset	Yes
Serial I/O	AUSART/I2C/SPI

3.3.3 Base de Comunicação (Backbone) – O sistema pode ser por linhas fixas ou rádio, e transmitir informações dos sensores através da interface da aplicação, para um computador central de comando e um centro de controle.

O sistema realizará a transmissão dos dados para um servidor na Internet, para tanto, é necessário que o sistema tenha capacidade de se conectar a Internet. Por esta razão, optou-se por utilizar a tecnologia de transmissão e recepção via rede celular 3G, utilizando a estrutura de rede de uma operadora de telefonia local, figura 37.

A forma de se conectar a esta rede oferecida pela operadora de telefonia celular local, é utilizando um terminal de dados 3G (Modem). Para testes de bancada optou-se por configurar o sistema via conexão discada ponto a ponto em modo de conexão CSD.



Figura 37 – Operadora de Rede de Celular 3G

O Modem para a transmissão de dados utilizado é desenvolvido pela empresa italiana “Urmet”. A definição e seleção deste modem baseou-se na sua ampla utilização no mercado mundial. O modem 3G tem funcionamento similar aos modems analógicos ainda hoje utilizados. Este modem funciona através de comandos AT padrão, uma linguagem de comandos para modems que foi desenvolvida pela Empresa Hayes e se tornou um padrão mundial para a indústria em geral. Os comandos “AT” são os comandos de controle do modem, através deles pode ser iniciada e encerrada uma conexão, além de outras funcionalidades utilizadas em aplicações com estes dispositivos. Principais comandos AT incluso no Anexo A.

Estes comandos são enviados ao terminal de dados pelo módulo microcontrolado (placa de aquisição) através de uma porta serial. Quando a conexão com a Internet está estabelecida, a mesma porta serial é utilizada para trafegar os dados.

3.3.4 Sistema de transmissão e recepção para monitoração dos dados à distância – O sistema de transmissão e recepção aqui estudado e montado é um sistema eletrônico utilizando a tecnologia Modem e Roteador 3G que permite transmitir e receber sinais de entradas e saídas à distância via rede de telefonia celular. Tal sistema possui uma

interface serial RS-232 e TCP-IP que poderá ser conectada a sistemas tais como Placas de aquisição de dados, CLP's, switches, servidores de rede, etc., conectando-se via transmissão de celular 3G. As características desse sistema eletrônico são descrito abaixo:

- ǻ Transmissão/recepção de dados e transmissão/recepção SMS
- ǻ SMS tipo MT/MO/CB/PD
- ǻ Transmissão de dados assíncrona não transparente GSM 2400 bit/s 4800 bit/s 9600 bit/s, CSD até 14.4 kbps, Conectividade GPRS/3G, GPRS/3G max. 85.6 kbps (downlink)
- ǻ Esquemas de codificação CS1, CS2, CS3, CS4
- ǻ Interface de dados: V.24 RS-232 e ou USB
- ǻ Controle de comandos AT (padrão ETSI 07.05,07.07)
- ǻ Potência de Saída classe 4 (2W) para EGSM900 classe 1 (1W) para EGSM 1800
- ǻ Alimentação: de 10V à 30V para GSM900/1800
- ǻ Entrada de Corrente: em repouso: 30mA @ 12VDC e em operação : 150mA 12VDC
- ǻ Temperatura de Operação: de -10°C a +50°C
- ǻ Temperatura de Armazenagem: de -40°C a +85°C

Características Mecânicas

- ǻ Conector de porta serial DB9 RS232
- ǻ Conector para alimentação: P4
- ǻ SIM plug-in card reader
- ǻ LED indicador do status do modem
- ǻ Conector de antena externa SMA F
- ǻ Dimensões: 69X70X33mm
- ǻ Peso: cerca de 100g

Para aplicação do modelo do sistema de comunicação para a transmissão e recepção de dados via rede de celular 3G, recomenda-se realizar a medida de nível do sinal ofertado pela operadora na localidade de instalação do equipamento.

A informação do nível do sinal é apresentada nos através de comandos AT na interface de configuração do modem.

Os principais comandos AT's utilizados, são :

ATD N: Discagem do número de telefone N

ATH0: Desconectar ligação;

+++ : Sair do modo de dados passando para modo comando;

ATE0: Desabilitar eco (retorno dos dados digitados na tela)

ATE1: Habilitar eco;

ATQ0: Habilitar respostas do SSGSM aos comandos executados;

ATQ1: Desabilitar o envio de respostas;

ATS0=n: Atendimento automático após n rings;

AT&F: Restaura configuração de fábrica do módulo GSM interno;

Demais comandos AT's segue norma GSM 07.07, que poderão ser consultados em manuais e normas. O modem é configurado em fábrica para receber chamadas, e, para aplicações onde necessita realizar discagens a partir deste, orienta-se enviar o seguinte comando: ATE1Q0 (Permite eco e habilita conexão)

Instalação: Recomenda-se certificar que o PIN (Personal Identification Number) do CHIP esteja desabilitado. Isto pode ser realizado aplicando-se o chip em um aparelho de celular comum acessando o sistema da operadora de telefonia através do menu deste. Após a instalação do chip, na parte inferior da interface eletrônica modem GSM, o equipamento já está apto a transmitir e receber comunicação de dados. Para configurar, siga os seguintes procedimentos: Para acessar o modo de configuração deve-se conectar um microcomputador a interface serial do Modem. Com o microcomputador usando o hyperterminal (configurado em 9600, n, 8, 1; deve-se teclar "enter" e o usuário receberá uma tela no modo DOS com o seguinte prompt: GSM>

No modo CSD existem dois comandos internos do Modem que poderão ser utilizados para ajustar os parâmetros:

-COM1 Exibe configuração do canal serial 1.

-COM1 bps ,p, b, t Configura canal serial 1.

| | | |__ Timeout em mS entre bytes recebidos.

| | |__ Bits de dados [7, 8].

| |__ Paridade [(N)enhuma,(P)ar,(I)mpar].

|__ Velocidade [300 a 19200].

-pin exibe número de ativação do SIM Card.

Após tais configurações, porta serial e número PIN, o Modem está disponível para realizar discagem ou receber permitindo conexões.

Modo GPRS (General Packet Radio Service) (S2 OFF).

Neste modo, o Modem permite uma conexão via IP através de sua interface serial, sendo disponível em um centro de operação as informações recebidas. Observar que os comando AT's visto anteriormente não são interpretados pelo Modem. Para esta aplicação deve-se observar:

1 – O sistema servidor onde o Modem irá conectar-se deve Ter IP fixo, pois o equipamento irá buscar este parâmetro para conexão.

2 – A operadora deve ofertar GPRS/3G.

Comandos disponíveis:

? (apresenta os comandos existentes.)

GSM> ?.

Comandos suportados:

Help - Exibe esta tela.

Conf - Configura o sistema.

Name - Configura um texto para identificação do sistema.

Retries - Configura numero de tentativas de conexão TCP/IP.

Idletime - Configura tempo de desconexão automática.

Loader - Habilita carga remota de programa.

Reboot - Reinicializa o sistema.

Dica: digite o nome do comando desejado e tecele <ENTER> para ajuda.

Conf - Configuração de parâmetros

Observar que os parâmetros a serem configurados estão entre colchetes [] .

Assim se desejar configurar IP do servidor, segue linha de comando:

Ex: conf -g [IP gateway]

GSM> conf

```
uso:  conf  [-c] [-i Endereço IP] [-g gateway]
        [-pin] [-pin number] [-ppp] [-ppp apn,dial]
        [-COM1] [-COM1 bps,p,b,t]
        [-TCP1 ip,rp,lp]
        [-u username] [-p password]
```

Opções:

- c Exibe configuração de rede salva.
- i IP Configura endereço IP local. [0.0.0.0 para automático]
- g gateway Configura endereço IP do servidor.
- pin Exibe numero de ativação do SIM card.
- pin number Configura numero de ativação do SIM card.
 | _____Novo numero de ativação.
- ppp Exibe configuração para acesso discado.
- ppp apn,dial Configura acesso discado.
 | | _____Numero a ser discado para o acesso.
 | _____Identificação do provedor GPRS.
- COM1 (Exibe configuração do canal serial 1.)
- COM1 bps ,p, b, t Configura canal serial 1.
 | | | | _____Timeout em mS entre bytes recebidos.
 | | | _____Bits de dados [7, 8].
 | | _____Paridade [(N)enhuma,(P)ar,(I)mpar].
 | _____Velocidade [300 a 19200].
- TCP1 ip, rp ,lp Configura circuito TCP/IP do canal serial
 | | | _____Porta TCP local [0 a 65535].
 | | _____Porta TCP remota[0 a 65535].
 | _____Endereço IP remoto. [0.0.0.0 para modo servidor]
- u username (Nome do usuário para acesso discado.)
- p password (Senha do usuário para acesso discado.)

GSM> name

```
uso:  name [-?] [-c text]
```

opções:

-? (Exibe identificação atual.)

-c text (Define texto que identifica o sistema.)

|__Identificação do sistema

idletime - Tempo de desconexão

GSM> idletime

uso: idletime [-?] [-c seconds]

opções:

-? (Exibe tempo para desconexão atual.)

-c seconds (Define novo tempo para desconexão.)

|____Novo tempo em segundos para desconexão

retries - Tentativas de conexão-

GSM> retries

uso: retries [-?] [-c number]

opções:

-? (Exibe numero de tentativas atual.)

-c number (Define novo numero de tentativas.)

|____Novo numero de tentativas

loader (Habilita carga remota de programa.)

reboot (Reinicializa o sistema.)

GSM>

O procedimento para configuração é semelhante ao modo CSD apresentado anteriormente. Deve-se seguir a seguinte seqüência: (PIN, PPP, U, P, COM1 e TCP1).

3.3.5 Centro de Controle e Comando – Este é o ponto central que recebe os dados transmitidos pelos sensores. É neste centro que serão analisados os dados obtidos pelo modelo de sistema desenvolvido, e onde serão tomadas todas as decisões para soluções de possíveis problemas.

Abaixo é apresentada a tela de login e senha figura 38, da página de acesso ao modelo de sistema para aquisição e monitoração de dados remotos recebido via rede 3G que o operador deverá acessar para gerenciar os parâmetros a serem verificados na tela principal mostrada a seguir na figura 39.



Figura 38 – Tela login (User) e Senha (Password)



Figura 39 – Tela de acesso ao sistema de aquisição e monitoração via rede de celular 3G.

4. CAPÍTULO 04 – IMPLEMENTAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO DE SISTEMA PROPOSTO PARA AQUISIÇÃO E MONITORAÇÃO DE DADOS REMOTAMENTE ATRAVÉS DA REDE DE CELULAR 3G.

Os geradores eólicos geralmente são instalados próximos de residências, porém, essas podem ser afastadas da cidade, o que dificulta a transmissão de dados do aerogerador para uma central. O modelo de sistema desenvolvido foi simulado gerando resultados mostrados a partir de suas análises. A aplicação básica para testes foi composta pelo monitoramento remoto das seguintes variáveis do aerogerador montado em bancada:

- Υ Temperatura;
- Υ Indicadores de nível de óleo;
- Υ Vibração da torre;
- Υ Desgaste da pastilha de freio do aerogerador;
- Υ Velocidade do vento;
- Υ Saída de energia elétrica gerada do aerogerador.

4.1 Bancada Experimental

O aerogerador para testes em bancada possui sensores instalados que precisam ser monitorados na figura 40. Os dados de cada sensor foram coletados diretamente do aerogerador através de simulações e enviados a um computador remoto através da rede 3G. Para situações em que a rede 3G não esteja disponível poderá ser utilizado a rede GSM-GPRS.

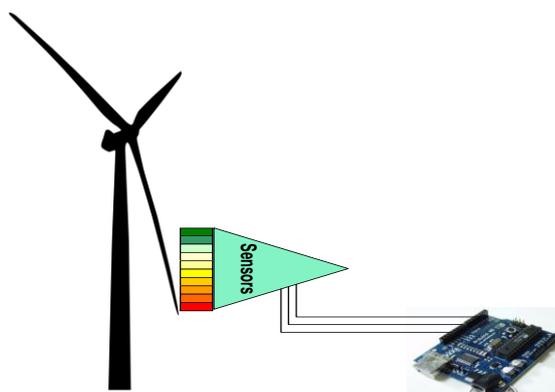


Figura 40 – Sensores instalados em placa de aquisição

A seguir é mostrado um esquemático de como se fez a montagem do modelo de sistema para aquisição e monitoração remota dos dados, descrevendo a montagem dos equipamentos de hardware e software integrados a plataforma final. A figura 41 abaixo ilustra o modelo do sistema simplificado a ser simulado, formado pela turbina eólica, gerador elétrico, conversor estático, rede elétrica, sensores, placa de aquisição, sistema de monitoramento, rede de celular 3G, onde será feito a aquisição e monitoração dos dados do aerogerador.

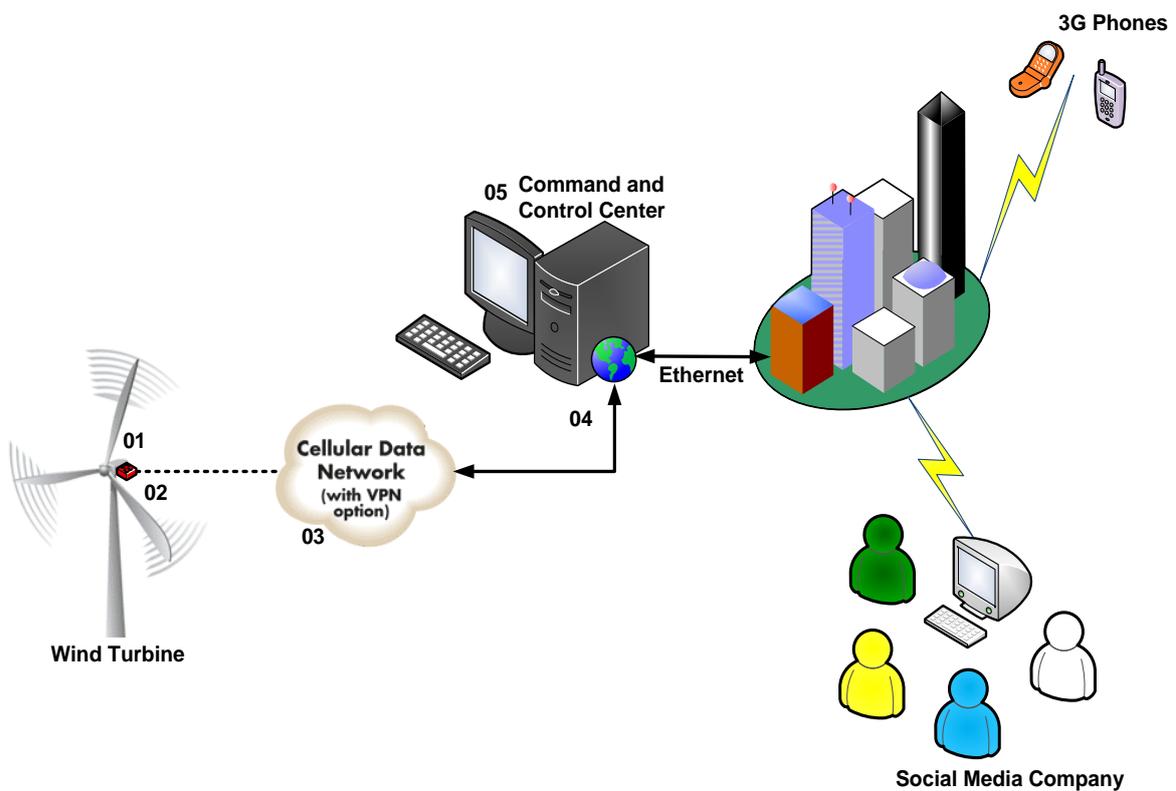


Figura 41 – Esquemático da plataforma de aquisição e monitoração de dados remotos

O meio usado para transmitir esses dados foi via rede de Celular 3G constituído da seguinte forma: Uma placa de aquisição de dados captura os dados dos sensores e passa para o transmissor de celular, esse por sua vez teve a função de transmitir para o receptor, que estava a certa distância do gerador, onde os dados são coletados.

4.2 Metodologia de aplicação do monitoramento remoto utilizando tecnologia de Rede Celular 3G

A metodologia apresentada a seguir serve para diversas aplicações, porém para comprovar o funcionamento aplica-se em um sistema de geração eólica de pequeno porte mostrado figura 42, aqui demonstrado por um protótipo simulado com as mesmas características dos sensores instalados no aerogerador.

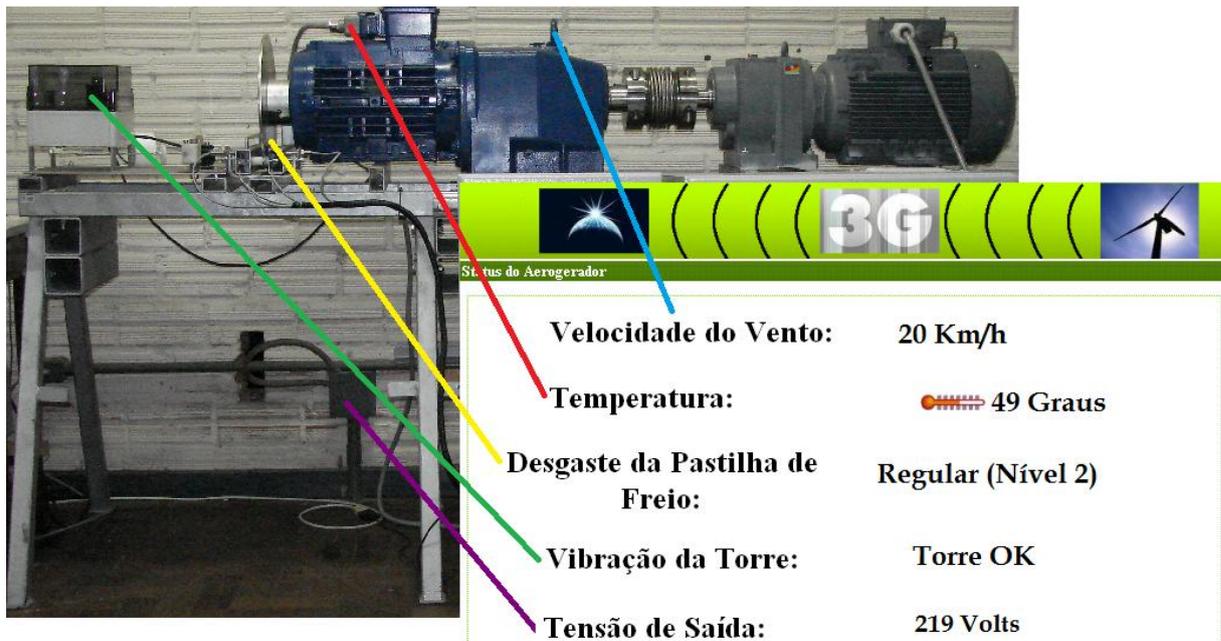


Figura 42 – Aerogerador de pequeno porte montado sobre bancada

4.3 Funcionamento do Sistema

Agora que já foram discutidas as características do sistema de transmissão e recepção para monitoração de variáveis do aerogerador, pode-se explanar sobre o funcionamento do mesmo. Após a inicialização de todo o sistema operacional e configuração do modem 3G, inicia-se a aquisição dos dados a partir do módulo de simulação das variáveis. Este sistema de aquisição fica monitorando os sensores e quando algum sinal fora do normal aparecer o sistema de aquisição aciona o acesso remoto conectando-se na rede celular 3G e transmite os dados. O conversor analógico e digital recebe do sistema de aquisição, via serial, do módulo microcontrolado, um comando requisitando os dados.

A função que realiza a transmissão estabelece a conexão PPP (STEVENS, 1998) do sistema com a plataforma JAVA. Com a conexão estabelecida, o sistema de aquisição microcontrolado envia os dados através de uma requisição para a central de monitoração.

4.4 Sistema de transmissão dos sinais

A estrutura montada constitui-se de um transmissor e um receptor (modem celular), onde através de um meio de comunicação aqui denominado rede de Celular 3G, o mesmo transmitirá e receberá sinais para o Sistema de Monitoramento Remoto, conforme figura 43.



Figura 43 – Transmissor e receptor de dados

4.5 Sistema de Monitoração

O modelo de sistema para o monitoramento desenvolvido é baseado em um modem celular, que receberá os sinais do sistema de eletrônica embarcada. Um software em linguagem de alto nível recebe serialmente os sinais do modem e processa os mesmos. Este processamento significa avaliar os valores dos sensores e determinar a melhor ação a ser tomada. Como exemplo, caso o sensor de vibração esteja indicando vibrações excessivas na torre do aerogerador, aparece na tela um aviso indicando o problema do sistema. Desta maneira um profissional na central de operações poderá tomar as providências necessárias, figura 44.



Figura 44 – Sistema de monitoramento remoto

4.6 Aquisição de dados e monitoramento via Rede de Celular 3G

A turbina eólica (Aerogerador) é agora o tempo todo monitorada através do sistema para aquisição e monitoração remota, figura 45. Todos os sensores medem e geram dados operacionais. Estes dados são coletados de forma contínua, gerenciado pelo software armazenado, e podem ser transferidos via rede 3G para o gestor deste equipamento. O controle e regulação do aerogerador são automatizados e se ocorre um evento ou uma falha operacional os dados são automaticamente transmitidos e recepcionados pelo sistema de monitoração. Todos os componentes e os dados operacionais do controle de turbinas eólicas continuamente monitoradas e controlados remotamente agora são organizados de maneira que se possam extrair informações para melhorias técnicas e ou organizar a manutenção e reparação do equipamento para prevenção do dano.



Figura 45 – Esquemático da Plataforma de aquisição e monitoração de dados.

Os sistemas de monitoração a distância são as principais fontes de informações disponíveis aos operadores do centro de controle, as quais possibilitam um diagnóstico on-line, antes da etapa de restauração do sistema. Os dados são apenas os obtidos pelos sensores e transmitidos a um computador por meio da Rede de Celular 3G. Outro simulador de sensor utilizado é um sensor de desgaste da pastilha de freio, como este aerogerador utilizado é de pequeno porte um sistema de freio existe para eventuais paradas do sistema. O problema está na definição do momento de troca da pastilha do freio, logo um sistema de sensores de desgaste foram instalados indicando o nível de desgastes das mesmas.

Para validação do modelo de sistema para aquisição e monitoramento de dados remotamente via rede de celular 3G foram simulados vários testes de transmissão e recepção das variáveis apresentadas a seguir:

- Y **Variável 01 = Temperatura** – Em funcionamento, os aerogeradores apresentam um aumento significativo da temperatura. O sistema em monitoração remota indica qual o grau em que se encontra o equipamento aerogerador. O monitoramento remoto com a aquisição de dados é realizada em intervalos correspondente a mudança de temperatura. As análises deste parâmetro são mostradas através do gráfico na figura 46.

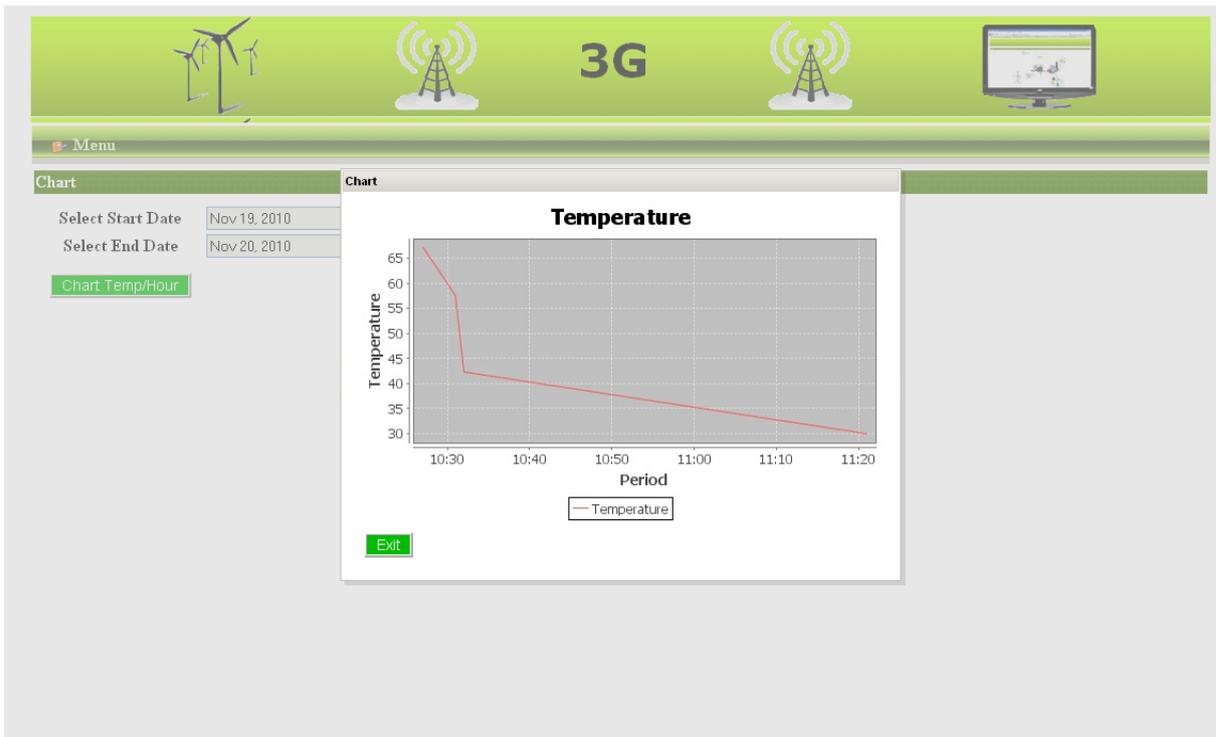


Figura 46 – Gráfico Temperatura

- Y **Variável 02 = Indicadores de nível de óleo** – O óleo é um componente fundamental nos sistemas dos aerogeradores, porque a lubrificação inadequada pode reduzir a eficiência e causar falhas mecânicas. A maioria dos rolamentos e engrenagens geram resultados de desgaste por falta de lubrificação correta e pode levar a problemas mais graves no trem de acionamento destas turbinas. Este monitoramento consiste na contagem de partículas de óleo e medições da umidade. Ao monitorar esta variável poderá se verificar a existência de contaminantes. Altos níveis de umidade podem causar o superaquecimento de componentes, corrosão, ou fatalmente avarias. Este dado é gerado e através de simulação efetuada é mostrado a seguir no sistema para aquisição e monitoração on-line.

Os níveis são mostrados através de 02 parâmetros (high e low), nas figuras 47 e 48 a seguir.

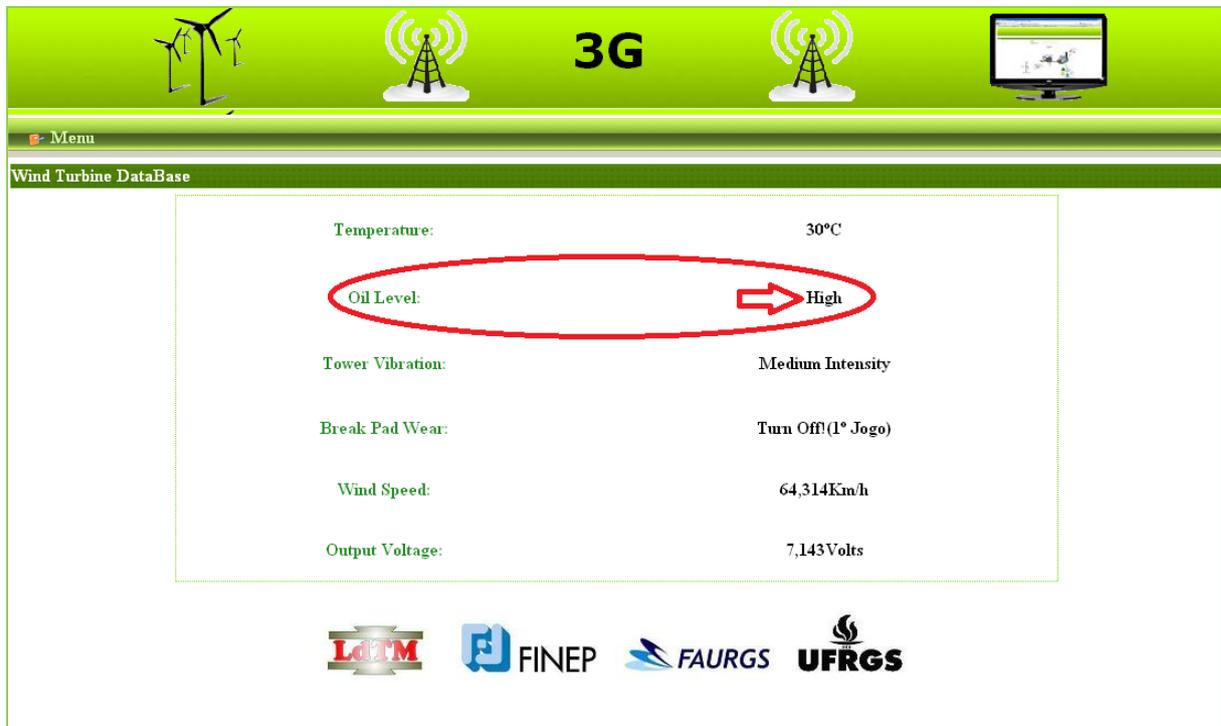


Figura 47 – Gráfico nível do óleo high

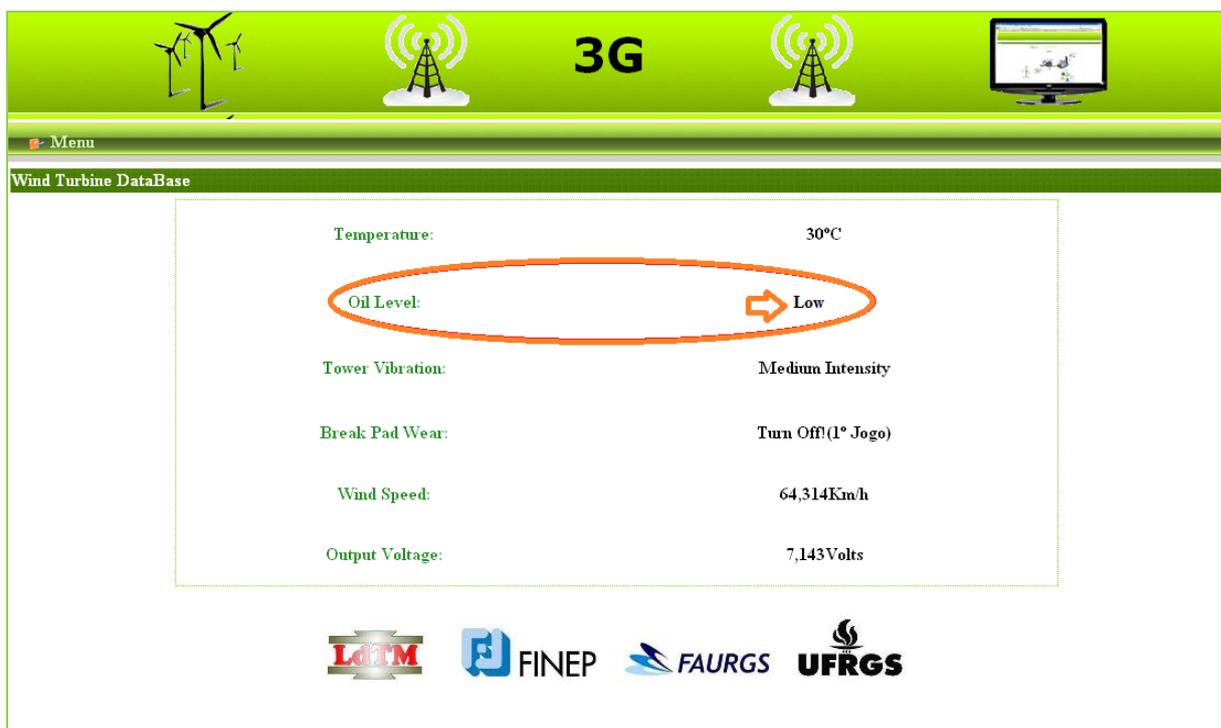


Figura 48 – Gráfico nível do óleo low

- Y **Variável 03 = Vibração da torre** – Este sistema possui um simulador de sensor de vibração na torre que tem por função avisar da existência de ventos de força intensa (vibração). O monitoramento das vibrações da torre são mostrados a partir do gráfico gerado conforme mostra a figura 49 com parâmetros que indicam vibrações geradas através de simulações pré-definidas.

Ventos acima do padrão podem danificar o aerogerador e sendo necessária a manutenção. Uma vez que, se o sistema receber um dado informando que a vibração é intensa, o mesmo tomará a decisão de desligar o aerogerador sem a interferência do operador.



Figura 49 – Gráfico vibração da torre

- Y **Variável 04 = Desgaste da pastilha de freio do aerogerador** – O monitoramento do desgaste das pastilhas de freio é mostrado através de simulações de desgastes de dois jogos de pastilhas conforme mostram os gráficos a seguir. A figura 50 abaixo mostra para o gestor do sistema o estado do primeiro jogo das pastilhas de freio.

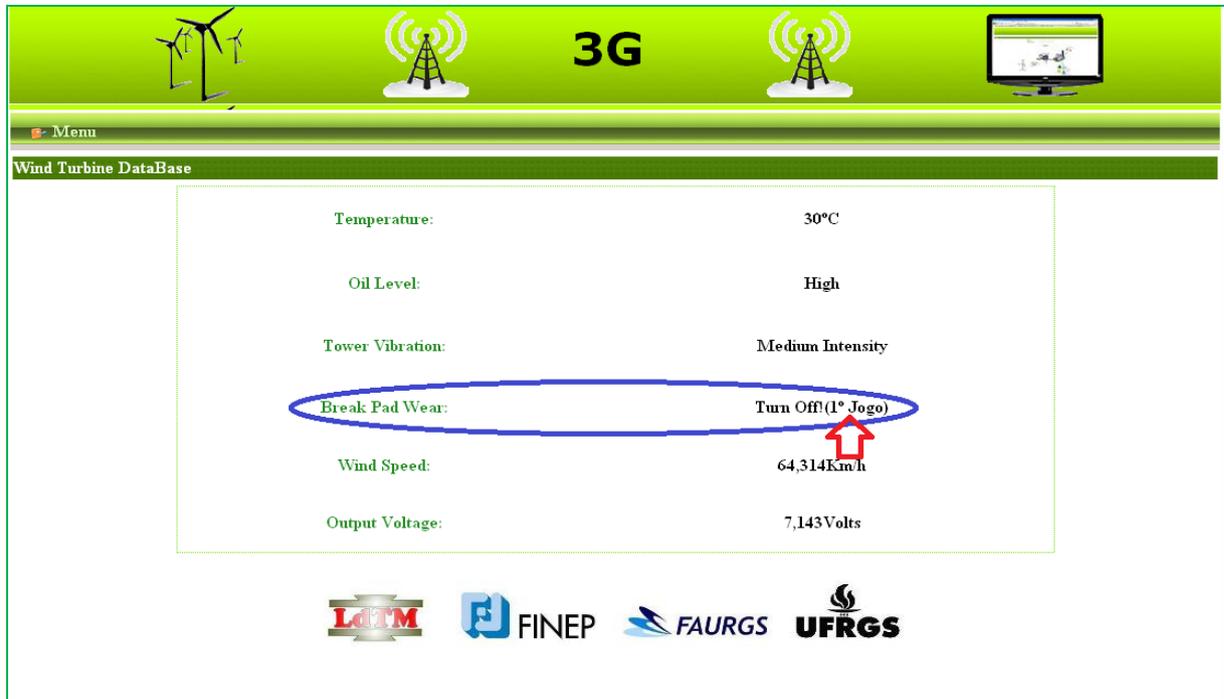


Figura 50 – Tela geral mostrando o 1º. Jogo de pastilhas de freio

As figuras 51, 52, 53 e 54 a seguir mostram a validação da aquisição dos dados recebidos do primeiro jogo de pastilhas de freio, conforme o estágio de desgaste pré-definido nos testes simulados.

Caso ocorra uma troca ou intervenção nas pastilhas de freio do aerogerador o sistema entenderá como sendo um segundo jogo de pastilhas e mostrará na tela principal do sistema para o operador as mudanças como sendo um segundo e assim sucessivamente, neste momento todas as informações são gravadas no banco de dados.

A seguir apresentam-se testes simulado de aquisição de dados remotos via rede 3G de desgaste da pastilha de freio do primeiro jogo de pastilha opção NÍVEL BOM.

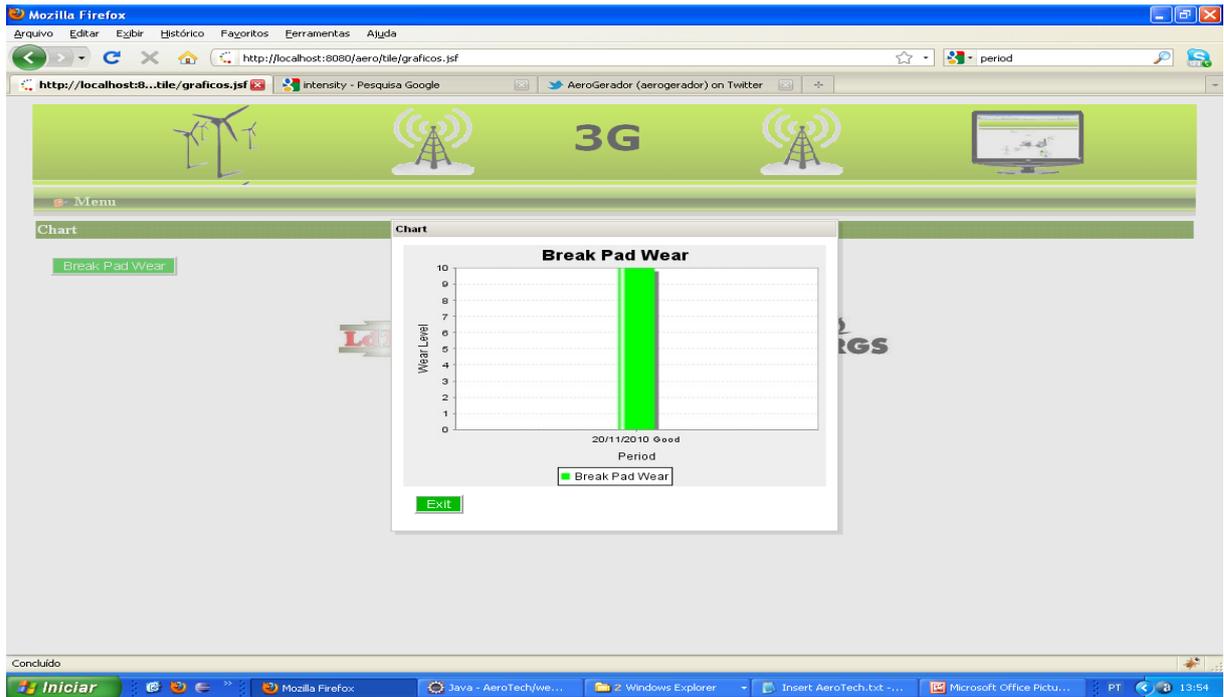


Figura 51 – Tela de desgaste do primeiro jogo de pastilha de freio opção NÍVEL BOM

Teste simulado de aquisição de dados remotos via rede 3G de desgaste da pastilha de freio do primeiro jogo de pastilha opção NÍVEL ATENÇÃO.

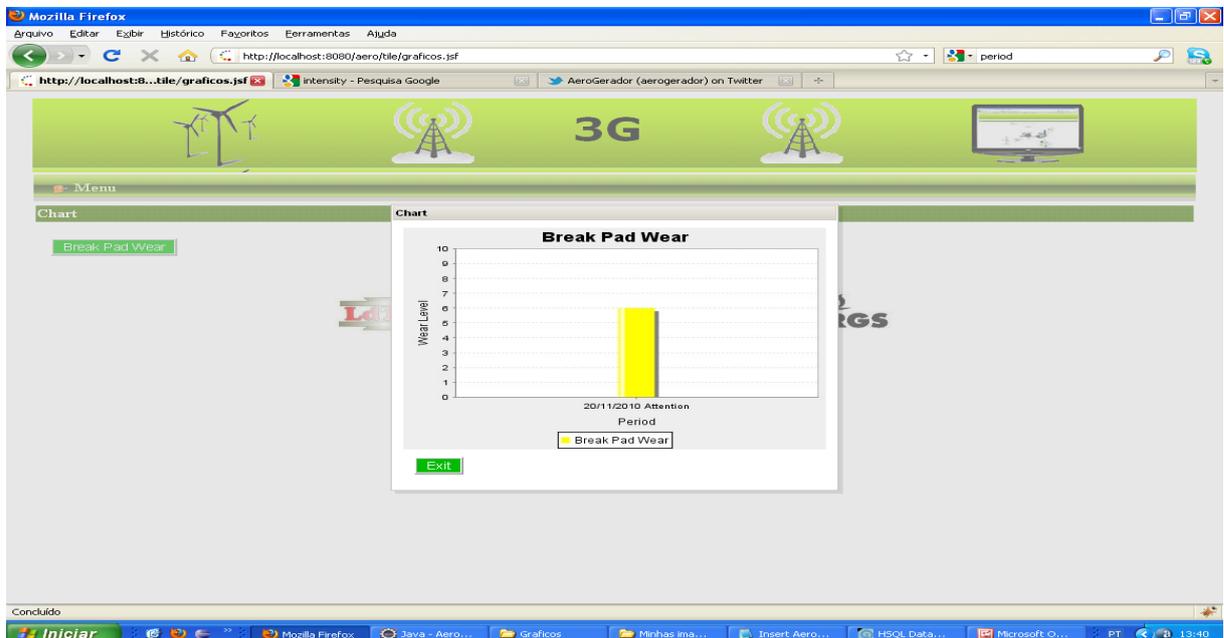


Figura 52 – Tela de desgaste do primeiro jogo de pastilha de freio opção NÍVEL ATENÇÃO

Teste simulado de aquisição de dados remotos via rede 3G de desgaste da pastilha de freio do primeiro jogo de pastilha opção NÍVEL CRÍTICO.

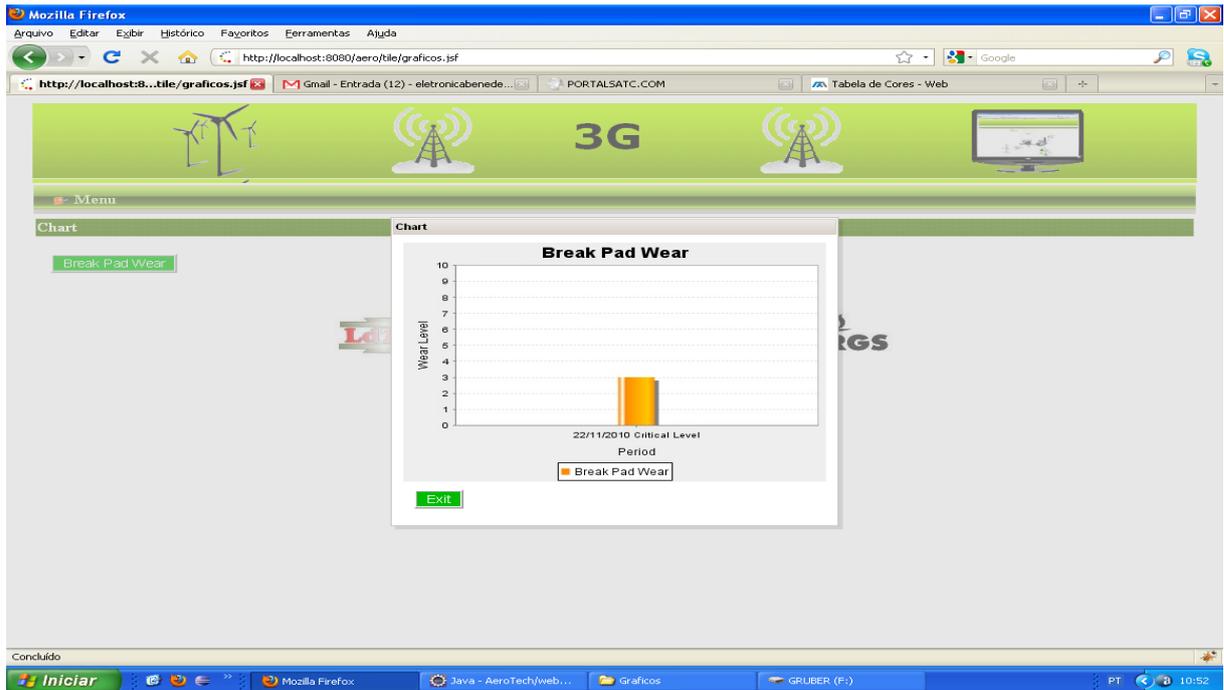


Figura 53 – Tela de desgaste do primeiro jogo de pastilha de freio opção NÍVEL CRÍTICO

Teste simulado de aquisição de dados remotos via rede 3G de desgaste da pastilha de freio do primeiro jogo de pastilha opção NÍVEL PARAR. O sistema neste nível poderá enviar um comando de desativar/desligar o AeroGerador automaticamente sem a intervenção do operador do sistema.

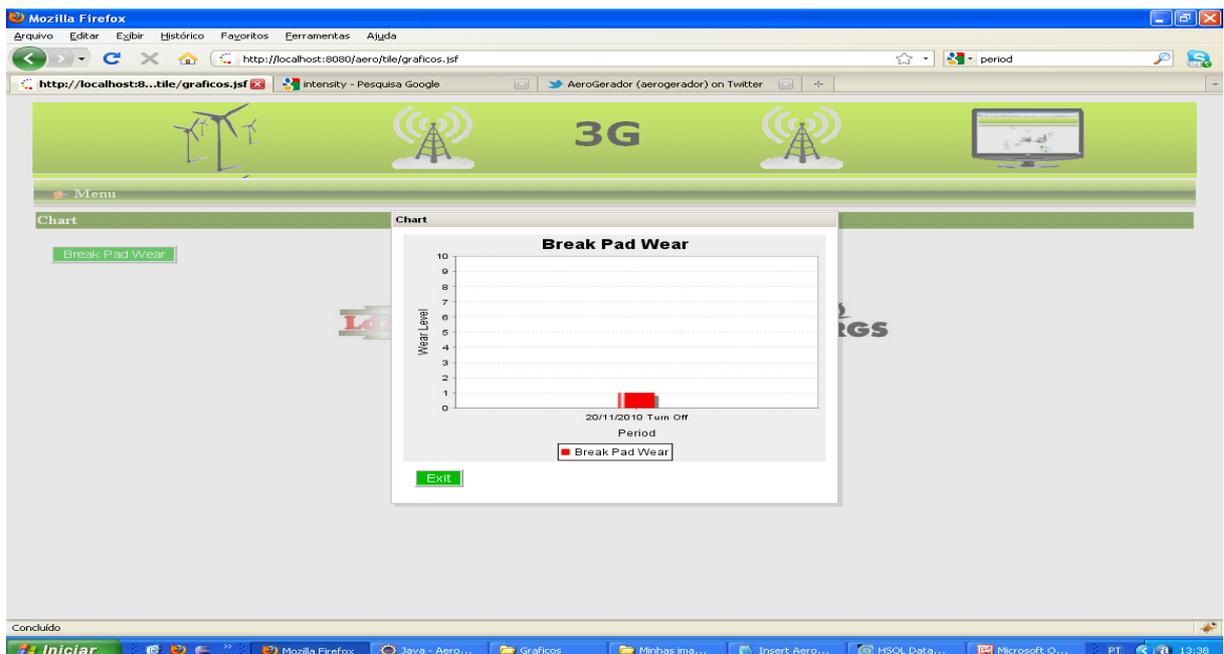


Figura 54 – Tela de desgaste do primeiro jogo de pastilha de freio opção NÍVEL PARAR

Teste simulado de aquisição de dados remotos via rede 3G do desgaste das pastilhas de freio do segundo jogo. A figura 55 mostra a mudança de estágio para o segundo jogo na tela principal de monitoração, bem como a figura 56 mostra o início do estágio da monitoração com a opção NÍVEL BOM. A partir deste momento o sistema mostrará sucessivamente os resultados dos desgastes como apresentado nas figuras anteriores dos testes mostrados do primeiro jogo de pastilha

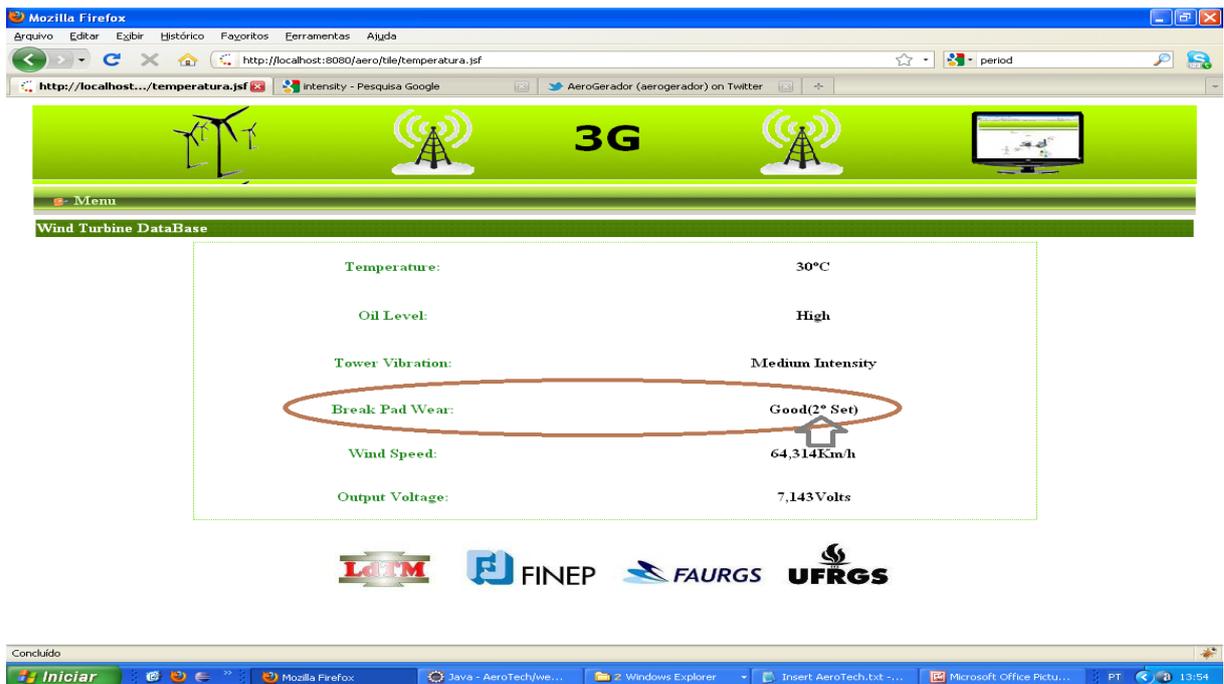


Figura 55 – Tela geral mostrando o 2º. Jogo de pastilhas de freio

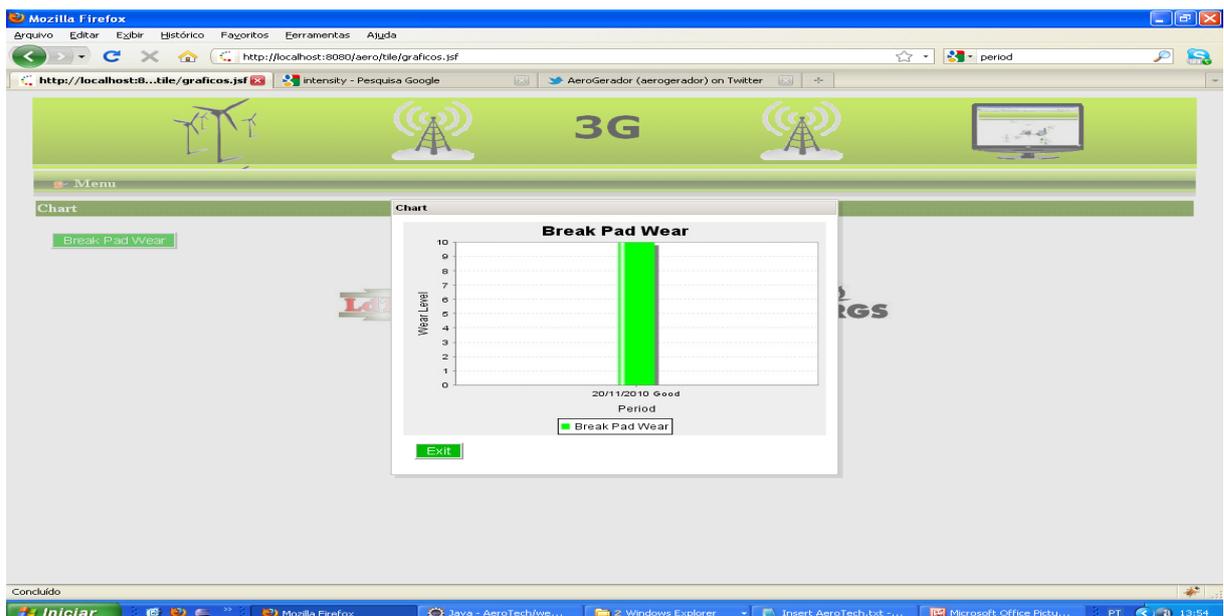


Figura 56 – Tela de desgaste do 2º. jogo de pastilha de freio opção NÍVEL BOM

- Ȼ **Variável 05 = Velocidade do vento** – As velocidades máximas do vento a serem esperadas na locação do aerogerador são, primordialmente, de importância para o dimensionamento e a seleção de material dos seus componentes, especialmente das pás de rotor, da torre (bem como, se for o caso, de sua ancoragem), da fundação, do sistema de frenagem e do controle de número de rotações e da potência. Monitorar esta variável trará grandes benefícios para a evolução dos aerogeradores.

A figura 57 mostra resultados desta análise monitoradas em um período.



Figura 57 – Tela velocidade do vento

- Ȼ **Variável 06 = Saída de energia elétrica da turbina** – A qualidade de energia é uma área de alto interesse para o monitoramento de aerogeradores porque a qualidade pode degradar, como resultado da velocidade do vento, turbulência, e eventos de comutação.

Durante a execução do sistema de energia eólica, tem de cumprir determinados requisitos de tensão atual. Os seguintes tipos de análise mais influenciam grandemente a qualidade da energia: potência de pico, potência reativa, flutuações de tensão e harmônicas. Através das aquisições e medições pode-se obter os dados necessários para a análise e uso correto deste equipamento.

A figura 58 mostra resultados desta análise monitoradas em um período.

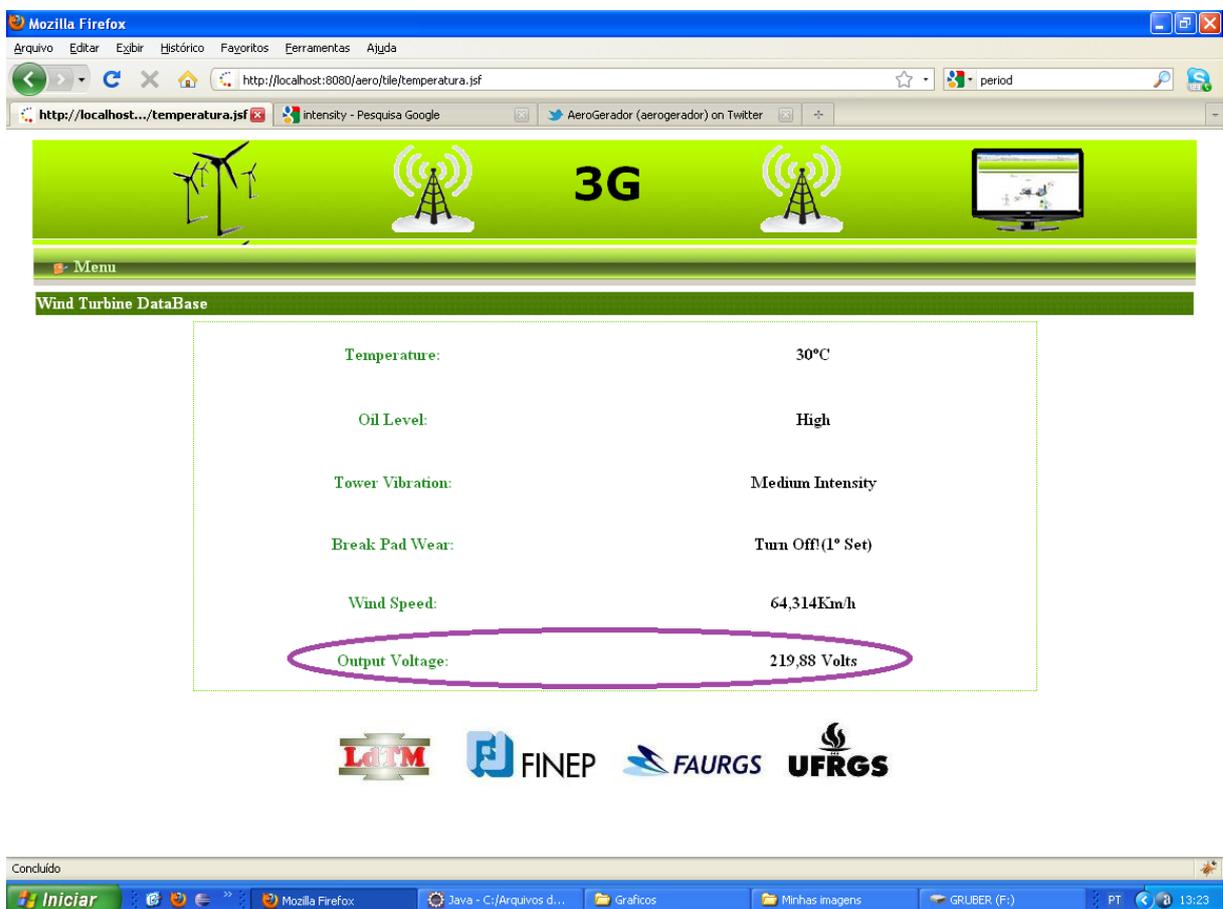


Figura 58 – Tela tensão de saída gerada

5. CAPÍTULO 05 – RESULTADOS OBTIDOS

Após a execução das simulações obtidas do modelo de sistema aplicado a aquisição e monitoração de dados remotamente via rede de celular 3G, observa-se que:

O estudo sobre os Sistemas de Monitoramento Remoto trará um maior controle na utilização dos aerogeradores instalados não só no laboratório de análise, mas também em locais remotos, mostrando dados que serão uteis para a tomada de decisão. Diversos relatórios podem ser gerados, conforme demonstrado no capítulo anterior

Este modelo de sistema, graças as suas características, permitirá uma intervenção rápida perante circunstâncias dos eventos que ocorram. Este trabalho assenta no desenvolvimento de conhecimentos de processamento de sinais e de aplicação em sistemas de detecção remota baseados nas redes de Celulares 3G. A importância científica da área justifica, contudo, a formação avançada de mais pessoas nesta especialidade e afins.

A área científica do projeto proposto é, pelas suas características, é muito próxima de outras áreas distintas de conhecimento e aplicação. Os sistemas de aquisição e o processamento dos dados por eles obtidos recorrem ao mesmo tipo de conhecimentos científicos. Note-se a relevância desta área perante a disponibilidade de outros sistemas através de satélites destinados a cobrir o globo contendo uma grande quantidade de informação e através de redes com fios.

Com a aplicação do modelo apresentado para a aquisição e monitoração remota via rede de celular 3G mostra-se que pode ser usada para identificar problemas com componentes dos aerogeradores e auxiliar na resolução de problemas e até mesmo preveni-los. Podem disponibilizar diversos relatórios para diagnósticos como mostrado nos exemplos das tabelas 16, 17, 18, 19, 20 e 21 a seguir.

Tabela 16 – Amostra de Relatórios de Desgaste

RELATORIO DESGASTE	
Desgaste: Critical Level	Data: 2010-11-19 10:41:27.368
Desgaste: Turn Off	Data: 2010-11-19 11:35:23.853
Desgaste: Critical Level	Data: 2010-11-20 13:34:00.0
Desgaste: Turn Off	Data: 2010-11-20 13:35:00.0
Desgaste: Good	Data: 2010-11-20 13:36:00.0
Desgaste: Attention	Data: 2010-11-20 13:37:00.0
Desgaste: Attention	Data: 2010-11-20 13:37:00.0
Desgaste: Good	Data: 2010-11-20 13:54:07.14
Desgaste: Attention	Data: 2010-11-22 09:31:19.75
Desgaste: Critical Level	Data: 2010-11-22 09:34:52.468
Desgaste: Turn Off	Data: 2010-11-23 10:26:25.468
Desgaste: Critical Level	Data: 2010-11-23 10:27:55.828
Desgaste: Attention	Data: 2010-11-23 10:28:35.578
Desgaste: Good	Data: 2010-11-23 10:29:41.593
Desgaste: Attention	Data: 2010-11-23 10:30:36.421
Desgaste: Critical Level	Data: 2010-11-23 10:32:16.593
Desgaste: Turn Off	Data: 2010-11-23 10:33:14.562

Tabela 17 – Amostra de Relatórios de Nível de Óleo

RELATORIO NIVEL OLEO	
Nivel Oleo: High	Data: 2010-11-19 10:56:24.696
Nivel Oleo: High	Data: 2010-11-22 10:44:07.156

Tabela 18 – Amostra de Relatórios de Temperatura

RELATORIO TEMPERATURA	
Temperatura: 67.05882352941177°C	Data: 2010-11-19 10:27:29.525
Temperatura: 57.64705882352941°C	Data: 2010-11-19 10:31:09.306
Temperatura: 42.35294117647059°C	Data: 2010-11-19 10:32:57.556
Temperatura: 42.35294117647059°C	Data: 2010-11-19 10:32:57.556
Temperatura: 30.0°C	Data: 2010-11-19 11:21:30.103

Tabela 19 – Amostra de Relatórios de Saída de Tensão

RELATORIO TENSAO	
Tensao: 7,143Volts	Data: 2010-11-19 10:34:02.15

Tabela 20 – Amostra de Relatórios Velocidade do Vento

RELATORIO VELOCIDADE VENTO	
Velocidade: 54,118Km/h	Data: 2010-11-19 10:35:11.696
Velocidade: 37,647Km/h	Data: 2010-11-19 10:43:31.743
Velocidade: 77,647Km/h	Data: 2010-11-19 10:44:20.103
Velocidade: 99,608Km/h	Data: 2010-11-19 10:45:06.712
Velocidade: 64,314Km/h	Data: 2010-11-19 10:48:13.712

Tabela 21 – Amostra de Relatórios Vibração

RELATORIO VIBRACAO	
Vibração: Medium	Data: 2010-11-19 10:25:54.415
Vibração: Medium	Data: 2010-11-19 10:25:54.415
Vibração: Medium	Data: 2010-11-19 10:42:51.71
Vibração: Medium	Data: 2010-11-19 10:45:57.4
Vibração: Low	Data: 2010-11-19 10:46:58.54
Vibração: Low	Data: 2010-11-19 10:50:06.509
Vibração: Low	Data: 2010-11-19 10:53:15.196
Vibração: Medium	Data: 2010-11-19 10:54:05.931

O modelo de sistema apresentado pode auxiliar na concepção e desenvolvimento de novas aplicações mais adequadas para equipamentos em futuras instalações de aerogeradores, pode também ajudar na resolução de problemas destas indústrias, com preocupações sobre vários aspectos dos aerogeradores, incluindo a interação entre o desempenho da planta e a equipe responsável pelo gerenciamento destes equipamentos. Dados poderão ser encaminhados e disponibilizados de forma rápida e segura para a tomada de decisão. Pode-se através deste modelo enviar informações pré-definidas para uma ou mais pessoas envolvidas no processo.

A figura 59 a seguir mostra dados enviados a equipe participante deste projeto conforme diagrama geral do modelo de sistema para aquisição e monitoração de dados.

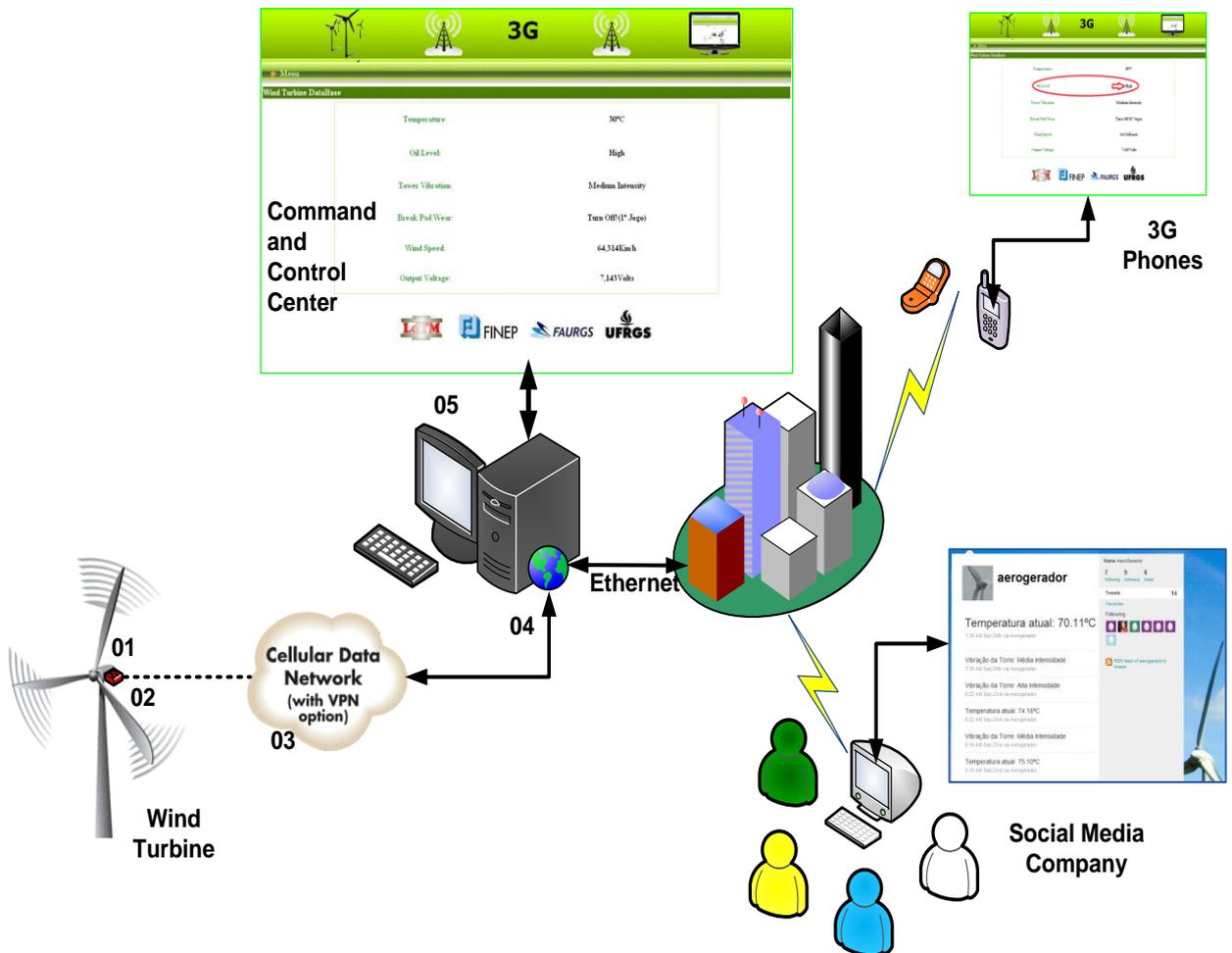


Figura 59 – Esquemático da Plataforma de aquisição e monitoração de dados.

Na figura 60 mostram-se dados enviados para um celular pré-definido no sistema como sendo o responsável em receber tais informações pertinentes a aquisição e monitoração dos dados gerados para o equipamento analisado. Todos os sensores medem e geram dados operacionais. Estes dados são coletados de forma contínua, gerenciado pelo software armazenado, e podem ser transferidos via rede 3G para o gestor deste equipamento.

O controle e regulação do aerogerador são automatizados e se ocorre um evento ou uma falha operacional os dados são automaticamente transmitidos e recepcionados pelo sistema de monitoração, a qual toma à decisão de enviar um sms (short message service), ou encaminhar tais informações as mídias sociais cadastradas, para que a rede de relacionamento receba as informações e trate-as de maneira a melhorar a qualidade do processo monitorado, figura 61.

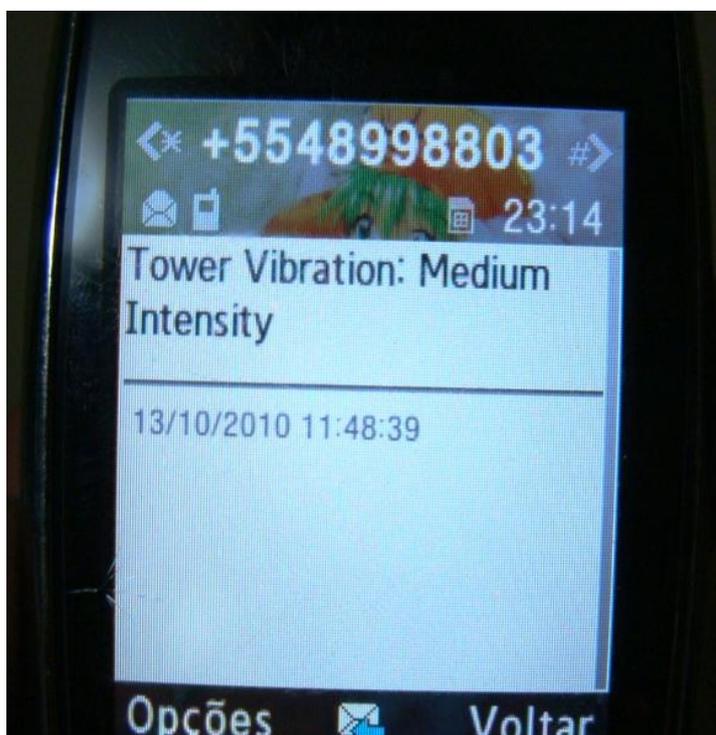
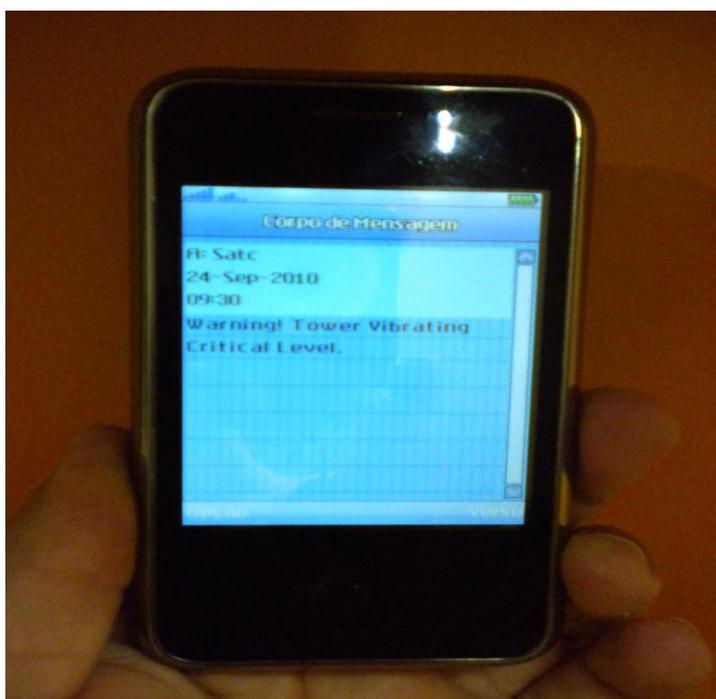


Figura 60 – Mensagem recebida via celular 3G (SMS).



Figura 61 – Mensagens recebidas Mídias Sociais (Twitter/aerogerador).

Todos os componentes e os dados operacionais do controle de turbinas eólicas continuamente monitoradas e controlados remotamente agora são organizados de maneira que se possam extrair informações para melhorias técnicas e ou organizar a manutenção e reparação do equipamento para prevenção do dano. Mais uma ferramenta integrada no modelo de sistema para aquisição e monitoração destinada a melhorar a forma de recebimento e compartilhamento de informações do processo monitorado, aqui definido como um aerogerador de pequeno porte.

Sabe-se que os aerogeradores, ao contrário das estações de energia convencionais são muito expostas a muitas variáveis, as condições climáticas adversas, que vão desde fortes ventos ao calor tropical, raios, frio ártico, granizo e neve. Além disso, por causa dessas variações externas, as turbinas eólicas sofrem constantemente por mudanças de cargas, ao contrário de usinas de energia convencionais. Como resultado dessas condições operacionais, há uma variável de tensão mecânica elevada em aerogeradores inigualável em qualquer outra forma de geração de energia, e que, portanto, exigem um alto grau de manutenção para fornecer dados seguros e níveis aceitáveis de confiança.

Neste trabalho foi apresentado um modelo de sistema para aquisição e monitoramento de dados usando o que há de mais moderno em termos de tecnologia. O resultado foi um sistema que pode ser usado em diferentes áreas do conhecimento onde mobilidade e portabilidade sejam essenciais. O uso da tecnologia 3G mostra-se mais eficaz e o uso de um microcontrolador para a interface com a aplicação tornaram o sistema genérico e altamente flexível. Existem, porém, algumas limitações que podem ser gerenciadas de acordo com a aplicação. Uma das principais é o tempo de conexão 3G na média em torno de 8 segundos. Porém, é fácil alterar o sistema para que o módulo de aquisição de dados possa armazenar blocos de dados por um determinado período e enviá-los posteriormente ao servidor.

A principal contribuição se refere à aquisição de dados via telefonia celular, que é uma proposta de aplicação simples e de baixo custo. O sistema foi testado em um exemplo simples para tomada da medida de temperatura em um ambiente aberto, mas pode ser explorado em processos complexos de telemetria onde haja necessidade de redes wireless para interligar diversos dispositivos eletrônicos dispostos em ampla área geográfica (WAN), como por exemplo, sensores de segurança, medidores de gás, energia e ainda equipamentos de monitoração médica. Os equipamentos comerciais similares encontrado no mercado são de tecnologia fechada e de uso restrito à determinadas aplicações, o que impossibilita seu uso em outras aplicações, ao contrário do modelo proposto neste trabalho.

Estudos de viabilidade econômica ainda precisam se tornar um alvo entre as principais preocupações de técnicos, engenheiros e gestores das plantas de aerogeradores. É importante relacionar os custos e benefícios da implantação destes sistemas, bem como as taxas de retorno dos investimentos. Precisa traduzir em cifras (dinheiro) o que representam as reduções de custos obtidas e os aumentos de produtividade ganhos na geração de energia eólica. São necessários estudos e levantamento de casos de interrupção da geração por falhas ou problemas intermitentes de difícil identificação devido à ausência de informações detalhadas dos problemas. Com base nestes casos, busca-se o desenvolvimento de casos de aplicação para sistemas de monitoramento permanente e de diagnóstico de problemas para facilitar e agilizar a solução dos problemas.

A redução da indisponibilidade da máquina e a diminuição do tempo de engenharia (homem-hora) para resolver o problema devem ser tomados como base para a avaliação dos custos e dos respectivos benefícios alcançados. Abordagens também associadas ao aumento de períodos de manutenção e a antecipação de manutenções preventivas também precisam ser contempladas nos estudos de viabilidade econômica.

6. CONCLUSÕES

No caminho de continuidade da evolução do estado da arte da monitoração e diagnóstico de aerogeradores, entende-se que deve existir o alinhamento das melhores práticas do campo de conhecimento com as lacunas identificadas na observação do mercado. Defende-se uma estratégia de desenvolvimento e aplicação de tecnologia nacional em toda amplitude do problema, com ações cooperadas entre centros de pesquisa, universidades, empresas de base tecnológicas e agentes de geração de energia eólica brasileiros.

Dentro dos itens propostos desde o início do modelo deste projeto, conclui-se que os resultados obtidos, conforme mostrado nos capítulos 4 e 5, foram satisfatórios em todos os testes realizados. O projeto mostrou-se versátil pelo fato de que, por se tratar de sistemas de comunicações, pode facilmente ser adaptado para a implementação de sistemas de automação remota para os diversos setores do Mercado e Indústria em geral.

O modelo de sistema apresentado poderá ajudar o supervisor de manutenção a planejar eficientemente uma parada programada (eliminar alguns testes, detectar áreas com probabilidade de falhas, tanto mecânica, quanto elétrica ou de pessoal de manutenção, comprar materiais necessários antes, distribuir recursos humanos, etc.). Também poderá fornecer dados para negociação de menores prêmios de seguro, uma vez que alguns equipamentos são de alto valor agregado.

A monitoração permanente dos aerogeradores e a construção de sistemas de diagnóstico e predição podem contribuir de forma significativa na melhoria do desempenho destes equipamentos, porém ainda são temas que demandam uma ampla discussão quanto aos métodos e soluções empregadas.

Conclui-se que este modelo de sistema poderá fornecer informações que possibilitam o ajuste fino das partes mecânicas e um desempenho otimizado de modo a minimizar stress e evitar o envelhecimento prematuro dos componentes monitorados, facilitando a análise de comportamento dos componentes evitando excesso de partes e ou peças de reserva.

A aplicação desenvolvida e usada para testar o modelo de sistema é apenas um exemplo do potencial do projeto proposto. Assim, com a flexibilidade e eficiência verificadas neste trabalho, várias outras aplicações são possíveis, dentre as quais podem ser citadas, como exemplos: “Monitoração de veículos” via satélite é algo consolidado. Porém, a tecnologia sem fio, dependendo da área de cobertura, pode ser explorada com eficiência e reduzir significativamente os custos do serviço. “Monitoração de Consumo de Energia Elétrica”, para os consumidores de energia elétrica e clientes específicos que desejam ter um controle mais rígido de consumo, o sistema pode ser usado para monitorar o consumo e detectar os períodos críticos, servindo de base para um melhor gerenciamento e, conseqüentemente, redução de consumo e de custos. “Monitoração de pacientes” que necessitam de cuidados especiais, que precisam ter sob controle diversas funções do organismo como, por exemplo, pressão arterial, nível de glicemia, 85 batimento cardíaco, dentre outras, podem ser monitorados diretamente de suas residências, o que significa mais conforto e segurança. “Geo-Processamento” para o mapeamento de recursos florestais, ambientais e agrícolas com precisão, rapidez e baixo custo que são efetuados pelo Geo-Processamento, sistemas simples baseados neste projeto podem ser implementados e gerar resultados eficientes. Finalizando, este trabalho, além de gerar conhecimentos teóricos e práticos, abre um leque de possibilidade de aplicações em diferentes áreas do conhecimento.

7. TRABALHOS CORRELATOS A TESE

- ✧ Artigo publicado no Far East Journal of Electronics and Communications (ISSN 0973-7006) intitulado “Data acquisition system and remote monitoring based in cellular network for management of brake pad waste and Wind Power vibration” (Referência n^o: PPH-1007043-EC)
- ✧ Artigo publicado no Far East Journal of Electronics and Communications (ISSN 0973-7006) intitulado “Monitoring small wind turbine using 3G cell phone technologies” (Referência n^o: PPH-1010039-EC)
- ✧ Artigo publicado no Journal of Telecommunications intitulado “Model for remote data acquisition and monitoring integrating social media, NTIC’s and 3G cell phone Networks applied”.
- ✧ Realização de apresentação em Congresso Internacional (IRFF-2009 Porto – Portugal), da plataforma de aquisição e monitoração dos dados via rede celular GPRS/3G aplicado em aerogeradores;
- ✧ Submissão de projeto (Chamada pública MCT-FINEP – CT – ENERG – ENERGIA ELÉTRICA – 01-2008). Desenvolvimento de plataforma de aquisição e monitoração de dados em bancada e remotamente em aerogerador. Parte integrante do projeto de desenvolvimento de novo aerogerador; “Projeto aprovado”!
- ✧ Solicitação de patente perante aos órgãos competentes da plataforma de aquisição e monitoração de dados remotamente através da rede de celulares;
- ✧ Desenvolvimento do sistema computacional de suporte, contemplando tanto a geração e aquisição de sinais como a aquisição de dados e o cálculo de soluções de navegação de precisão baseado na tecnologia JAVA;

- ✧ Orientação para o desenvolvimento de Dissertação de Mestrado do aluno Anderson Spacek do programa em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais, sobre o tema: Aplicação dos sistemas Wireless na monitoração e controle de máquinas e equipamentos na indústria metal/mecânica.

- ✧ Orientação para o desenvolvimento de Dissertação de Mestrado da aluna Magali da Rosa do programa em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais, sobre o tema: Aplicação dos sistemas PLC (Power Line Communication) na monitoração de pequenos Aerogeradores.

- ✧ Orientação para o desenvolvimento de TCC do aluno Jonathan Benedet do curso de Sistemas de Telecomunicações, sobre o tema: Desenvolvimento de plataforma JAVA aplicado ao monitoramento de variáveis remotas.

- ✧ Orientação para o desenvolvimento de TCC da aluna Graziela Crepaldi de Souza do curso de Engenharia em Telecomunicações, sobre o tema: Sistema de ensino a distância (EAD) usando a tecnologia 3G para um experimento na área de telecomunicações.

8. RECOMENDAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Tradicionalmente, diversos meios de comunicação tem sido utilizados para suportar as aplicações de monitoramento remoto, incluindo sistemas de microondas, rádio privado, linhas telefônicas, rede elétrica, satélite e sistemas de rede proprietárias. A escolha por uma rede de comunicação específica é, principalmente, uma função da área de cobertura, preço da solução e do equipamento, confiabilidade da solução, e facilidade de integração. A importância dada à cada um dos fatores depende da necessidade em questão.

Um fator importante a se considerar é a frequência com a qual cada aplicação utiliza a rede.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se:

A primeira sugestão para o aperfeiçoamento deste modelo de projeto seria a de realizá-lo em um sistema mais compacto, com a utilização de um microcontrolador que ocupe menos espaço físico, bem como seus circuitos auxiliares.

A segunda sugestão seria a implementação deste modelo de sistema e utilizá-lo no cotidiano, com tecnologias atuais voltadas para a Internet, utilizando, por exemplo, para desenvolvimento da plataforma de monitoração linguagens de programação para Web e livres. (Java, Perl - Practical Extracting and Reporting Language, etc.)

Como sugestão, fica também a utilização do embasamento mostrado neste modelo para criação de sistemas de automação remotos diversos como, por exemplo, “monitoração de prensas e diversos equipamentos” da Área Metal Mecânica.

Efetuar também um estudo sobre o módulo 4G utilizando-se protocolo TCP, permitindo assim uma maior taxa de transmissão e estudo sobre o módulo LTE para as redes Celulares de Quarta Geração.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, M. S. **Sistemas de Comunicações**. São Paulo, Editora Érica, 2001. ISBN: 85-7194-838-0.

ALENCAR, M. S. **Telefonia Celular Digital**. São Paulo: Editora Érica, 2004. 448 p. ISBN: 85-365-0017-4.

BERNAL, P. S. M. **Comunicações Móveis: Tecnologias e Aplicações**. São Paulo. Editora Érica. 2002. ISBN: 85-7194-898-4.

BERNHARDT, M.F. **Microservidor Web no monitoramento e controle remotos da qualidade da água na carcinicultura**. UFSC, Florianópolis, 2003. 109p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) Curso de Pós Graduação em Computação da UFSC.

BILESSIMO, S. M. S. **Modelo para gestão do Curso de Tecnologia em Cerâmica da UNESC**. 2007. 178f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BITTENCOURT, D. F. **A construção de um modelo de curso "lato sensu" via Internet – a experiência com o curso de especialização para gestores de instituições de ensino técnico UFSC/SENAI**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de SC, 1999.

BOHNERT, K. , GABUS, P. KOSTOVIC, J. BRANDLE, H. **Optical fiber sensors for the electric power industry**. Julio, 2004

CAMPOS, I. **Dados ABEE** <http://www.abeeolica.org.br/zpublisher/secoes/home.asp>. Acessado em 13/02/2009.

CARVALHO, P.. **Geração Eólica**. Fortaleza, Imprensa Universitária, 2003.

CRUZ, T. **Sistemas, organização & métodos**. São Paulo: Atlas, 1997.

CUNHA, A. F. **Sistema CDMA: Uma introdução a telefonia móvel digital.** São Paulo. Editora Érica. 2006. ISBN 85-365-0123-5.

DAHLMAN, E., PARKVALL, S., SKOLD, J., BEMING, P. **3G Evolution, Second Edition: HSPA and LTE for Mobile Broadband.** 2 edition, 2008.

DAKIN, J., CULSHAW, B. **Optical fiber sensors:** Principles and components, Artech House, ISBN 0-89006-317-6, 1988.

DANIELS, J. CHEESMAN, J. **UML Components - A Simple Process for Specifying Component-Based Software.** Addison-Wesley, 2001.

DEITEL, P., DEITEL, H. **JAVA, como programar.** Tradução de Edson Furmankiewicz e revisão técnica Fábio Luis Picelli Lucchini, 8 edição, São Paulo. Editora Pearson Prentice Hall, 2010. Título original: JAVA: how to program. ISBN 978-85-7605-563-1.

ETEMAD, K. **CDMA2000 Evolution: System Concepts and Design Principles.** New Jersey. Wiley-Interscience. 2004.

ETSI <http://www.gsmworld.com>. GSM 03.03. **Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Numbering, addressing and identification,** ETSI.

ETSI <http://www.gsmworld.com>. GSM 03.60. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); **GPRS Service Description;** Stage 2.

ETSI <http://www.gsmworld.com>. GSM 09.02. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); **Mobile Application Part (MAP) specification.**

ETSI <http://www.gsmworld.com>. GSM 09.60. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); **General Packet Radio Service (GPRS); GPRS Tunneling Protocol (GTP) across the Gn and Gp Interface.**

FARUQUE, S. **Cellular Mobile Systems Engineering.** Artech House, 1996.

FAVARETTO, F. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica.** 2001. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, USP, São Carlos.

FERREIRA, M.P. et al. **Um sistema de monitoração de oscilações: Aplicação no sistema argentino.** XIV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Belém, PA, Out. 1997.

FERREIRA, M.P. et al. **Sistema de monitoração de distúrbios e da dinâmica de sistemas elétricos de potência.** XV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Belém, PA, Out. 1999.

FIDELIS, N.F.S., et. al; **“The utilization of wind energy in Brazilian electric sector’s expansion”, Renewable and Sustainable Energy Reviews’**, vol. 9, jun. 2005, pp 289-309.

FIGLIARESE, V. **Wireless: Introdução às Redes de Telecomunicações Móveis Celulares.** Rio de Janeiro: Brasport, 2005. 336 p. ISBN 85-7452-214-7.

GARG V.K.; SMOLIK K; WILKES J.E. **Applications of CDMA in Wireless / Personal Communications.** Upper Saddle River. Prentice-Hall PTR. 1997.

GASPARINI, A. F. L. et al. **Redes Metropolitanas e de Longa Distância: MAN, Campus e WAN Backbone Designer.** 2ª. Ed. São Paulo: Editora Érica, 2002. ISBN 85-7194-636-1.

GWEC, **Annual installed capacity by region 1996-2009.**

GOLDING, E. W. (1955). **The Generation of Electricity from Wind Power.** E. & F. N. SPON (reprinted R. I. Harris, 1976).

GRATTHAN, K.T.V., SUN, T., **Fiber optic sensor technology: an overview.** Department of Electrical, Electronic and Information Engineering, School of Engineering, City University, Northampton Square, London EC1V 0HB, UK. 1999.

GREENPEACE (Brasil). **Revolução Energética**: perspectiva para uma energia global sustentável. São Paulo, 2008. 7 p.

HAEFEL, M. R. **Enterprise JavaBeans**. O'Reilly & Associates, 2001.

HEINEMAN, G. COUNCIL, W. **Component-Based Software Engineering - Putting the Pieces To gether**. Addison-Wesley, 2001.

HÉLIO W; MICHEL D. Y. **Telecomunicações - Princípios e Tendências**. São Paulo. Editora Érica. 1997.

ITWEB. Revista. **Tecnologia Long Term Evolution**. 2009.

JOHNSON, R. **Expert one-on-one J2EE Design and Development**. John Wiley Consumer, 2002.

KROHN, D.A., **Fiber Optic Sensors**: Fundamentals and Applications, Instrument Society of America, third edition, ISBN 1-55617-714-3, 2000

LARS, G.; LARS, L.; HEINZ, L. **Wind Energy Powers-That-Be Successor Generation in Globalization**. Março: 2007. IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 22, No. 1 march 2007.

LEE, V.; SCHNEIDER, H.; SCHELL, R. **Aplicações Móveis: arquitetura, projeto e desenvolvimento**. São Paulo. Makron Books. 2005.

LEE, W. C. Y. **Mobile Cellular Telecommunications Systems**. New York, USA .McGraw-Hill Book Company. 1989.

LE BLANC, M., MEASURESS, R.M.. **Fiber Optic Damage Assessment, In Fiber Optic Smart Structures**. John Wiley & Sons, Inc., 1995. ISBN 0-471-55448-0.

MARTELETO, R. M. **Análise de redes sociais: aplicação nos estudos de transferência da informação**. Ciência da Informação, Brasília, v. 30, p 71-81, 2001.

MATTOS, E. T. de. **Programação JAVA para Wireless**. São Paulo. Digerati Books. 2005. ISBN: 857702001-0.

MATTOS, A. M. P. **Monitoramento Hidrológico - Via Telefonia**. Itajubá, 2004. 91p. Dissertação (Mestrado de Engenharia da Energia), Curso de Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá.

MIGLINSKI, C. A. **Uma ferramenta para suporte ao desenvolvimento de software orientado a componente**. Master's thesis, Universidade Est. de Campinas, 2003.

MOULY, M., PAULET, M.B. **The GSM System for Mobile Communications**. France. 1992.

MORTHOEST, P. E., CHANDLER, H. **Renewable Energy World, The Cost of Wind Power**. Julho, 2004.

MULLER S.; Deicke, M.; Doncker R.W. **Doubly Fed Induction Generator Systems for Wind Turbines**. Industry Applications Magazine, IEEE, v.8, n.3, pp.26-33, May-June 2002.

NATALE, F. **Automação industrial**. São Paulo. Editora Érica. 1995.

OGATA K. **Engenharia de Controle Moderno** (em português) 4ª. Edição. Editora Prentice Hall Brasil. 2003. ISBN: 8587918230. ISBN-13: 9788587918239.

OLIVEIRA, J. F. **Análise de Desempenho de Rede TCP Sobre GPRS em um Ambiente Fim a Fim**. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal do Pernambuco. 2004.

OZIEL, M. N. **Entendendo e dominando o JAVA para a Internet**. São Paulo. Digerati Books, 2006. ISBN:857702041-X

PÖLER, M.; ACHILLES, S. **Direct Drive Synchronous Machine Models for Stability Assessment of Wind Farms**. Dinamarca. Outubro, 2003.

QIAO, L. SAWYER, S.. **Global Wind 2008 Report**. GWEC – Global Wind Energy Council.2008.

RODRIGUES, M. E. C. **Telefonia Celular**. Disponível em <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr>. Acessado em 05/08/2007 .

ROSENBERG, A. N., KEMP, S. **CDMA Capacity and Quality Optimization**. New York. McGraw-Hill. 2003.

SAMPAIO, M. A. **Telefonia Digital**. São Paulo. Editora Érica. 1998.

SCHAEFFER, L., ARRIECHE, F., LEWIS, J. Jr. **Análise de Desgaste em Materiais de Atrito Orgânicos e Sinterizados, Utilizados em Aerogeradores de Pequeno Porte**. Porto Alegre. 2007.

SCHAEFFER, L. **Conformação Mecânica**. 2. ed. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2004. 167 p.

SILVA, J. B.. **A Utilização da Experimentação Remota como Suporte para Ambientes Colaborativos de Aprendizagem**. Florianópolis, 2006.

SILVA, J. B., ALVES, J. B. M., GIRALDI, M. **A utilização experimentação remota como suporte a ambientes colaborativos de aprendizagem**. In: ICBL – International Conference, 2008, Florianópolis-SC.

SILVA, A.. **Tecnologias de Alta Velocidade, VoIP e Internet2** - IComNet Tecnologia da Informação – São Paulo, 2000.

SILVA, J. B. **A Utilização da Experimentação Remota como suporte para Ambientes Colaborativos de Aprendizagem**. Tese de Doutorado, Florianópolis, 2006.

SPERA, D. A. **Wind-turbine Technology, Fundamental Concepts of Wind-turbine Engineering**. ASME Press, New York, US. 1994.

TANENBAUM, A. S. **Sistemas Operacionais Modernos**. 2ª. Ed. Editora Prentice Hall Brasil. 2007. ISBN: 8587918575. ISBN-13: 9798587918573.

TATEOKI, G. T. **Monitoramento de dados via internet baseado em telefonia celular**. Ilha Solteira [s.n.]. 123 p. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2007.

TENÓRIO, R. M. **Cérebros e computadores: a complementaridade analógico-digital na informática e na educação**. São Paulo: Escrituras, 1998.

THOMAZINI, D. A. e PEDRO U. B. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 1ª Edição. 224 pág. Editora Érica. São Paulo. 2005. ISBN: 8536500719. ISBN-13: 9788536500713.

TUDE, E. **Tutorial TDMA**. http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtdma/pg_3.asp acessado em 12/10/2008.

UDD, E. **Fiber Optic Smart Structure Technology, In Fiber Optic Smart Structures, John Wiley & Sons**. Inc., ISBN 0-471-55448-0, pag. 5-21, 1995.

WANG, N. Et. al. **Wireless sensors in agriculture and food industry – Recent development and future perspective, Computers and electronics in agriculture**. Elsevier, Vol. 50 Issue 1, pp.01-14, 2006.

YACOUB, M. D. **Foundations of Mobile Radio Engineering**. 2a. ed. C.3, pp 156-181. CRC Press. 1993.

ZHOU, G., SIM, L.M. **Damage detection and assessment in fibre-reinforced composite structures with embedded fibre optic sensors-review. Smart Material and Structures**. Vol. 11, pag. 925-939, 2002.

Anexo A.

Comandos AT

Comando	Descrição	Comando	Descrição
A/	Repetir o último comando	&K	Controle de fluxo
A	Comando de resposta	&M	Modo de comunicação assíncrona
D	Comando de discagem	&Q	Modo de comunicação assíncrona
E	Comando de eco	&T	Teste do loopback analógico local
H	Controle da Conexão	&V	Verificar a configuração ativa
I	Solicitar informação de Identificação	&W	Armazenar configuração atual
L	Monitorar o volume do alto-falante	+IFC	Controle de fluxo DTE-Modem
M	Monitorar o modo do alto-falante	+IPR	Velocidade fixa do DTE
N	Negociação da modulação	+ES	Seleção do modo de controle de erro
O	Retornar ao modo de dados on-line	+FIT	Temporizador de inatividade
P	Selecionar discagem decádica (pulso)	+ER	Código do resultado do protocolo
Q	Controle do código de resultado	*B	Verificar os números da lista negra
T	Selecionar discagem multifrequencial (tom)	+DS	Controle da compressão de dados
V	Formato da resposta do DCE	%E	Mudança automática da velocidade
W	Formato da resposta de conexão	+MS	Controle de modulação
X	Formato estendido de resposta	&D	Comportamento do sinal DTR (Terminal de Dados Pronto)
Z	Reinicia e restaura o perfil salvo	&F	Carregar configurações de fábrica
&C	Comportamento do sinal RLSD	&G	Controle do tom de guarda do V.22bis

Resumo dos Comandos AT de teste e depuração

Comando	Descrição	Comando	Descrição
%TT	Comando do teste PTT	#UD	Diagnóstico Unimodem
#UG	Diagnóstico em modo verbose	&T	Teste do loopback analógico

Resumo do Registrador S

Registrador	Configuração padrão	Descrição	Registrador	Configuração padrão	Descrição
S0	0	Número de toques para atendimento automático	S1	0	Contador do número de toques
S2	43	Caracter de Escape AT	S3	13	Caracter de fim da linha de comando
S4	10	Caracter de formatação de resposta	S5	8	Caracter de edição de linha de comando
S6	2	Espera antes da discagem ou após o modificador "W"	S7	50	Tempo de espera para a conclusão da conexão ou para tom de discagem depois do modificador "W"
S8	2	Tempo do modificador de discagem com vírgula	S10	20	Retardo da desconexão automática
S11	95	Duração do tom DTMF	S12	50	Retardo da seqüência de escape
S29		Tempo do modificador de discagem rápida	S30	0	Temporizador de inatividade
S46		Controle da compressão de dados	S95		Controle das mensagens do código de resultado

Resumo dos Comandos AT de Fax

Comando	Descrição	Comando	Descrição
+FCLASS?	Indicação da classe de serviço	+FCLASS = ?	Recursos da classe de serviço
+FCLASS = n	Seleção da classe de serviço	+FTS = <n>	Interromper transmissão e aguardar
+FRS = <n>	Receber silêncio	+FTM = <m>	Transmitir dados de Fax com portadora <m>
+FRM = <m>	Receber dados de Fax com portadora <m>	+FTH = <m>	Transmitir dados HDLC com portadora <m>
+FRH = <m>	Receber dados HDLC com portadora <m>	+FTM = ?	Transmitir modulação de Fax
+FRM = ?	Receber modulação de Fax	+FTH = ?	Transmitir modulação de dados HDLC