



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
INSTITUTO DE FÍSICA E MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MÓVEL DOMÓTICO

ISMAEL DIAS DA SILVA

PELOTAS, 2007

ISMAEL DIAS DA SILVA

SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MÓVEL DOMÓTICO

Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação, Instituto de Física e Matemática, Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Msc. Marcello da Rocha Macarthy

PELOTAS, 2007

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Marcello da Rocha Macarthy, Msc. (Orientador)

Prof. Adenauer Correa Yamin, Dr.

Prof. Anderson Priebe Ferrugem, Msc.

Prof. Luciano Volcan Agostini, Dr.

DEDICATÓRIA

Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre. Umas porque nos vão ajudando na construção, outras porque nos apresentam projetos de sonho e outras ainda porque nos desafiam a construí-los.

Dedico este trabalho aos meus pais Gilmar e Carmen. À minha irmã Isabela e em especial, à minha avó Arzelinda, que sempre me apoiou e orou por mim ao longo de todo este percurso.

Dedico também a todos que acreditaram na execução deste trabalho e no meu potencial em desenvolvê-lo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais pelo exemplo de vida e todo auxílio prestado no decorrer do projeto.

Agradeço também a Deus, por ter me dado forças para concluir mais esta etapa da minha vida com êxito.

Agradeço ao meu orientador, professor Marcello Macarthy, pelo apoio e pelo voto de confiança depositado em mim, os quais foram imprescindíveis para a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos das “*Quintas do PCC*”, pela amizade e agradável convivência nos momentos de descontração. Agradeço em especial, ao amigo e colega de curso, Leandro Carvalho por todo auxílio prestado, dedicação e paciência na realização deste trabalho e também ao amigo Luciano Mertins que, em um momento de desespero, prestou-me satisfatório auxílio.

Gostaria de agradecer também aos meus amigos e colegas pelo incentivo e compreensão durante todo este período árduo.

RESUMO

A possibilidade dos usuários de executar comandos de forma a gerenciar, controlar e monitorar suas residências automaticamente é definida pela domótica. A associação da tecnologia de automação com a comunicação sem fio, possibilita que os usuários gerenciem seus ambientes, independente do local em que estiverem, obedecendo, obviamente, as restrições da tecnologia de comunicação móvel. Este trabalho visa demonstrar um estudo sobre as tecnologias citadas e sua aplicabilidade em nosso ambiente. O trabalho descreve a implementação de uma ferramenta de gerenciamento de sistema de controle inteligente. A ferramenta proposta para este trabalho deverá ser implementada para dispositivos móveis, mais especificamente, celulares com tecnologia *Bluetooth*. Observa-se que a tecnologia *Bluetooth* tem por objetivo eliminar os cabos para a comunicação entre computadores pessoais e dispositivos eletrônicos, instituindo uma conexão sem fio, e por sua vez, aumentando a liberdade de movimentação. Espera-se com esse trabalho, abordar alguns campos na área de ciência da computação, mais precisamente as áreas de automação e computação ubíqua e demonstrar a possibilidade de implementação em nível de hardware e software com os conhecimentos adquiridos no curso.

Palavras-chave: Automação. Domótica. Comunicação Móvel. *Bluetooth*. Computação Ubíqua.

ABSTRACT

The users possibility of executing commands in a way of managing, controlling and monitoring automatically their homes is defined by the domotic. The association of automation technologic with wireless communication allows allow the users to manage their environments, absolutely independent from the place they are, but obeying, obviously, the technological mobile communication restrictions. This paper wants to demonstrate a study about the pre listed technologies and its applicability in our environment. The paper describes the implementation of a managing intelligent controlling system tool. The suggested tool should be implemented to mobile devices, more specifically, *Bluetooth* technology cellphones. It is important to be said that the *Bluetooth* has an objective to eliminate the need of cables between personal computers and electronic devices while communicating, setting a wireless connection increasing the freedom of movement. It is expected with this paper to tackle some computer science area subjects, more precisely the automation and ubiquitous computing and show the implementation possibility according to the in hardware and software knowledges acquired in the course.

Key-words: Automation, Domotic, Mobile Communication, *Bluetooth*, Ubiquitous Computing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fábrica Automotiva da Toyota	6
Figura 2	Rede Domótica	8
Figura 3	Exemplo de Teleação	9
Figura 4	Benefícios	11
Figura 5	Comparativo entre as tecnologias do padrão 802.15.....	17
Figura 6	Logo da aliança ZigBee	18
Figura 7	Dispositivos e periféricos conectando-se ao receptor IrDA.....	19
Figura 8	Exemplo de aplicações UWB	20
Figura 9	Bluetooth Logo, a <i>trademark</i> pertencente a Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suécia.....	23
Figura 10	Piconets e scatternet Bluetooth.....	26
Figura 11	Logo do Sistema de Comunicação Móvel Domótico – KOMODO.....	29
Figura 12	Motorola Mototask A1200i	31
Figura 13	Tela inicial do cliente KOMODO.....	33
Figura 14	Camadas da arquitetura Java	34
Figura 15	Tela inicial do servidor Komodo.....	36
Figura 16	Arquitetura da porta paralela sobre o conector DB25 fêmea.....	37
Figura 17	Programa utilizado para liberar o acesso da porta paralela.....	38
Figura 18	Esquema do circuito de controle domótico.....	38
Figura 19	Trecho do código do servidor onde é passado o UUID.....	39
Figura 20	Tela após o início do servidor.....	40
Figura 21	Tela após o início do cliente.....	41
Figura 22	Tela de permissões.....	41
Figura 23	Trecho do código onde é feita a verificação de disponibilidade do Servidor.....	42
Figura 24	Resposta do servidor à conexão do cliente.....	43
Figura 25	Acionar dispositivo.....	43
Figura 26	Trecho do código onde ocorre a ativação do sinal enviado para porta paralela	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

API	Application Programming Interface
CDC	Connected Limited Configuration
CLDC	Connected Limited Device Configuration
EHS	European Home Systems
EIB	European Installation Bus
EUA	Estados Unidos da América
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
FH-CDMA	Frequency Hopping - Code Division Multiple Access
FHS	Frequency Hopping Synchronization
GHZ	Gigahertz
IrDA	Infrared Data Association
ISM	Industrial, Scientific, Medical
J2ME	Java 2 Micro Edition
JABWT	Java API for Bluetooth Wireless Technology
JNI	Java Native Interface
JSR-82	Java Specification Request - Número 82
KBPS	Kilobytes por segundo
LED	Light Emitting Diode
MB	Megabytes
MBPS	Megabytes por segundo
MHZ	Megahertz
MIDP	Mobile Information Device Profile
MAC	Media Access Control
MW	Megawatt
PCN	Personal Communication Networks
PCS	Personal Communication Services
PDA	Personal Digital Assistants
PIN	Personal Identification Number
POS	Personal Operating Space

SIG	Special Interest Group
UUID	Universally Unique Identifier
USB	Universal Serial Bus
UWB	Ultra Wideband
VM	Virtual Machine
WLAN	Wireless Local Area Network
WLL	Wireless Local Loop
WPAN	Wireless Personal Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WWAN	Wireless Wide Area Network

SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	X
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Motivação.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Organização do Trabalho.....	3
2 AUTOMAÇÃO E CONTROLE.....	5
2.1. Conceitos.....	5
2.2. Automação Industrial.....	5
2.3. Automação Residencial - Comercial.....	7
2.3.1. Sistema Domótico.....	9
2.3.1.2. Exigências.....	10
2.3.1.3. Benefícios.....	10
3 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO.....	13
3.1. Conceitos.....	13
3.2. Comunicação Sem Fio.....	14
3.2.1. Redes Sem Fio.....	15
3.2.1.2. WPANs.....	16
3.2.2. Tecnologias Empregadas.....	17
3.2.2.1. Padrão 802.15.....	17
3.3. Comunicação Móvel.....	21

3.4. O Padrão Bluetooth.....	22
3.4.1. Historia.....	22
3.4.2. Funcionamento.....	23
3.4.2.1. Comunicação Bluetooth.....	24
3.4.2.2. Conexão.....	25
3.4.3. Estrutura de rede.....	25
3.4.4. Segurança.....	26
3.4.5. Vantagens e Desvantagens.....	27
4 FERRAMENTA PARA O CONTROLE DOMÓTICO MÓVEL.....	29
4.1. Introdução.....	29
4.2. Dispositivos Móveis.....	30
4.3. Aspectos de Implementação.....	31
4.4. Sistema de Comunicação Móvel Domótico.....	32
4.4.1. Aplicação Para Dispositivo Móvel.....	32
4.4.1.1 Arquitetura J2ME.....	33
4.4.2. Software Aplicativo Para o Desktop.....	35
4.4.3. Parte Física do Sistema.....	38
4.5. Funcionamento do Sistema Cliente - Servidor.....	39
4.6. Validação.....	44
5 CONCLUSÕES.....	46
5.1. Trabalhos Futuros.....	47
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Sistemas domóticos inteligentes têm atraído crescente interesse mundial, uma vez que possibilitam em uma residência, desempenhar tarefas complexas e interagir com usuários e o meio físico.

A utilização de tais dispositivos no ambiente residencial deflagra uma série de discussões e questões quanto ao comportamento humano. Cabe salientar, que o desenvolvimento de residências inteligentes reúne esforços de áreas da Ciência da Computação como a Inteligência Artificial, bem como Engenharia, Psicologia, Sociologia e Filosofia, caracterizando-se como uma área fortemente multidisciplinar (BOLZANI, 2004).

A adoção de sistemas computacionais, redes de dados e dispositivos de automação em residências têm amadurecido muito nos últimos anos e foi alavancada pela introdução da computação pessoal e da telecomunicação, porém ainda carece de muita pesquisa no sentido de torná-los onipresentes e transparentes ao usuário, aumentando os níveis de conforto e segurança para os mesmos (BOLZANI, 2004).

Ressalta-se que a computação pervasiva definida como a utilização de sistemas computacionais em um amplo espectro acarreta em:

- Uma interconexão de dispositivos inteligentes integrados em uma rede de dados universal.
- Uma interface amigável - dispositivo/usuário - que irá mascarar a complexidade da tecnologia.
- Um sistema digital com manutenção e administração simples. Uma conta única exemplificando todos os serviços requeridos pelo usuário.

Desta forma, as informações devem estar precisamente dispostas no tempo e lugar necessários para auxílio de tomada de decisões; sendo que o sistema, por meio de aprendizado e adaptação deve fornecer sugestões para o gerenciamento de todo o ambiente residencial.

Esse novo foco acarreta em várias mudanças no processo de desenvolvimento da tecnologia, dos produtos, dos processos e da criação do ambiente (MIYAGI e VILLANI, 2003/2004).

1.1 MOTIVAÇÃO

Atualmente existem algumas empresas no mundo que desenvolvem produtos visando domótica. Na Europa, principalmente, existem vários grupos que estão desenvolvendo um protocolo doméstico padrão. Esses grupos, sem exceções, estão ligados a grandes fabricantes de eletrodomésticos e produtos de uso domésticos em geral (BOLZANI,2004).

No Brasil o processo de emprego e/ou utilização ainda não atinge patamares populares, pois do ponto de vista financeiro estes não são acessíveis. Como se trata de uma área relativamente moderna, para os padrões brasileiros, atuam neste mercado poucas empresas no desenvolvimento de produtos, tendo como possibilidade de aquisição algumas revendas estrangeiras.

Assim sendo, além de um lado acadêmico visando à pesquisas e desenvolvimento na área de comunicação móvel associado a domótica, existe o apelo comercial, onde se pode vislumbrar pequenas empresas, de forma a implementar tanto ao nível de hardware, como de software, dispositivos aplicados a domótica.

Ainda como motivação para futuras implementações, este sistema proposto de controle móvel doméstico, poderá desempenhar outras atividades, como auxílio a pessoas portadoras de deficiências e também, o controle do consumo de recursos naturais, tal qual energia elétrica e água em uma residência.

1.2 OBJETIVOS

Com o desenvolvimento de uma ferramenta de gerenciamento de um sistema de controle inteligente através de comunicação móvel sem fio como o proposto neste trabalho, espera-se contribuir na área de domótica, possibilitando verificar e validar a integração do usuário com esta forma de controle, além de proporcionar comodidade e praticidade para realização de tarefas em um ambiente automatizado.

Nesta pesquisa, também está inserida a busca de meios, através de uma ferramenta de controle, visando à automação de um ambiente a fim de facilitar ope-

rações rotineiras que, em muitas vezes, poderiam ser evitadas pela presença de um agente humano.

Pretende-se futuramente, desenvolver o sistema com maior portabilidade e aplicabilidade, para desempenhar outras atividades com outros focos.

Para alcançar os objetivos principais do trabalho foram definidos os seguintes, objetivos específicos apresentados na próxima seção.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um estudo do controle de dispositivos eletrônicos em um sistema domótico, via comunicação móvel;
- Fazer um estudo de um sistema comunicação que se baseie na tecnologia de comunicação móvel;
- Desenvolver uma ferramenta para um dispositivo móvel, visando demonstrar a possibilidade de gerenciamento de um ambiente, conciliado por um sistema computacional para realização das atividades de automação.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado em 5 capítulos, sendo este primeiro, um capítulo introdutório sobre a automação domótica e os objetivos de implementação da ferramenta para dispositivo móvel de controle de ambiente automatizado.

No capítulo 2, faz-se uma abordagem do processo de automação, passando pela história da automação e explanando no decorrer do capítulo, os benefícios e requisitos necessários para a “domotização” do ambiente.

Posteriormente, no capítulo 3, são descritos conceitos relativos aos sistemas de comunicação, dando ênfase na comunicação sem fio e descrevendo o protocolo de comunicação móvel sem fio, adotado para implementação da ferramenta.

No capítulo 4, é descrita a implementação da ferramenta desenvolvida neste trabalho, onde inicialmente, acerca-se à metodologia adotada para o desenvolvimento. O capítulo descreve também, os requisitos, escolha de protocolos e linguagens de programação necessários para o desenvolvimento e implementação, bem como um modo de verificação e teste do sistema de controle móvel domótico em nível de hardware e software.

Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões obtidas com o desenvolvimento deste trabalho, bem como sua contribuição e possíveis trabalhos futuros.

Uma lista de *links* relacionados a este trabalho e referências bibliográficas encerram o mesmo.

2 AUTOMAÇÃO E CONTROLE

2.1 CONCEITOS

Automação (do inglês: *Automation*), é a nomenclatura dada a um sistema automático de controle pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem (FERREIRA, 1975).

A palavra automação foi empregada pela primeira vez, em 1936 por D.S. Harder, que trabalhava na *General Motors* (EUA), para designar a princípio “a passagem automática das peças pelas fases consecutivas do processo de produção” (LAROUSSE, 1999).

A árvore da automação está dividida em alguns ramos, sendo o industrial um dos mais importantes. O crescimento da automação tem tomado papel importante nas experiências diárias, onde está inserido um outro ramo, o comercial - residencial (domótica), que será abordado no decorrer deste trabalho.

2.2. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação Industrial se constitui do emprego de qualquer dispositivo mecânico ou eletro-eletrônico para controlar máquinas e processos. Entre os dispositivos eletro-eletrônicos pode-se utilizar computadores ou outros dispositivos lógicos, substituindo algumas tarefas da mão-de-obra humana, realizando outras em que o ser humano teria sua vida posta em risco.

É largamente aplicada e mais visível nas mais variadas áreas de produção industrial, vinculadas à robótica, em grandes fábricas de veículos e outras áreas como indústrias químicas, petroquímicas e farmacêuticas. A figura 1 ilustra o uso da robótica em uma fábrica montadora de veículos.



Figura 1 - Fábrica Automotiva da Toyota

Fonte: WAGNER, 2004

Em relação a sistemas de automação industrial, distinguem-se quatro partes interligadas: o sistema de elaboração, o sistema de transporte mecânico, o sistema de verificação e o sistema de controle. No sistema de elaboração inclui-se o modelo de produto a ser obtido. O sistema de verificação funciona como uma extensão dos sentidos humanos, por meio de células fotoelétricas, ultra-sons, raios X e infravermelhos, isótopos, etc., apresentando vantagem como exatidão e rapidez sem fadiga, exames de pontos inacessíveis ou prejudiciais ao homem.

Por sua vez, o sistema de transporte mecânico está relacionado com a parte física mais do que com a parte lógica da automação. É composto de esteiras, braços e outros componentes para realizar o deslocamento das peças e produtos das etapas de produção. O sistema de controle atua de forma mais lógica que física, recebendo informações vindas de sensores, fazendo processamento em computadores ou controladores programáveis, além de distribuir as devidas funções nos atuadores do processo, estando interligado com os outros sistemas por intermédio de barramentos e possuindo, geralmente, um controle distribuído das ações advindas de um controle central (LARROUSE, 1999).

Em geral, a automação resulta na substituição do homem pela máquina no processo industrial, o que sempre gerou preocupação por parte dos operários, que acabariam ameaçados pelo desemprego. Na realidade, a automação é o estágio final da modernização industrial, que, após a mecanização, deve passar pela racionalização e pelo controle automático.

Se a primeira revolução industrial consistiu na substituição da força física do homem pela máquina, a segunda consistiu na substituição da capacidade (do homem) de tratar a informação pelo processamento automatizado.

2.3. AUTOMAÇÃO COMERCIAL - RESIDENCIAL

Automação residencial, também chamada de Domótica, é um ramo da automação que aplica técnicas da automatização para o conforto e a segurança de seus residentes (MIYAGI, BARRETO, 1993).

A palavra domótica (*domotique*) surgiu na França, na 2ª metade da década de 80, onde começaram as primeiras experiências relacionadas. Domótica é a contração da palavra *domus* (do latim: casa) com a palavra *Automatique* (automático) (INTELIAR, 2004).

A domótica compreende tanto a automação predial quanto automação de residências (*smart houses*). A diferença principal entre as áreas é a interação humana. Nas “casas inteligentes” existe um estudo maior com relação à ergonomia e aparência dos dispositivos de controle. Também existe uma preocupação maior com relação à interface. Faz-se necessário que o usuário compreenda o modo de operação de maneira satisfatória.

Um sistema domótico usa um conjunto de dispositivos que são distribuídos pela casa em função das necessidades dos proprietários. Basicamente estes dispositivos podem ser classificados em sensores, atuadores, controladores, interfaces e dispositivos específicos e constituem o que se designa por uma *Rede Domótica*.

- **Sensores:** capturam valores e informações do local como presença de pessoas, temperatura, falta de energia, fugas de água ou gás, incêndio, luminosidade, tempo, vento, umidade, etc;

- **Atuadores:** realizam o controle de elementos como eletroválvulas (água e gás), motores (portas, elevadores, portões), ligar, desligar e variar a iluminação ou o aquecimento, ventilação e ar condicionado, sirenes de alarme,...

- **Controladores:** administram a instalação, recebem a informação dos sensores, exercem funções específicas de controle e transmitem aos atuadores;
- **Interfaces:** dão e recebem informação do usuário, constando normalmente de teclado, display, também podendo ser computadores, celulares, PDA's, etc;
- **Dispositivos Específicos:** elementos necessários ao funcionamento do sistema como modems ou roteadores, barramentos, cabos, e outros meios de transmissão de informação.

A figura 2 esboça um resumo gráfico de uma rede doméstica.

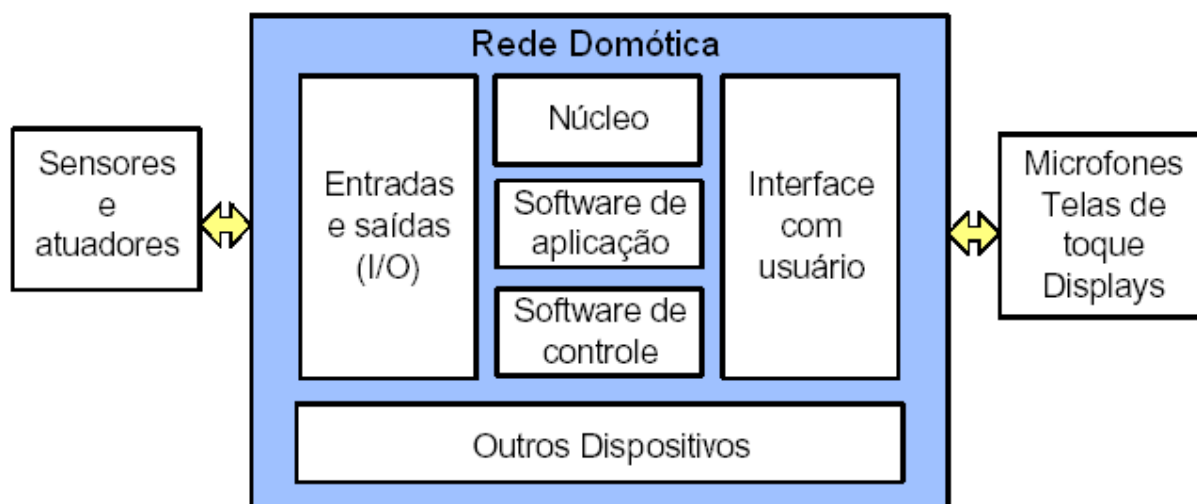


Figura 2 - Rede Domótica

Além das partes de uma rede doméstica definidas acima, o bom funcionamento da rede depende de protocolos sobre esses barramentos.

Na década de 90, apareceram protocolos de comunicação que se tornaram padrões como o EHS (*European Home Systems*), o EIB (*European Installation Bus*), também os padrões BATIBUS e o LONWORKS da Echelon Corporation (EUA). Isto significa que vários produtos de vários fabricantes podem ser instalados numa mesma rede doméstica comunicando todos entre si, desde que utilizem o mesmo protocolo (só em teoria, pois na prática não é bem assim) (AMORY, PETRINI, 2001).

Todo esse conforto e tecnologia possuem um preço ainda elevado para os padrões mundiais, quiçá brasileiros. Porém, existem algumas empresas nacionais investindo, para que esse conceito de “casa inteligente” se torne mais presente na

nossa vida.

Outro termo importante na área para ser definido é o conceito de teleação (*teleaction*) (BAUMANN, JEAN-BART, KUNG, ROBIN, 1997). Teleação é a capacidade de se controlar algum dispositivo remotamente (Fig. 3)

Com a união dos conceitos de domótica e teleação, surgiu a idéia de interligar a rede interna de uma casa (domótica) com a rede externa à casa (Internet) de forma que os moradores da casa possam controlar, monitorar e administrar seu lar à distância.

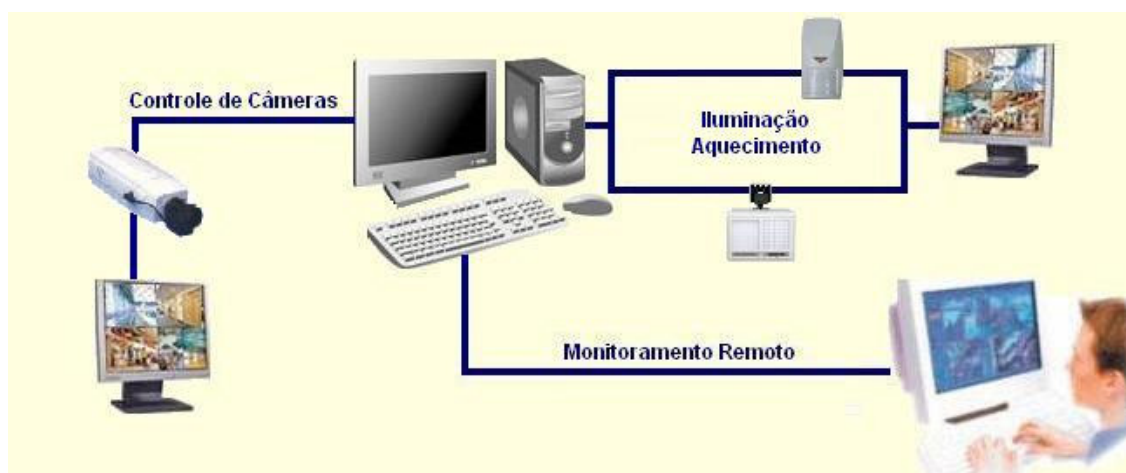


Figura 3 - Exemplo de Teleação

Neste trabalho, será abordada a união da realidade atual (telecomunicação e computadores domésticos) com esta nova tendência (domótica), em um outro capítulo, o qual será descrito o funcionamento da ferramenta proposta para tal união.

2.3.1. SISTEMA DOMÓTICO

Para saber exatamente quais são as reais exigências que um sistema de automação doméstica é necessário uma equipe multidisciplinar: engenheiros, arquitetos, cientistas da computação, para identificarem o cenário doméstico e as adaptações necessárias para automação (KUNG, RAITHER, 1999).

Na próxima seção é apresentado um estudo realizado sobre tais exigências e seus benefícios.

2.3.1.2. EXIGÊNCIAS

Exigências técnicas são características que o desenvolvedor de sistema deve conhecer e saber contorná-las para implementar um sistema competitivo e com aceitação no mercado.

Existem algumas exigências que devem ser citadas, como baixo custo, flexibilidade, integração com todas aplicações e fabricantes (padronização), compatibilidade, confiabilidade, fácil utilização, baixo consumo de energia, entre outros.

Baixo custo significa, que a instalação da rede deve ser fácil, os dispositivos da rede devem ser baratos também. O usuário não vai pagar uma diferença de preço muito grande por uma lavadora de roupa conectada a rede, se existe uma similar mais barata, mas que não pode ser conectada.

O sistema deve ser confiável, pelo fato do sistema integrar muitos dispositivos de diferentes características e fabricantes, aumentando-se as chances de que esse sistema se torne potencialmente sujeito a erros.

Um ponto muito importante é a facilidade de uso. A interface deve ser simples e ter formas similares de executar funções diferentes, para facilitar o aprendizado da mesma.

2.3.1.3. BENEFÍCIOS

Os benefícios da domótica, basicamente estão divididos em grupos com segurança, comunicação, conforto e economia.

A domótica pode atuar com diversos níveis de segurança. O sistema, auxiliado por sensores, permite detectar fugas de gás, inundações, incêndios em fase inicial, etc.

A segurança ao nível de detecção de intrusos também é relevante e levada em consideração pelo sistema. Com apenas alguns elementos de áudio e vídeo, a casa poderá ser permanentemente vigiada. Além disso, o mesmo sistema poderá ser aproveitado para monitorar as crianças que brincam no quarto ou no jardim.

A figura 4 exemplifica alguns pontos onde a domótica pode ser utilizada.



Figura 4 - Benefícios

Fonte: AMORY, PETRINI, 2001

Apoiando-se no avanço das novas tecnologias computacionais e de comunicações, a domótica vem oferecer ainda mais vantagens. Não só permite visualizar e ouvir através da Internet, diversos ângulos da casa, como permite também, comunicar com o sistema desligando a televisão que ficou ligada, acender as luzes exteriores quando alguém se aproximar de casa, bem como fazer chamadas automáticas para polícia ou bombeiros em caso invasão ou incêndio [NUNES,SÊRRO 2007].

Com um gerenciamento satisfatório, um sistema domótico pode proporcionar comodidade e economia para os usuários.

Utilizando os módulos e aparelhos apropriados, o sistema permite gerir os gastos de eletricidade, através das funções de regulagem de intensidade. Para a casa ter uma aparência de estar habitada, basta programar as luzes para acender a determinadas horas e em determinadas divisões.

Programação de horários para ativar e desativar equipamentos é outro benefício do sistema, como ativar a cafeteira e o aquecimento da banheira 10 minutos

antes do despertador, ou para o controle de temperatura, persianas e ventilação, permitindo mais conforto em determinadas situações ou poupar energia quando algum eletrodoméstico for esquecido ligado ou uma torneira aberta.

De forma geral, entende-se por benefícios da domótica a satisfação e o conforto do usuário final. Essas necessidades e vantagens devem ser consideradas como pré-requisitos em um sistema de automação doméstica.

3 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO

3.1 CONCEITOS

Telecomunicação (do francês: *télécommunication*) é a junção da palavra tele (do grego: ao longe, distância) com a palavra comunicação (do latim: *communicare*, que significa tornar comum, partilhar, conferenciar).

Telecomunicação é a transmissão, emissão ou recepção, por fios, ondas de rádio, meios ópticos ou qualquer outro meio, de símbolos, caracteres, sinais escritos, imagens, sons ou informações de qualquer natureza. A idéia da telecomunicação surgiu em meados do século XIX, a partir das teorias de dois físicos ingleses, Michael Faraday e James Clerk Maxwell. Em 1888, Heinrich Hertz aplicou essas teorias para construir um transmissor centelhador, um dispositivo que gerava ondas de rádio a partir de uma centelha elétrica.

Em 1895 o engenheiro elétrico italiano Guglielmo Marconi ampliou o alcance dessas transmissões e adaptou a tecnologia para enviar e receber sinais telegráficos sem fio. Em 1901 Marconi construiu o primeiro transmissor telegráfico transoceânico, com uma ligação de 3.200 km, entre Poldhu, na Cornualha, Inglaterra, e St. John, em Terra Nova, Canadá. No início do século XX, os avanços na tecnologia de tubo de vácuo, desenvolvidos pelo professor inglês John Ambrose Fleming e pelo inventor norte-americano Lee De Forest, tornou possível modular e amplificar sinais sem fio para o envio de transmissões de voz. (LAROUSSE, 1999)

O alcance e a clareza das transmissões vocais aumentaram à medida que se fizeram novos progressos na tecnologia. Em 1915, aproximadamente, a companhia *American Telephone & Telegraph Company* transmitiu uma mensagem vocal por rádio entre os Estados Unidos e a França.

Desde então o sistema de telecomunicação evoluiu de maneira grandiosa e hoje quase não existem limites para a comunicação.

3.2. COMUNICAÇÃO SEM FIO

Os sistemas de comunicação sem fio, como o próprio nome sugere, são sistemas que utilizam dispositivos diversos para estabelecer comunicação sem a necessidade de cabos ou fios. São sistemas bastante versáteis e seu princípio básico de funcionamento é baseado em transmissão e recepção de ondas de rádio.

A comunicação sem fio permite às pessoas maior flexibilidade quando se comunicam, porque não precisam permanecer numa localização fixa, como a casa ou o trabalho. As tecnologias sem fio tornam os serviços de comunicação mais facilmente disponíveis do que os tradicionais baseados em fios (como os telefones comuns), que exigem a instalação de cabos (NECHO, 2004).

Sistemas de comunicação sem fio cresceram e mudaram à medida em que a tecnologia avança. Hoje, utilizam-se vários sistemas diferentes, todos operando em frequências de rádio distintas. Estão em desenvolvimento novas tecnologias para proporcionar mais serviços com maior confiabilidade.

A comunicação sem fio pode ser classificada por grandes áreas: redes e serviços de comunicação pessoal, celular, comunicação via satélite, redes locais sem fio e comunicação móvel.

Os principais serviços da primeira área são o Serviço de Comunicação Pessoal (PCS - *Personal Communication Services*) e a Rede de Comunicação Pessoal (PCN - *Personal Communication Networks*). O objetivo é embutir serviços de comunicação de dados na forma de mensagens, bem como serviços de curta distância, para comunicação em ambientes fechados ou para comunicação entre prédios.

Os sistemas de telefonia celular formam a área de maior destaque. Atualmente, envolvem além das tecnologias de comunicação, aspectos de segurança e até biológicos.

Comunicações via satélite possuem características bastante peculiares. Entre elas estão a alta capacidade e a possibilidade de atender um elevado número de usuários com baixo custo. A viabilidade econômica desses projetos se concentra no atendimento de massa global, a custos reduzidos, competitivos, sem fronteiras e principalmente, complementando os serviços já existentes.

Nesta linha, cobrem regiões não atendidas por sistemas terrestres, pela baixa densidade populacional, pela baixa renda, ou por dificuldades geográficas, caracterizando os seus maiores segmentos de comunicação sem fio fixo, de extensão ce-

lular e de internacionalização dos serviços celulares.

Na concepção de mobilidade as células são unidades móveis enquanto os usuários estão fixos, devido ao posicionamento em altitudes elevadas. Os sinais transmitidos são recebidos por toda área coberta, em uma ampla área geográfica, e o custo é independente da distância entre os usuários. Com isso, estes sistemas apresentam uma alta capacidade para transmissões *broadcast* e sistemas distribuídos. Por outro lado, o problema de segurança é bastante grave, uma vez que qualquer unidade receptora pode captar o sinal. Dessa forma os mecanismos de criptografia devem ser usados no caso de comunicação segura (MATEUS, 1999).

As áreas de redes sem fio e de comunicação móvel serão detalhadas em tópicos no decorrer do capítulo, por conter maior relevância ao trabalho.

3.2.1. REDES SEM FIO

A evolução tecnológica tem desempenhado papel fundamental na busca pela informação. Nessa disputa, existe a constante necessidade de que a busca seja feita, cada vez mais, de forma rápida, precisa e confiável. De modo que o seguimento das comunicações tem sido exigido a aprimorar e desenvolver serviços para que essa demanda seja atendida.

As redes sem fio foram criadas inicialmente para atender necessidades militares, durante a Segunda Guerra Mundial, utilizando-se de sinais de rádio como meio de transmissão. Neste contexto, as redes sem fio ou *wireless* constituem uma alternativa às redes convencionais com fio. Elas fornecem as mesmas funcionalidades de forma mais flexível, de fácil configuração e boas taxas de transmissão. Possibilitam mobilidade do usuário com conectividade e altas velocidades. Sendo essenciais para a idéia de mobilidade em dispositivos.

As redes sem fio disponibilizam uma mobilidade superior do que a das redes a cabo. O retorno financeiro devido ao baixo custo de instalação é outra característica vantajosa, além da facilidade de adaptação de uma rede *wireless* a uma rede a cabo já existente. Assim, as redes sem fio podem ser uma boa alternativa às redes convencionais com fio, uma vez que fornecem as mesmas funcionalidades, mas de forma flexível, sendo de fácil configuração e com boa conectividade, o que é primordial para aparelhos portáteis (AMARAL; MAESTRELLI, 2004).

Embora ainda permaneçam algumas dúvidas e discussões sobre a confiabilidade e a eficiência das redes sem fio no que diz respeito à segurança na transmissão da informação, as redes sem fio atuais oferecem um gerenciamento mais fácil, simplicidade na instalação e configuração, quando comparadas às redes com fio. Somado a esse fato, a grande maioria das tecnologias de redes sem fio permitem plena conectividade e atendem aos padrões e normas dos organismos internacionais (MALIMA, 2004).

Existem vários tipos de redes sem fio que podem ser classificadas quanto à abrangência por: Redes Locais sem Fio ou WLAN (*Wireless Local Area Network*), Redes Metropolitanas sem Fio ou WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*), Redes de Longa Distância sem Fio ou WWAN (*Wireless Wide Area Network*), as redes Locais em Loop ou WLL (*Wireless Local Loop*) e o novo conceito de Redes Pessoais Sem Fio ou WPAN (*Wireless Personal Area Network*) como uma subclasse das redes locais.

Este trabalho apresentará algumas formas de comunicação para as redes pessoais sem fio (WPAN).

3.2.1.2. WPANs

As redes pessoais sem fio (WPANs) constituem-se como uma alternativa às redes convencionais com fio, fornecendo as mesmas funcionalidades, mas de forma flexível, de fácil configuração e com boa conectividade para dispositivos próximos ou até mesmo em áreas prediais.

As tecnologias WPAN permitem aos utilizadores estabelecer comunicações *ad-hoc* sem fios para dispositivos (tais como PDA, celulares ou computadores portáteis) que são utilizados num espaço operativo pessoal, POS (*Personal Operating Space*). Redes *ad-hoc* são um conjunto autônomo e espontâneo de nós móveis interligados por ligações sem fios, formando um grafo arbitrário. A topologia pode mudar de uma forma constante e imprevisível [MICROSOFT, 2005].

Dependendo da tecnologia utilizada, rádio frequência ou infravermelho, e do receptor, as rede WPANs podem atingir largas distâncias.

Através da utilização de portadoras de rádio ou infravermelho, as WPANs estabelecem a comunicação de dados entre os pontos da rede. Os dados são modulados na portadora de rádio e transmitidos através de ondas eletromagnéticas.

Múltiplas portadoras de rádio podem coexistir em um mesmo meio, sem que uma interfira na outra. Para extrair os dados, o receptor sintoniza numa frequência específica e rejeita as outras portadoras de frequências diferentes (SILVA, 2004).

3.2.2 TECNOLOGIAS EMPREGADAS

Há várias tecnologias envolvidas nas redes pessoais sem fio e cada uma tem suas particularidades, suas limitações e suas vantagens. A seguir, são apresentadas algumas das mais empregadas.

3.2.2.1. PADRÃO 802.15

Em maio de 1999, a IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) aprovou o primeiro padrão de mercado para redes pessoais sem fio: o IEEE 802.15.

O padrão foi projetado para atender a demanda de dispositivos pessoais, PDA's, telefones celulares, computadores portáteis e etc. Desde então, esforços têm sido mantidos para tornar do IEEE 802.15, um padrão mundialmente reconhecido como é o IEEE 802.3 – *Ethernet* (IEEE, 2004).

O padrão 802.15 é subdividido em modalidades, que possuem algumas diferenças nas velocidades de transmissão, frequências de atuação entre outros aspectos. Dentre as mais populares desta subdivisão do grupo IEEE, estão o *Bluetooth* 802.15.1, *ZigBee* 802.15.4, *UWB (Ultra Wideband)* 802.15.3 e infravermelhos - *IrDA (Infrared Data Association)*.

A figura 5 mostra um resumo sobre as tecnologias que serão descritas.

	Bluetooth	UWB	ZigBee	IrDA
Espectro	2.4Ghz Banda Livre	3.1 -10.6Ghz	915Mhz, 868 Mhz e 2.4 Ghz	
Canal	79 canais com 1Mhz cada	5 canais	16 canais nos 2.4Ghz com 5 Mhz; 10 canais nos 915 Mhz com 2 Mhz; 1 canal nos 868 Mhz	
Cobertura	10m (10mw), 100m (100 mw)	70 metros;	500 metros (50 metros típico)	1 a 2 metros lineares
Data - Rate	1.0 - 64 Kbps 723 kbps; 2.0 - 3 Mbps	11-55Mbps (802.15.3) 55-480Mbps (802.15.3a)	20 Kbps nos 868Mhz; 40 Kbps nos 915Mhz; 250 Kbps nos 2.4 Ghz	v1 - 152 Kbps; VFIR - 4 a 16Mbps
Topologia	Ponto a ponto, Piconet, Scatternet	Ponto a ponto, Piconet	Ponto a ponto, Estrela, Mesh	Ponto a ponto
Mobilidade	Entre Piconets	Entre Piconets		Não
Aplicações Típicas	Voz e Dados	Multimídia, Cabos de vídeo	Dispositivos de baixa potência, sensores, controladores	Monitoramento, sensores
Especificações Adicionais	Máxima potência 100mW; Até 8 dispositivos por piconet	Até 243 dispositivos por piconet	Baterias duram entre 100 a 1000 dias; 6555 redes e 1845x10 ¹⁶ dispositivos	Necessita alinhamento entre os dois dispositivos

Figura 5 - Comparativo entre as tecnologias do padrão 802.15

- **Descrição do ZigBee**

A ZigBee Alliance é uma organização cuja missão é definir, monitorizar e controlar produtos confiáveis, de baixo custo e de baixa potência completando o standard IEEE 802.15.4. No padrão são especificadas as camadas de rede e de aplicação bem como o serviço de segurança entre elas. A figura 6 apresenta o logotipo do padrão.



Figura 6 - Logo da aliança ZigBee

Fonte: ZIGBEE, 2003

O padrão IEEE 802.15.4 especifica uma tecnologia de acesso sem fios, semelhante ao *bluetooth* (detalhado posteriormente), numa versão onde o alvo principal são as redes pessoais (WPAN) de sensores e dispositivos de controle alimentados por baterias. O padrão especifica a camada física e a subcamada MAC (*Media Access Control*).

A eletrônica simples (baixo custo), o baixo consumo (uma bateria dura até 1000 dias) e a grande escalabilidade (suporta até 1845×10^{16} dispositivos), torna esta tecnologia ideal para sensores, controladores, monitoramento remoto e dispositivos eletrônicos portáteis.

A eficiente gestão de consumo dos dispositivos ZigBee é conseguida a partir de rápidas operações de associação, troca de informação, desassociação e da utilização do modo *sleep* (“*dormir*”).

- **Descrição do Infravermelho**

O padrão para comunicação via infravermelho foi definido em 1993 por um grupo com cerca de 120 integrantes autodenominado IrDA. Inicialmente a finalidade do padrão era viabilizar a conexão entre *notebooks* e computadores pessoais, sem que houvesse a necessidade de utilização de cabos (BEZERRA, 2003). Com grande aceitação, o padrão passou a ser utilizado por fabricantes para tornar possível a co-

nexão entre computadores e periféricos e também a utilização em dispositivos móveis. A figura 7 apresenta um exemplo de conectividade dos dispositivos por este padrão.

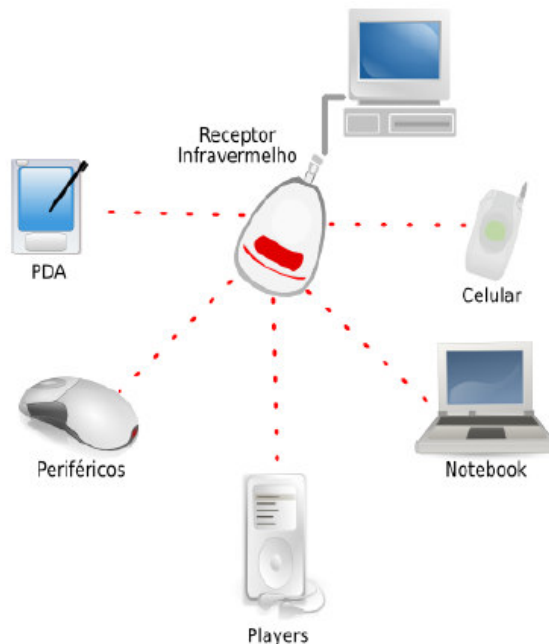


Figura 7 - Dispositivos e periféricos conectando-se ao receptor IrDA.

A conexão via padrão IrDA é feita apenas ponto-a-ponto (transmissor / receptor), e para o controle dos dispositivos que utilizam a interface IrDA, são necessários diodos laser para emissão e recepção dos sinais infravermelho, um circuito para converter os sinais para bits, e um protocolo que realize a construção e identificação dos pacotes IrDA. O infravermelho usa um diodo emissor de luz ao invés de uma antena como visto nas tecnologias de transmissão baseadas em radio frequências. Sua utilização é possível apenas a uma distância curta entre o emissor e o receptor. Aparelhos com conexão infravermelho não causam nenhuma interferência em rádios, televisões, marca-passos, etc (BEZERRA,2003).

Devido às limitações do IrDA, o padrão vem sendo substituído pela tecnologia *Bluetooth*, que pode ser encontrada em vários dispositivos. O *Bluetooth* oferece velocidades de transmissão e alcances maiores, além de poderem ser programados para formar automaticamente pequenas redes, chamadas *piconets* (MORIMOTO, 2003).

- **Descrição do Ultra WideBand**

A tecnologia UWB (Ultra Wideband) oferece um sistema de comunicação sem fios de banda larga, que suporta altas taxas de transferência de dados, vídeo digital e *streams* de áudio. O UWB foi lançado com o objetivo de substituir os fios de ligação de componentes eletrônicos domésticos de alta fidelidade (Televisão, DVD,...) que necessitam de ritmos de transmissão superiores a 1Mbps e baixos consumos de potência. A figura 8 apresenta exemplos de conectividade neste padrão.

UWB é baseada no standard IEEE 802.15.3, é uma tecnologia de curto alcance (até 70 metros) e de altas velocidades (até 55 Mbps). O standard apenas especifica a camada física e MAC, enquanto que UWB preenche as camadas seguintes deixando a camada aplicação livre ao utilizador.

A arquitetura de rede é estruturada em piconet's (estrutura formada por mestres e escravos; será abordada mais adiante) e pode ser classificada quanto a abrangência, como: *Independent Piconet* - não tem qualquer relação com outra piconet; *Parent Piconet* - contém um membro de controle; *Child Piconet* - contém um membro de controle que é escravo em outra piconet e *Neighbour Piconet* - uma piconet que é autônoma, mas que pode comunicar quando quer com outra piconet via um canal privado (FERNANDES,2006).

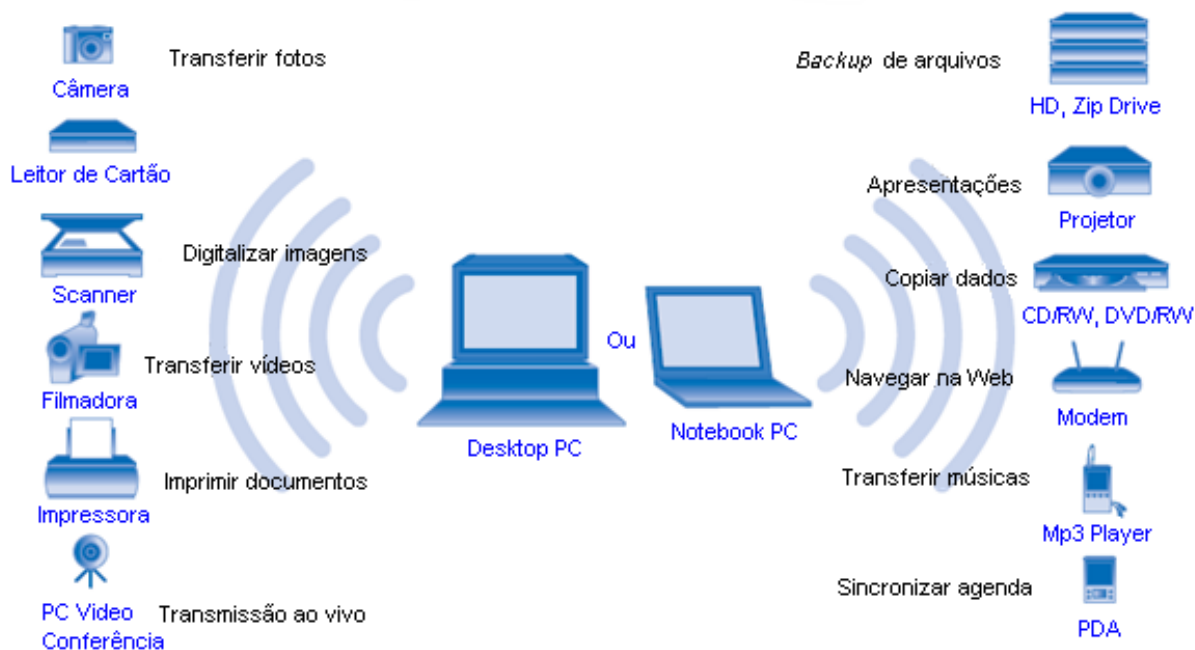


Figura 8 - Exemplo de aplicações UWB

Fonte: FERNADNES, 2006

- **Descrição do Bluetooth**

Bluetooth é uma tecnologia de baixo custo para a comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos a curtas distâncias. Visa principalmente, facilitar as transmissões de voz e dados em tempo real, assegurar proteção contra interferência e a segurança dos dados transmitidos, além de permitir a interoperabilidade dos dispositivos de rede de forma automática, sem a interferência do usuário (MALIMA, 2004).

O padrão *Bluetooth* será abordado em um novo tópico com maior detalhamento, pois foi o padrão escolhido para o desenvolvimento do trabalho.

3.3. COMUNICAÇÃO MÓVEL

A comunicação móvel representa um novo paradigma em telecomunicações e informática. Um paradigma que permite que os usuários tenham acesso a serviços independente de onde estão localizados, com possibilidade de mudanças de localização, ou seja, mobilidade. Isso é possível graças à comunicação sem fio que elimina a necessidade do usuário manter-se conectado a uma infraestrutura fixa.

Com a diminuição dos custos dos dispositivos, a comunicação móvel se torna viável não somente para o segmento empresarial, mas para as pessoas de uma forma geral. A disponibilidade dos equipamentos e a solução de antigos problemas relativos a ruído e interferência em sistemas de comunicação sem fio abriram o interesse pelo tema (MATEUS, 1999).

A evolução conjunta da comunicação sem fio e da tecnologia de informática busca atender muitas das necessidades do mercado: serviços celulares, redes pessoais sem fio, transmissão de dados via satélite, TV, rádio modems, sistemas de navegação, base de dados geográfica, etc.

O Brasil tem feito uso da comunicação móvel por muitos anos. Em telecomunicações, as comunicações via ondas de rádio têm sido freqüentes em telefonia interurbana, e também em telefonia celular desde o início dos anos 90. Nos últimos dois anos o mercado tem experimentado um crescimento acelerado e com expectativas de uma expansão ainda maior.

Seguindo os aspectos levantados, os sistemas móveis apresentam como grandes vantagens a mobilidade permitida ao usuário, o acesso direto à informação ou serviços e a independência de cabeamento, reduzindo os custos e o tempo de instalação e disponibilização dos serviços.

Por outro lado, os sistemas também apresentam algumas desvantagens. O espectro de frequência é bastante limitado e existem vários serviços que demandam parte desse espectro. As questões de privacidade e segurança são bastante delicadas, apesar do ganho conseguido com os sistemas digitais.

A energia disponível em cada unidade móvel é um fator de alta limitação, comprometendo o tempo de uso pelo usuário e também exigindo sofisticados algoritmos para o rastreamento dessas unidades móveis e de roteamento das informações. Por estar sujeito à interferências diversas de outros meios de transmissão e em função da mobilidade do usuário, a garantia da qualidade do serviço é uma atividade complexa. Finalmente, a própria complexidade tecnológica é outra desvantagem.

3.4. O PADRÃO BLUETOOTH

Como já citado anteriormente, *Bluetooth* é uma tecnologia de baixo custo para a comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos, visando facilitar as transmissões de voz e dados em tempo real, assegurar proteção contra interferência e a segurança dos dados transmitidos.

3.4.1. HISTÓRIA

O padrão começou a ser desenvolvido em 1994, pela Ericsson, e a partir de 1998 por um consórcio de empresas que se uniram afim de desenvolvê-lo, formando o *Bluetooth Special Interest Group (SIG)*. O grupo era formado inicialmente pelas empresas Sony, Ericsson, IBM, Intel, Nokia e Toshiba, e posteriormente foram se juntando outras. Atualmente conta com cerca de 2000 empresas de todo mundo (BLUETOOTH, 2007).

O nome ***Bluetooth*** surge de uma homenagem ao rei da Dinamarca e Noruega Harald Blåtand - em inglês Harold Bluetooth (traduzido como dente azul, embora em dinamarquês signifique *de tez escura*). Blåtand é conhecido por unificar as tribos

norueguesas, suecas e dinamarquesas. Da mesma forma, o protocolo procura unir diferentes tecnologias, como telefones móveis e computadores.

O logotipo do Bluetooth é a união de duas runas nórdicas para as letras H e B, suas iniciais conforme apresentado na figura 9.



Figura 9 - Bluetooth Logo, a *trademark* pertencente a Telefonaktiebolaget L M Ericsson, Suécia.

3.4.2. FUNCIONAMENTO

A tecnologia *Bluetooth* permite a comunicação sem fio entre aparelhos eletrônicos que podem ser computadores, impressoras, telefones celulares, PDA's (*Personal Digital Assistans*), equipamentos de escritório e dispositivos móveis. Ela realiza todas as conexões instantaneamente sem a necessidade de cabos. Isso facilita a rápida e segura transmissão de dados e voz, até mesmo quando os dispositivos não estão numa linha direta de visão (MILLER, BISDIKIAN, 2000).

O *Bluetooth* ganhou popularidade, quase sempre, associada aos *headsets* (dispositivos auriculares/microfones sem fio para celulares) que deixam seus usuários com ar de filme de ficção científica. Deixando os *headsets* de lado, atualmente está presente em telefones (celular ou fixo), copiadoras, impressoras; periféricos de computadores (teclado, mouse, joysticks), equipamento de áudio, etc. Alguns dos notebooks mais modernos estão vindo com um *chipset* Bluetooth em sua placa-mãe, possibilitando maior mobilidade e diversificação nas comunicações sem fio.

Dispositivos *Bluetooth* operam na faixa ISM (*Industrial, Scientific, Medical*) centrada em 2,45 GHz que era formalmente reservada para alguns grupos de usuários profissionais. Nos Estados Unidos, a faixa ISM varia de 2400 a 2483,5 MHz. Na

maioria da Europa a mesma banda também está disponível. No Japão a faixa varia de 2400 a 2500 MHz, bem como no Brasil.

O sistema baseia-se num *chipset* conhecido pelo mesmo nome, *Bluetooth*, que se encarrega de estabelecer conexão mediante sinais de rádio com dispositivo que possua esta mesma tecnologia. Uma vez detectado outro dispositivo, começa a conexão. Os dispositivos são classificados de acordo com a potência e alcance, em três níveis: *Classe 1* - 100 mW, com alcance de até 100 metros; *Classe 2* - 2,5 mW e alcance até 10 metros; *Classe 3* - 1 mW e alcance de 1 metro (uma variante muito rara). Os mais comuns, são os da *Classe 2*.

Os dispositivos comunicam-se entre si e formam uma rede denominada **piconet**, na qual podem existir até oito dispositivos interligados, sendo um deles o dispositivo **mestre** (master) e os outros dispositivos **escravos** (*slaves*); uma rede formada por diversos "*masters*" (com um número máximo de 10) pode ser obtida para maximizar o número de conexões.

3.4.2.1. COMUNICAÇÃO BLUETOOTH

A comunicação entre os dispositivos *Bluetooth* é feita através de um canal FH-CDMA (*Frequency Hopping – Code Division Multiple Access*). Neste método, o transmissor envia um sinal sobre uma série randômica de freqüências de rádio. Um receptor captura o sinal, através de uma sincronia com o transmissor. A mensagem somente é recebida se o receptor conhecer a série de freqüências na qual o transmissor trabalha para enviar o sinal.

A banda é dividida em 79 portadoras espaçadas de 1 *MegaHertz*, portanto cada dispositivo pode transmitir em 79 diferentes freqüências; para minimizar as interferências, o dispositivo "*master*", após sincronizado, pode mudar as freqüências de transmissão do seus "*slaves*" por até 1600 vezes por segundo. Em relação à sua taxa de transmissão, pode chegar a 721 Kbps e possui três canais de voz (MILLER, 2001). A tecnologia *Bluetooth* permite que um elevado número de comunicações descoordenadas ocorra dentro da mesma área. Isso quer dizer que é possível usar vários canais dentro de um mesmo ambiente. No *Bluetooth* existe um grande número de canais independentes e não sincronizados, cada um servindo um número limitado de participantes. Cada um desses canais está associado a um piconet e a diferenciação entre eles ocorre através da seqüência de freqüências usadas por cada

um.

Para evitar a colisão entre as múltiplas transmissões de dispositivos escravos, o dispositivo mestre utiliza uma técnica chamada "*polling*", que permite somente ao dispositivo indicado no *slot* mestre-para-escravo transmitir no *slot* escravo-para-mestre seguinte (ALECRIM, 2006).

3.4.2.2. CONEXÃO

Para estabelecer conexões no Bluetooth, são necessários três elementos: *scanning*, *paging* e *inquiry*.

O primeiro é um sistema de "reconhecimento, usado para economizar energia. Quando dispositivos estiverem ociosos, eles entram em um modo conhecido como "*stand-by*". De uma forma mais simples, é como se eles "dormissem", porém, periodicamente eles devem "acordar" para verificar se existe algum dispositivo tentando estabelecer uma conexão.

Já o *paging*, é utilizado pelo dispositivo que deseja estabelecer uma conexão. Para isso, são transmitidos dois pedidos de conexão seguidos em diferentes portadores, a cada 1,25 milissegundo. O dispositivo *paging* transmite duas vezes um pedido de conexão e verifica também duas vezes se há respostas de dispositivos (BLUETOOTH, 2007).

O *inquiry* consiste em mensagens que são difundidas por um mecanismo que deseja determinar quais outros dispositivos estão em sua área e quais suas características. Ao receber uma mensagem desse tipo, um dispositivo deve retornar um pacote chamado FHS (*Frequency Hopping-Synchronization*) contendo, além de sua identidade, informações para o sincronismo entre os dispositivos.

3.4.3. ESTRUTURA DE REDE

Uma piconet está formada como máximo por um dispositivo que se denomina **mestre** e como mínimo por outro dispositivo chamado **escravo**. O mestre se encarrega de sincronizar a comunicação entre diferentes dispositivos escravos. Cada piconet independente é denominada **Scatternet**. (HART; HAAS; MERLOTTO, 2005).

Várias piconets podem ser estabelecidas e ligadas juntas em *ad-hoc scatternets*, de modo a permitir comunicação entre configurações continuamente flexí-

veis conforme apresentado na figura 10.

Todos os dispositivos em uma mesma piconet têm prioridade de sincronização, mas outros dispositivos podem se integrar a qualquer momento. A topologia pode ser mais bem descrita como uma piconet de estrutura flexível e múltipla.

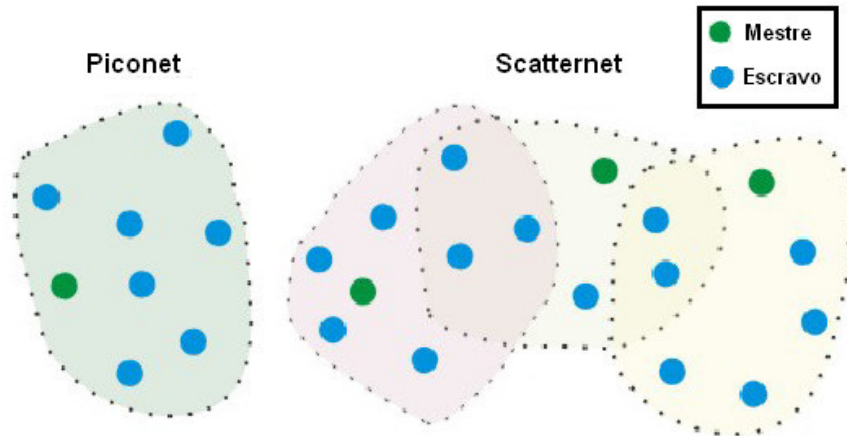


Figura 10 - piconets e scatternet *Bluetooth*.

3.4.4 SEGURANÇA

A tecnologia bluetooth está designada a ser totalmente funcional mesmo em ambientes com altos níveis de ruídos, e sua transmissão de voz é audível sob severas condições. A tecnologia providencia uma taxa de transmissão muito alta e todos os dados são protegidos por avançados métodos de correção de erros, tais como códigos criptografados e autenticação de rotinas para a privacidade do usuário.

A autenticação evita o recebimento de mensagens de origem duvidosa e acesso não desejado a dados e funções importantes. A criptografia evita escutas não autorizadas, mantendo assim a privacidade do canal.

Toda vez que os dispositivos se comunicam via transmissores *bluetooth*, um código de ligação é usado para autenticação e para criptografia, sem qualquer influência da topologia da piconet.

O tipo de código de ligação mais seguro é uma combinação derivada dos códigos inseridos em ambos os dispositivos. Para dispositivos com baixa capacidade de armazenamento, há a opção de escolher um código unitário, o qual pode ser usado por muitos dispositivos remotos. Para transmissão, um código temporário é necessário, o qual obviamente não pode ser utilizado para autenticação, mas previne escuta não autorizada de fora da piconet (mas não evita os membros que estão dividindo este código temporário) (QUIMERA,2003).

código temporário) (QUIMERA,2003).

Na primeira vez que dois dispositivos se comunicam, um procedimento de inicialização se faz necessário para criar um código de ligação comum de um modo seguro. Este procedimento é chamado emparelhamento (*pairing*).

Embora o código de segurança bluetooth seja sempre mencionado como um PIN (*Personal Identification Number*) um número de identificação pessoal, não significa que tenha que ser memorizado ou guardado, já que é utilizado apenas uma vez (KAMMER, MCNUTT, SENESE, 2002).

Quando por algum motivo um código de ligação é apagado e o emparelhamento inicial tiver que ser repetido, qualquer código de segurança bluetooth pode ser novamente inserido pelo usuário. No caso de exigências de pouca segurança, é possível ter um código fixo nos dispositivos que não possuam a interface homem-máquina para permitir o emparelhamento. A segurança bluetooth não pretende substituir as redes de segurança existentes. Para os casos de exigência extremamente alta ou especial (como comércio eletrônico) mecanismos de segurança adicionais podem ser implementados.

3.4.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Vantagens:

- Esta forma de conexão permite uma solução viável de baixo custo para a interconexão de curto alcance;
- A especificação suporta comunicação de voz e dados, razão pela qual também pode ser estendida à comunicação "*handsfree*" (mãos livres);
- Maximização do uso de protocolos existentes, ou seja, a tecnologia *bluetooth* pode ser facilmente integrada aos protocolos que estão em uso como o TCP/IP.

Desvantagens:

- O numero máximo de dispositivos que podem ser conectados ao mesmo tempo é limitado, principalmente em comparação com a rede cabeada;

- O alcance é bastante curto, por isso encontra-se na classe de redes pessoais;

4 FERRAMENTA PARA O CONTROLE DOMÓTICO MÓVEL

4.1. INTRODUÇÃO

A idéia de desenvolver uma ferramenta para automação conciliada com a tecnologia de comunicação móvel, surgiu de uma conversa informal, em uma roda de amigos, sobre novas abordagens da área de computação. Depois de alguns meses de pesquisas sobre as tecnologias envolvidas, implementou-se o **KOMODO**, o sistema de comunicação móvel domótico. A figura 11 ilustra o logotipo do sistema.



Figura 11 - Logo do Sistema de Comunicação Móvel Domótico - KOMODO

O objetivo principal do sistema desenvolvido neste trabalho é demonstrar a possibilidade de automação através de um dispositivo móvel, utilizando a tecnologia *bluetooth*, de maneira simples e satisfatória.

O sistema proposto foi dividido, basicamente, em 3 etapas distintas: escolha dos dispositivos para projeto, levando-se em consideração as tecnologias envolvidas no processo de implementação; escolha do sistema operacional e a linguagem de

programação que atendesse melhor os requisitos e finalmente, a implementação em nível de *software* e *hardware*.

4.2 DISPOSITIVOS MÓVEIS

São chamados de dispositivos portáteis ou móveis, os dispositivos que podem carregar consigo, sua fonte de energia. Como exemplo desses dispositivos, temos os PDA's (*Palmtops* e *Pocket PC*), celulares e notebooks em geral.

Desde o aparecimento do primeiro PDA lançado pela Apple em 1993, o que ocasionou a popularização da sigla PDA, a cada dia que se passa existe novidades no âmbito das melhorias das tecnologias e serviços oferecidos por esses dispositivos.

Hoje, os *palmtops* têm *displays* de ótima qualidade, chips velozes que executam programas complexos, tocam vários formatos de áudio, gravam voz e vídeos, rodam jogos e fotografam. Ou seja, são realmente acessórios muito úteis para o dia-a-dia.

Muitos dos dispositivos móveis, principalmente os celulares, disponíveis no mercado apresentam tantos recursos quanto os *palmtops*, ou até mais.

Hoje, com o conceito de *smartphones* (telefones inteligentes), os telefones celulares passaram de aparelhos de comunicação móvel, para computadores de bolso e seguindo esta tendência é que é proposta a implementação do sistema *Komodo*.

A ferramenta foi desenvolvida, em princípio, para ser operada em um telefone celular da empresa *Motorola*, modelo A1200i, apresentado na figura 12. Futuramente poderá ser ampliada sua portabilidade.



Figura 12 - Motorola Mototask A1200i

Fonte: MOTOROLA, 2007

O Mototask A1200i é um *Smartphone* que possui sistema operacional *Linux* e dois processadores internos trabalhando em paralelo, sendo que um deles é dedicado unicamente às funções multimídia. Isso permite ao usuário acionar vários recursos ao mesmo tempo. É possível, por exemplo, baixar e-mails, ouvir música e acessar a internet sem prejudicar a performance do aparelho. Possui suporte a tecnologia Java e *Bluetooth* entre outras características (MOTOROLA, 2007).

4.3. ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO

Após a escolha do dispositivo móvel, foi necessário um estudo sobre qual sistema operacional e linguagem de programação seria mais viável para a implementação da ferramenta.

Foi escolhido então o sistema operacional *Microsoft Windows XP*, devido a seu suporte as tecnologias envolvidas e facilidade de uso, além de ser atualmente, um dos sistemas mais utilizado pelos usuários.

Apesar do celular escolhido possuir *Linux* como seu sistema operacional, a compatibilidade entre o dispositivo móvel e o computador não foi afetada, pois para o desenvolvimento do sistema foi escolhida a linguagem de programação *Java* que, teoricamente, independe dos sistemas operacionais envolvidos.

4.4. SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MÓVEL DOMÓTICO

Como já citado no trabalho, o sistema de comunicação móvel domótico foi chamado **Komodo**. O nome surgiu da contração das palavras **com**unicação, **mó**vel, **do**mótico.

O sistema é formado por três partes: uma aplicação para o dispositivo móvel, um *software* aplicativo para o *desktop* e uma parte de física (eletrônica) para demonstração do sistema.

As três partes serão apresentadas nos tópicos que seguem.

4.4.1. APLICAÇÃO PARA DISPOSITIVO MÓVEL

Desenvolver ferramentas para *desktops* é uma tarefa diferente se for comparada ao desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis. Sistemas para *desktops* utilizam plataformas que possuem grande quantidade de memória e alto poder de processamento.

Quando se desenvolvem aplicações para dispositivos móveis, novos obstáculos surgem devido aos recursos limitados disponíveis nos dispositivos, como tamanho da tela reduzido, pouca memória disponível, e baixo poder de processamento. Além disso, outros obstáculos surgem em virtude dos ambientes que os dispositivos operam, onde a mobilidade e as redes sem fio tipicamente oferecem largura de banda mais baixa e menos confiabilidade no tráfego em comparação com as redes com fio (MAHMOUD, 2002).

Para o sistema Komodo, foi implementada uma aplicação denominada **Komodo Cliente**. Esta aplicação foi desenvolvida com a linguagem Java, mais precisamente, utilizando a plataforma J2ME (Java 2 Micro Edition), uma edição da plataforma Java focada em dispositivos móveis. Esta tecnologia consiste em um conjunto de APIs (*Application Programming Interface*) ou interfaces de programação de apli-

cativos e a especificação de uma máquina virtual, adequados às restrições dos dispositivos móveis atuais. A figura 13 apresenta a tela inicial da aplicação.



Figura 13 - Tela inicial do cliente Komodo

Foram utilizados os *softwares* NetBeans™ 5.5 IDE incluindo o *Netbeans Mobility Pack 5.5* (pacote para desenvolvimento de aplicativos móveis) e o *software* Sun Java Wireless Toolkit for CLDC 2.5. para o desenvolvimento da aplicação móvel.

O funcionamento do cliente, bem como do servidor será abordado em um tópico a parte no texto.

4.4.1.1 ARQUITETURA J2ME

A arquitetura J2ME é constituída de configurações, perfis e pacotes opcionais, de acordo com a figura 14.

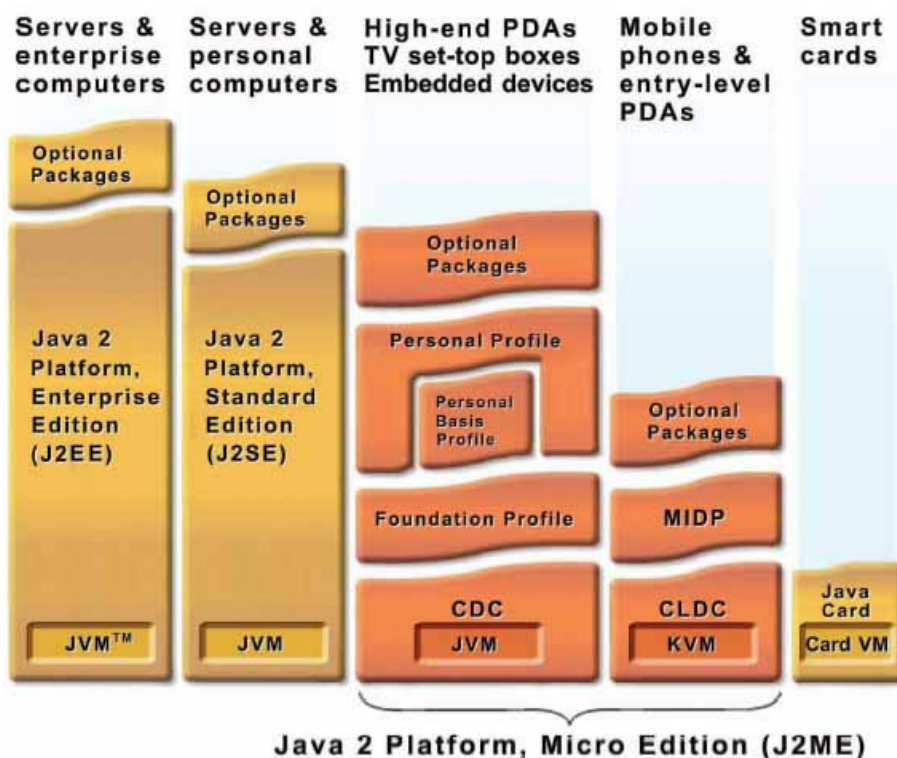


Figura 14 - Camadas da arquitetura Java

Fonte: SUN, 2007

Através da combinação destes três elementos são construídos ambientes de execução completos e que preenchem os requisitos de diversas classes de dispositivos. Cada um desses elementos é otimizado levando em conta as restrições de memória, armazenamento e processamento de uma determinada categoria de dispositivos. O resultado é uma plataforma comum, que é compatível com a maioria dos dispositivos móveis do mercado.

A configuração mais básica do J2ME é o CLDC (*Connected Limited Device Configuration*) é também a mais importante, pois ela dá base para a outra configuração, CDC (*Connected Limited Configuration*) a qual prove algumas funcionalidades a mais, e requer um pouco mais de recurso de processamento e memória do dispositivo.

Basicamente provê algumas bibliotecas básicas e a VM (*Virtual Machine*), já que todo aplicativo Java precisa ser executado em uma máquina virtual. Ou seja, a parte mais básica que necessita estar presente em todo e qualquer dispositivo que suporta essa tecnologia é a VM.

O perfil é uma série de APIs padrões que combinadas com alguma configuração, como por exemplo o CLDC, provê um serviço completo para que aplicações possam ser executadas. O perfil adotado neste trabalho é o MIDP (*Mobile Information Device Profile*) por disponibilizar recursos necessários para implementação.

Aplicativos desenvolvidos sobre o perfil MIDP são chamados *MIDlets*. Um conjunto de MIDlets pode ser chamado de MIDlet Suíte, quando está armazenado dentro de um mesmo arquivo JAR (*Java archive*) e assim também compartilhando os mesmos recursos. Os arquivos JAD (*Java Application Descriptor*) contêm informações sobre as MIDlets do arquivo JAR e são utilizados pelos dispositivos possibilitando que as aplicações sejam instaladas nos aparelhos móveis (LAGO, 2006).

Finalizando, os pacotes opcionais são bibliotecas específicas para uma determinada tarefa que não esteja definida no perfil e na configuração para um determinado dispositivo, aumentando o poder da plataforma e facilitando a programação. Na plataforma J2ME pode existir a combinação de vários pacotes opcionais com as configurações CLDC, CDC e seus perfis, e assim atingir requisitos específicos exigidos pelo mercado.

Esses pacotes opcionais fornecem APIs padrões para manipulação de tecnologias como *Bluetooth*, *Web Services*, multimídia e conexão com banco de dados (PINHEIRO, 2003).

Dentre as APIs utilizadas neste trabalho está a JSR-82 (*Java Specification Request* - número 82), nome formal para a API *Bluetooth Wireless Technology* (JABWT). A especificação da JSR-82 define a arquitetura de uma aplicação J2ME com *Bluetooth*, bem como também define as classes e métodos que devem ser implementados por qualquer aplicação compatível com a JSR-82.

4.4.2. SOFTWARE APLICATIVO PARA O DESKTOP

Para realizar o controle domótico, o sistema desenvolvido neste trabalho possui um *software* aplicativo denominado **Servido Komodo** cuja interface está apresentada na figura 15. O servidor foi desenvolvido na linguagem de programação Java, no ambiente de programação NetBeansTM 5.5 IDE.

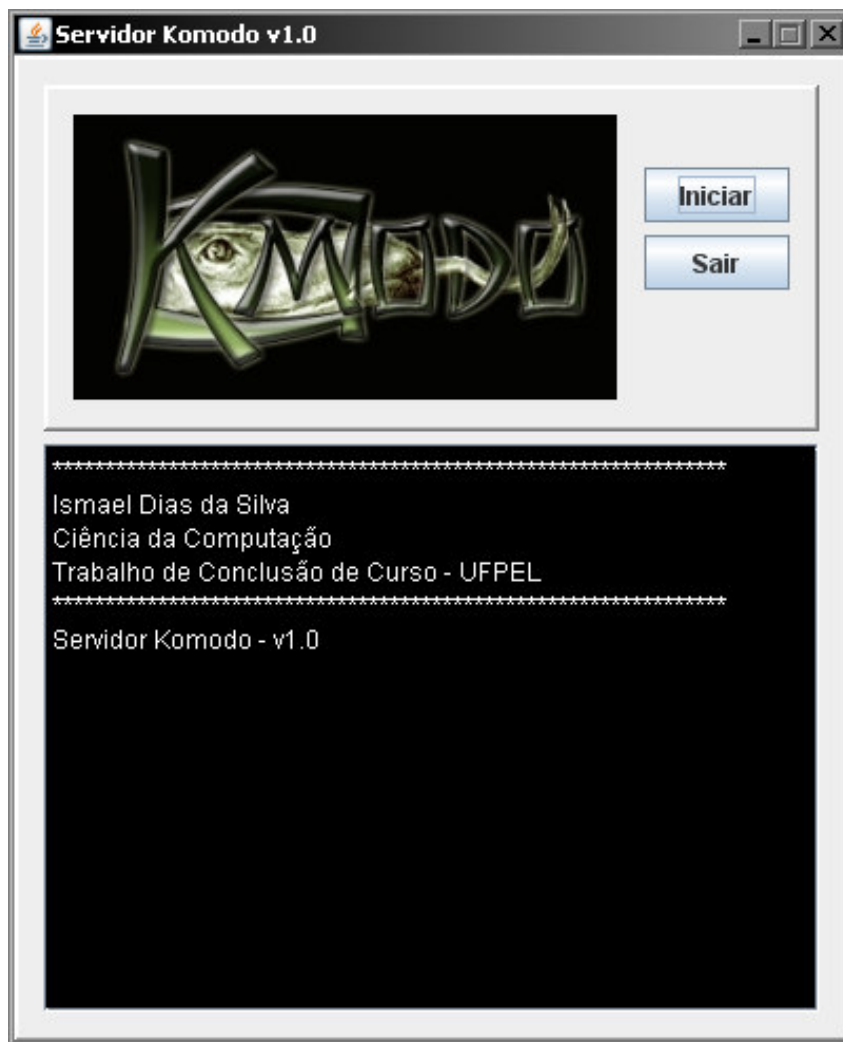


Figura 15 - Tela inicial do servidor Komodo

Para a comunicação com o cliente, foi necessário o uso de um adaptador *bluetooth* USB (*Universal Serial Bus*), pois o computador utilizado não possui um *chipset bluetooth* em sua placa-mãe.

O adaptador utilizado foi o modelo PC850 da empresa Motorola, e como qualquer outro adaptador *bluetooth*, disponibiliza, através da tecnologia *wireless*, a conexão entre o computador e o dispositivo, permitindo a transferência de dados, imagens, áudio.

O *software* do adaptador utiliza uma pilha (*stack*) própria para armazenar dados de status como endereços de retorno de chamadas de *procedures* e funções, parâmetros passados e etc., denominada *Widcomm Stack*.

Para estabelecer a conexão com o cliente, o servidor utiliza uma implementação JSR-82 para *Windows*, que age sobre a *Widcomm Stack* para que os aplicativos Java possam fazer uso da conexão *bluetooth*, a *Bluecove Stack*.

O controle domótico do servidor funciona através do envio de sinais para porta paralela. A figura 16 mostra a arquitetura da porta paralela, dividida em 25 pinos, 8 deles (D0-D7) pinos de saída de dados, que neste trabalho, são os mais importantes, pois é por onde o servidor atua.

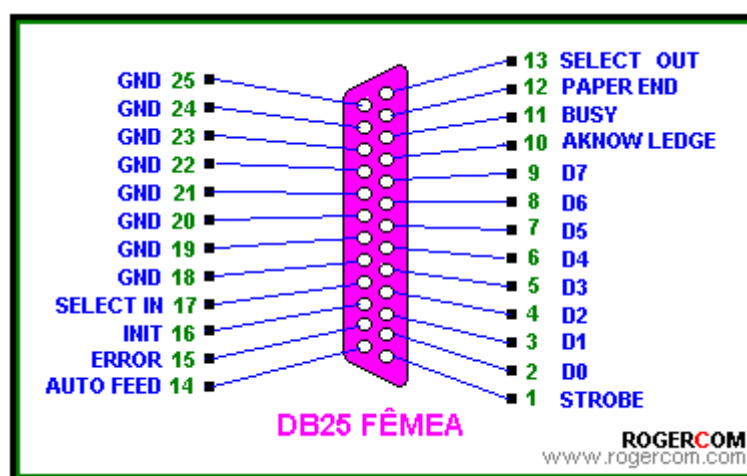


Figura 16 - Arquitetura da porta paralela sobre o conector DB25 fêmea

Após algumas pesquisas sobre como utilizar a porta paralela para acionar dispositivos externos, surgiu uma barreira quanto ao acesso da porta no *Windows XP*. Os sistemas operacionais *Microsoft* anteriores ao *Windows XP* permitiam o acesso da porta diretamente, porém o *Windows XP* bloqueia este acesso. Foi necessário então o uso do programa UserPort (EAS,2003) para que fosse liberado o acesso. A figura 17 apresenta a interface desta ferramenta.

Outro problema na programação do servidor, além do problema apresentado acima, foi à manipulação bit a bit na porta paralela em Java. Uma solução encontrada foi o uso de programação nativa, JNI (*Java Native Interface*). Com o *framework* JNI foi possível quebrar a barreira imposta pelo sistema operacional. A interface utilizada foi o *parport-win32* (Cid, 2002).

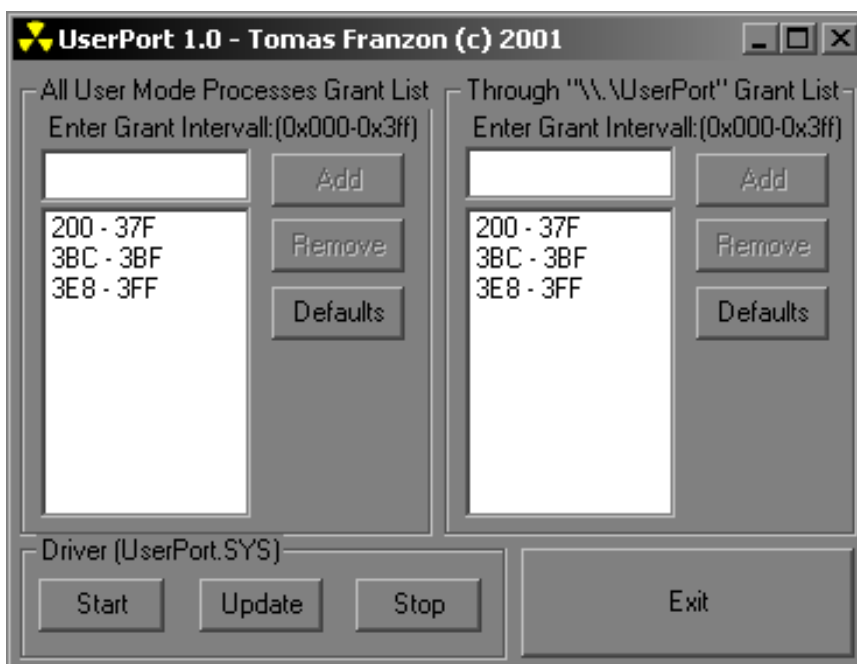


Figura 17 - Programa utilizado para liberar o acesso da porta paralela

4.4.3. PARTE FÍSICA DO SISTEMA

A terceira parte do sistema Komodo é atribuída à implementação em nível de *hardware*. Esta parte física do sistema é responsável pela automação propriamente dita.

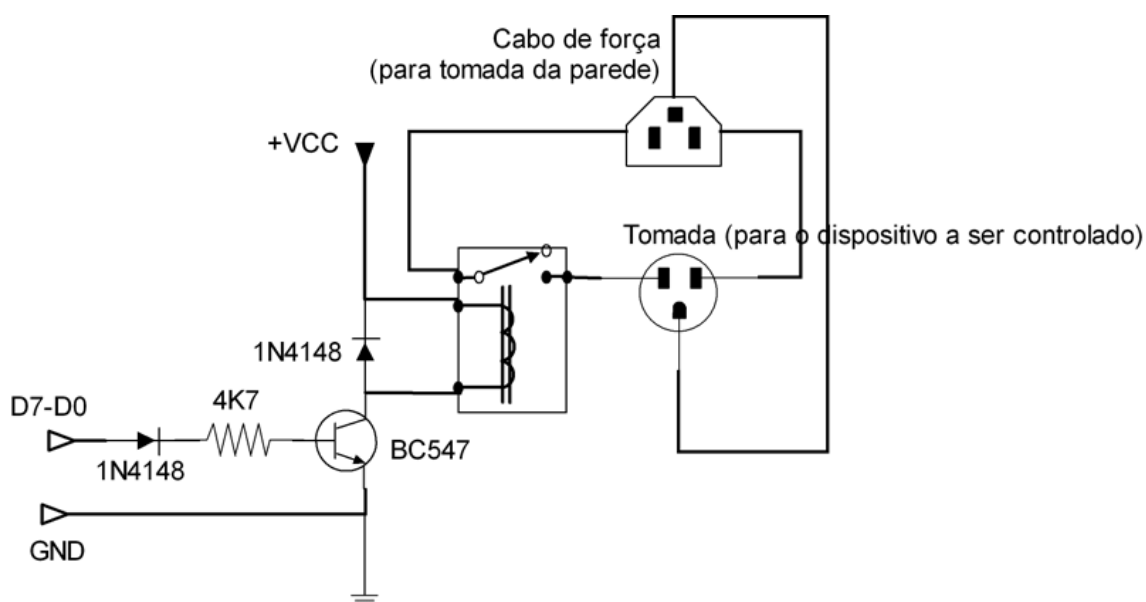


Figura 18 - Esquema do circuito de controle doméstico

Fonte: TORRES, 2005

A figura 18 mostra o esquema de circuito encontrado na página *Clube do Hardware* (TORRES, 2005), que serviu de base para o circuito desenvolvido.

Como visto no esquema da fig.18, o circuito contém um relé que faz a ponte entre o dispositivo a ser automatizado e a corrente elétrica da fonte de alimentação. O relé é chaveado por um transistor ligado ao pino 2 (D0) da porta paralela. Quando é enviado um sinal por este pino, o transistor permite a passagem da corrente, conseqüentemente aciona a bobina do relé fechando a ponte entre o dispositivo e a alimentação. Quando o sinal do pino 2 é suspenso, o circuito fica “aberto” e o dispositivo é “desligado”. Foram substituídos alguns componentes eletrônicos para maior eficiência do circuito. Foi adicionado um LED (*Light Emitting Diode*) para indicar quando o sistema está ligado, dois filtros de corrente e um fusível para segurança do sistema.

4.5. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA CLIENTE – SERVIDOR

Neste tópico será abordado o funcionamento do sistema cliente - servidor de maneira simultânea.

No servidor Komodo, após a tela inicial já apresentada anteriormente, são executados os comandos de inicialização, preparando o servidor para receber o cliente.

É realizada uma função que prepara a pilha *bluetooth* para estabelecer a conexão com o cliente e é passado também um número (UUID - *Universally Unique Identifier*) que identificará o servidor. É importante que este número seja o mesmo no dois aplicativos. A figura 19 mostra um trecho do código onde é passado o UUID.

```

18 | * @author Ismael Silva
19 | */
20 | public class DeepServer implements Runnable{
21 |
22 |     public final UUID uuid = new UUID(
23 |         "27012f0c68af4fbf8dbe6bbaf7aa432a", false);
24 |     public final String name = "KomodoServer";
25 |     public final String url = "btspp://localhost:" + uuid
26 |         + ";name=" + name
27 |         + ";authenticate=false;encrypt=false;";

```

Figura 19 - Trecho do código do servidor onde é passado o UUID.

A figura 20 apresenta a tela do servidor após a inicialização.

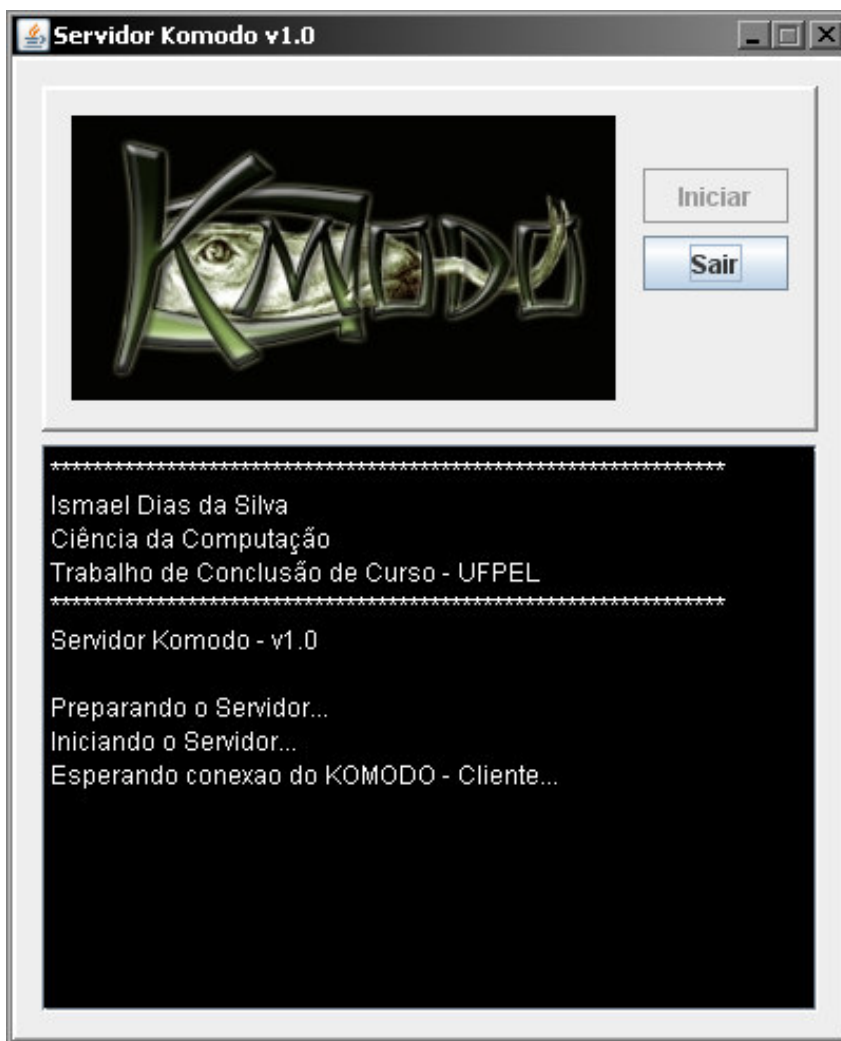


Figura 20 - Tela após o início do servidor

No cliente, a segunda tela possibilita ao usuário uma busca automática pelo servidor. Na busca, o cliente procura por parâmetros passados pelo servidor contendo o endereço do dispositivo *bluetooth* entre outros dados. Caso o servidor não tenha sido iniciado ainda, ou esteja fora da área de alcance do celular, ou ainda o *software* aplicativo *Widcomm* não esteja ativo, mensagens de erros são mostradas ao usuário, com suas respectivas explicações.

Em caso de sucesso, aparece ao usuário o nome do dispositivo disponível para iniciar conexão.

A figura 21 mostra a tela do cliente onde é apresentada a opção de busca pelo servidor.



Figura 21 - Tela após o início do cliente.

A seguir, o cliente exibe uma mensagem pedindo permissão para estabelecer conexão com servidor, neste momento é feita uma verificação se os dispositivos estão autorizados a se conectarem, conforme a figura 22.



Figura 22 - Tela de permissões

Nota-se que o servidor não solicita nenhuma senha de acesso, porém além dos dispositivos envolvidos necessitarem de um prévio pareamento ou emparelhamento (nome dado ao processo de reconhecimento mútuo estabelecido na conexão entre dispositivos onde é solicitado o PIN), o sistema cliente - servidor Komodo foi desenvolvido para que apenas um dispositivo estabeleça conexão por vez, tendo acesso somente se o número UUID dos dois dispositivos forem iguais.

A figura 23 apresenta um trecho do código do cliente onde são feitos os testes de troca de informação entre o sistema na busca mútua dos dispositivos, bem como o teste de disponibilidade do servidor.

```

public void inquiryCompleted(int param){
    switch (param) {
        case DiscoveryListener.INQUIRY_COMPLETED:
            if (devices.size() > 0){ //pelo menos um dispositivo encontrado
                services = new java.util.Vector(); //
                this.FindServices((RemoteDevice)
                devices.elementAt(0)); //testa se o dispositivo pode acessar //o serviço
            }else
                do_alert("Dispositivo fora de alcance",4000);
            break;
        case DiscoveryListener.INQUIRY_ERROR: // Erro de troca de informacao
            this.do_alert("Erro na busca" , 4000);
            break;
        case DiscoveryListener.INQUIRY_TERMINATED: // inquiry cancelado por
            this.do_alert("Busca cancelada" , 4000); // agent.cancelInquiry()
            break;
    }
}

```

Figura 23 - Trecho do código onde é feita a verificação de disponibilidade do servidor.

Assim sendo, o servidor após a permissão do cliente para conexão, apresenta uma mensagem na tela dizendo que o cliente está conectado como apresentado na figura 24.

Uma vez estabelecida a conexão, o usuário pode realizar as ações que deseja através dos botões “Liga” e “Desliga”, onde é enviado o sinal para acionar ou não o dispositivo (Fig. 25).



Figura 24 - Resposta do servidor à conexão do cliente



Figura 25 - Tela do cliente com ações ao dispositivo

O servidor interpreta o comando vindo do cliente e aciona ou interrompe o uso da porta paralela.

A figura 26 apresenta o trecho do código onde é ocorre a ativação do sinal enviado para porta paralela, fazendo uma chamada a classe “*ParallelPort*”, que através de programação nativa manipula o sinal e o aciona em nível de hardware.

```
2  import parport.ParallelPort;
3
4  class SimpleIO {
5      public static void inicializa (int sinal){
6          ParallelPort porta=new ParallelPort(0x378); //Acessa registro de dados.
7          porta.write(sinal);
8          System.out.println("Foi");
9      }
10 }
11
```

Figura 26 - Trecho do código onde ocorre a ativação do sinal enviado para porta paralela.

A conexão fica ativa até a finalização de uma das partes envolvidas, ou o cliente sair da área de alcance do servidor. Neste caso o dispositivo automatizado ficará no estado em que foi deixado.

Quando a conexão encerra, o servidor exibe uma mensagem mostrando que foi finalizado.

4.6. VALIDAÇÃO

Como este trabalho propõe uma demonstração da possibilidade domótica através de comunicação móvel, a validação baseia-se em testes simples realizados após a conclusão do sistema.

Primeiramente, foi realizada a instalação do cliente em dois celulares de modelos diferentes. Apesar do cliente Komodo ter sido desenvolvido para o celular Motorola A1200, o celular Motorola V3 executou o aplicativo de maneira bastante satisfatória, realizando a conexão e a manipulação domótica da mesma forma que o celular originalmente escolhido, apresentando apenas alguns erros com relação as

imagens exibidas no *display* do Motorola V3(o *midlet* foi desenvolvido nas medidas exatas do *display* do celular Motorola A1200 e por isso os erros de exibição), sem interferir diretamente na parte funcional do aplicativo.

Quanto ao servidor, foram realizados testes em três computadores do tipo *desktop* e um computador portátil. Todos os computadores possuíam processadores acima de 1,5Ghz de *clock* real e mais de 256 MB de memória. Apenas foram mantidos os requisitos necessários para o funcionamento do servidor: sistema operacional *Windows XP*; plataforma Java SE (maquina virtual, ambiente de execução...); bibliotecas e softwares necessários para manipulação da porta paralela e rede *bluetooth*.

Os testes realizados foram bem sucedidos, basicamente foram encontradas as mesmas respostas aos erros induzidos e os comportamentos foram semelhantes apesar da diferença de fabricantes do conjunto de *hardware*.

No que diz respeito ao circuito eletrônico para o controle propriamente dito, não foram feitas grandes modificações, apenas alguns componentes eletrônicos foram substituídos para permitir um melhor rendimento.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho envolveu vários conceitos que foram abordados ao longo do curso Ciência da Computação. Conceitos os quais, serviram de base para buscas por novas tendências.

O trabalho abordou, de uma forma geral, conceitos nas áreas de desenvolvimento de *software*, redes de computador, protocolos de comunicação, automação entre outras áreas, tendo como retorno, a implementação de um sistema satisfatório para o que foi proposto.

O sistema elaborado neste trabalho teve a finalidade de demonstrar uma possibilidade para automação residencial utilizando dispositivos móveis.

Fazendo uso das funcionalidades das tecnologias atuais, como as redes pessoais sem fio *bluetooth*, conciliado aos avanços na área de telecomunicação com o conceito de *smartphones*, pôde-se, através da linguagem de programação Java, obter-se um aplicativo para um dispositivo móvel que executasse a propriedade doméstica.

Para sua concretização foram feitos estudos referentes às tecnologias envolvidas com a programação e utilização desses dispositivos, focando os esforços para dispositivos de mais fácil acesso como os celulares, focando também a tecnologia J2ME e a comunicação sem fio *bluetooth*. Foram realizados estudos ainda na área de domótica, visando facilitar o uso deste conceito com o desenvolvimento de um sistema que fosse satisfatório.

Acredita-se no êxito deste trabalho em demonstrar tal possibilidade, com a implementação do sistema Komodo em um aplicativo para dispositivo móvel, um *software* aplicativo para *desktop* e um sistema físico para o controle doméstico, para exemplificar os conceitos abordados.

5.1. TRABALHOS FUTUROS

Espera-se futuramente, ampliar a portabilidade do sistema como um todo, disponibilizando-o para outros celulares e sistemas operacionais.

Atualmente o trabalho está limitado com relação ao controle do dispositivo domotizado, estando no controle de uma função e um dispositivo por vez. Futuramente poderá ser implementado um maior controle do dispositivo como, por exemplo, ligar a televisão, fazer a troca de canais e controle de volume. Também poderá ser ampliado o número de dispositivos controlados pela porta paralela, apesar de possuir 8 pinos de controle de saída (pinos D0-D7), com um circuito eletrônico próprio esta limitação pode ser ultrapassada e utilizada por exemplo para controle total de um ambiente.

Como este trabalho, almeja-se também, possíveis derivações para outras áreas, como auxílio a pessoas portadoras de deficiências, uma vez que a tecnologia *bluetooth* possui um leque vasto de possibilidades de operabilidade. O controle por um dispositivo móvel operando sobre *bluetooth* para automação de uma cadeira de rodas, por exemplo, ou a automação da mesma, por comando de voz conciliado a tecnologia *bluetooth*.

Também existem expectativas com relação ao controle do consumo de recursos naturais, tal qual energia elétrica e água.

REFERÊNCIAS

ALECRIM, E. - **Tecnologia Bluetooth**

Disponível em: <<http://www.infowester.com/bluetooth.php>>

Acesso em julho 2007

AMARAL, B. M.; MAESTRELLI, M. **Segurança em Redes Wireless 802.11**. [S.l.], 2004.

AMORY, A.; PETRINI, J. - **Sistema Integrado e Multiplataforma para controle remoto de residências**. 2001. Trabalho de Conclusão de curso – Faculdade Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BAUMANN, F.; JEAN-BART, B.; KUNG, A.; ROBIN, P. - **Electronic Commerce Services for Home Automation**. Disponível em <<http://www.trialog.com/emmsec9-97.pdf>>.

BEZERRA, E. A. Faculdade de Informática, **Acessando Dispositivos Externos com Computadores Pessoais**. Porto Alegre, RS: [s.n.], 2003.

BOLZANI, C. A. M. - **Desenvolvimento de um Simulador de Controle de Dispositivos Residenciais Inteligentes: Uma Introdução aos Sistemas Domóticos**. 2004 131f. Tese (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BLUETOOTH – **Bluetooth**

Disponível em: <<http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Learn/>>

Acesso em maio 2007

CID, J.G. D. - **Parallel Printer Port Access through Java**

Disponível em: <<http://www.geocities.com/Juanga69/parport/index.html>>

Acesso em junho 2007

EAS - **Embedded Acquisition Systems - UserPort** Disponível em:

<<http://www.embeddedtronics.com/public/Electronics/minidaq/userport/>>

Acesso em junho 2007

FERNADES, I. – **Tecnologias**

Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~ee99207/index.html>>

Acesso em agosto 2007

FERREIRA, A.B.H. - **Novo dicionário da língua portuguesa**. 12a. impressão. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975. p. 163.

HART, D. L.; HAAS, H.; MERLOTTO, W. F. **Bluetooth**. Ciência da Comunicação Foz do Iguaçu, PR: [s.n.], 2005.

IEEE - **Institute of Electrical and Electronics Engineers**

Disponível em: <<http://standards.ieee.org/wireless/overview.html#802.15>>

Acesso junho 2007

INTELIAR – **Projecto e Instalação de Sistemas Inteligentes Lda**

Disponível em: <<http://www.intelilar.com/>>

Acesso em maio 2007

KAMMER, D.; MCNUTT, G.; SENESE, B.; **Bluetooth Application Developer's Guide**: The Short Range Interconnect Solution, Syngress, 2002.

KUNG, A.; RAITHER, B. - **Electronic Commerce Services Expand Home Automation Capabilities**. Disponível em: < <http://www.trialog.com/emmsec6-99.pdf>>.

LAGO, A.B. - **Coleta de Dados para o Sistema SIG@Livre Utilizando Dispositivos Móveis 2006** - Trabalho de Conclusão de curso - Ciência da Computação - Universidade Estadual do Oeste do Paraná

LAROUSSE, **Grande Enciclopédia Cultural**. São Paulo: Larousse, 1995 e Nova Cultura Ltda, 1999. 24 v.

MAHMOUD, Q. H. - **Wireless Software Design Techniques** Disponível em: <<http://developers.sun.com/techtopics/mobility/midp/articles/uidesign/index.html>> Acesso em agosto 2007

MALIMA, - **Trilogia redes WiFi**

Disponível em: <<http://www.malima.com.br/wifi/wifitrigiawireless.asp>>

Acesso em maio 2007

MATEUS, G.R.; - **QoS em FiO** - Qualidade de Serviço em Comunicação sem Fio: Uma Abordagem Algorítmica e de Otimização

Disponível em: <<http://homepages.dcc.ufmg.br/~mateus/iniria/descricao.htm>>

Acesso em maio 2007

MICROSOFT, TechNet - **Descrição geral do funcionamento em rede sem fios**

Disponível em:

<<http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/windowsserver2003/pt-pt/library/ServerHelp/f2552467-f693-4c14-b421-49cb2491bb36.msp?mfr=true>>

Acesso em agosto 2007

MILLER, B.A.; BISDIKIAN, C.; - **Bluetooth Revealed**: The Insider's Guide to an Open Specification for Global Wireless Communications, 2000

MILLER, M. - **Discovering Bluetooth** 1.ed. Alameda, CA: SYBEX Inc., 2001. 189p.

MIYAGI, P. E.; BARRETO, M. P. R. **Domótica: Controle e Automação** Tomo II. VI Escuela Brasileño Argentina de Informatica. 1993.

MIYAGI, P. E.; VILLANI E.; - **Mecatrônica como Solução de Automação** - Revista Ciências Exatas, (Taubaté, SP) v. 9/10, n. 1-2,p. 53-59, 2003/2004.

MORIMOTO, C. E. **IrDA**.

Disponível em: <<http://www.guiadohardware.net/termos/irda>>.

Acesso em: abril 2007.

MOTOROLA – **Mototask A1200i** Disponível em:

<http://direct.motorola.com/PRL/web_producthome.asp?Country=BRA&language=PT&productid=30673>

Acesso em julho 2007

NECHO, Iran.M.; - **Comunicação sem fio**

Disponível em: <<http://www.geocities.com/zyxbbb/>> Acesso em maio 2007

NUNES, R.; SÊRRO, C. - **Edifícios Inteligentes: Conceitos e Serviços**

Disponível em: <<http://engenium.wordpress.com/2007/02/02/domotica-edificios-inteligentes/>> Acesso em junho 2007

PINHEIRO, C. J2ME - **Java para os portáteis**. 2003.

Disponível em: <<http://www.imasters.com.br/artigo/1539>>. Acesso em: abril 2007.

PINTO, Jim - **A short history of Automation growth**

Disponível em: <<http://www.automation.com/sitepages/pid1030.php>>.

Acesso em: abril 2007

QUIMERA, Bluetooth - **Soluções Sem Fio**

Disponível em: <http://www.quimera.com.br/artigo_014.asp>

Acesso em abril 2007

SILVA, A.J.S. - **As Tecnologias de Redes Wireless**

Disponível em: <<http://www.rnp.br/newsgen/9805/wireless.html>>

Acesso em junho 2007

SUN - **Java ME Technology**

Disponível em: <<http://java.sun.com/javame/technology/index.jsp>>

Acesso em julho 2007

TORRES, G. - **Construindo Protótipos Usando a Porta Paralela**

Disponível em: <<http://www.clubedohardware.com.br/artigos/1147>>

Acesso em junho 2007

WAGNER, R. - **Automation and Robotics** - Introductory Robotics Lectures for BCR Summer Camp –

Disponível em: <<http://teamster.usc.edu/~fixture/Robotics/Automation.htm>>

Acesso em julho 2007

ZIGBEE, Alliance – **Wireless control that simply works**

Disponível em: <<http://www.zigbee.org/en/index.asp>> Acesso em agosto 2007