

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA - COMUNICAÇÕES
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

DANIEL DESCALZO
FLÁVIA ANDRESSA JACINTO DA SILVA
GRAZIELA CANDICI CLEMENTE

RFID: ANÁLISE DA VIABILIDADE, VANTAGENS E DESVANTAGENS
DA TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA
DEMONSTRAÇÃO E TESTES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2011

DANIEL DESCALZO
FLÁVIA ANDRESSA JACINTO DA SILVA
GRAZIELA CANDICI CLEMENTE

**RFID: ANÁLISE DA VIABILIDADE, VANTAGENS E DESVANTAGENS DA
TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA
DEMONSTRAÇÃO E TESTES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica – Comunicações e Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.
Orientador: Prof. João Almeida de Gois

CURITIBA

2011

Daniel Descalzo
Flávia Andressa Jacinto da Silva
Graziela Candici Clemente

**RFID: ANÁLISE DA VIABILIDADE, VANTAGENS E DESVANTAGENS DA
TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA
DEMONSTRAÇÃO E TESTES**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica modalidade Comunicações e Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 04 de julho de 2011.

Prof. Cesar Janeczko
Coordenador dos Cursos de Tecnologia
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. Décio Estevão do Nascimento
Responsável pelo Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. José Ricardo Alcântara

Prof. João Almeida de Góis
Orientador

Prof. Sérgio Luiz Bazan de Paula

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter nos concedido a oportunidade de frequentarmos e concluirmos este Curso.

Ao nosso orientador, o Professor João Almeida de Góis, pelo incentivo, orientação e por todo o tempo e atenção que nos dispensou.

Aos nossos familiares, principalmente nossos pais, pois sem os quais não estaríamos aqui e também pelo apoio e compreensão quando estávamos ausentes nos dedicando à elaboração deste trabalho.

A todos os professores, pela dedicação e conhecimento compartilhado conosco ao longo do curso.

E a todos que de alguma forma nos ajudaram alcançar mais este patamar.

“Tornou-se chocantemente óbvio que a nossa tecnologia
excedeu a nossa humanidade”
(EINSTEIN, 1954)

RESUMO

CLEMENTE, Graziela Candici; DESCALZO, Daniel; SILVA, Flávia Andressa Jacinto da. RFID: Um estudo de tecnologias disponíveis para análise de viabilidade e utilização e montagem de protótipo para demonstração e testes. 2011. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica – Comunicações e Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba.

As empresas têm sido obrigadas a investirem cada dia mais em tecnologia para satisfazer de forma competitiva e segura às demandas oriundas do novo perfil dos consumidores e os novos anseios que a população vem apresentando atualmente. Com o desenvolvimento das tecnologias sem fio (*wireless*) nos últimos anos, a tecnologia RFID - *Radio Frequency Identification* (Identificação por Rádio Freqüência) tem ganho destaque e vem sendo adotada por estas empresas que buscam se manterem atualizadas. Este trabalho tem como objeto o conceito de comunicação sem fio, o estudo do sistema RFID apresentando suas características, componentes, funcionamento, padrões e vantagens. Além da elaboração de protótipo composto por software e hardware para demonstração do funcionamento, vantagem, praticidade e viabilidade da adoção da tecnologia em um ponto de venda. Serão abordadas também as características das tecnologias utilizadas no software e hardware do protótipo a ser apresentado.

Palavras-chave: RFID, Comunicação sem fio, C#, .NET Framework 4.

ABSTRACT

CLEMENTE, Graziela Candici; DESCALZO, Daniel; SILVA, Flávia Andressa Jacinto da. RFID: A study of technologies available for use and feasibility analysis and assembly of prototype for demonstration and testing. 2011. 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica – Comunicações e Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba.

Companies have been forced to invest more in technology every day to attend in a competitive and secure the demands arising from the new profile of consumers and changing needs that the population is showing today. With the development of wireless technologies (wireless) in recent years, RFID - Radio Frequency Identification has gained prominence and has been adopted by these companies that are looking to keep up. This work has as its object the concept of wireless communication, the study of RFID by presenting their characteristics, components, operation, standards and benefits. Was mounted a prototype with software and hardware in order to made a demonstration of the operation, advantages, practicality and feasibility of adopting a technology point of sale. Will be discussed also the characteristics of the technologies used in software and hardware of the prototype to be presented.

Key-Words: RFID, Wireless communication, C#, .NET Framework 4

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparação do sinal analógico e sinal digital.....	26
Figura 2 – Sinal binário, modulação em amplitude, modulação de frequência modulação de fase.....	28
Figura 3 – O espectro eletromagnético.....	30
Figura 4 – Exemplo das ondas de rádio omni-direcionais.....	32
Figura 5 - Família 802.x.....	39
Figura 6 – Padronização Global para redes sem fio.....	41
Figura 7 - Computação ubíqua.....	44
Figura 8 – Esquema do funcionamento de um radar.....	47
Figura 9 - Watson-Watt, com o primeiro aparelho de radar.....	47
Figura 10 – Um sistema RFID.....	50
Figura 11 - Diagrama geral de um sistema de Identificação por Rádio Frequência.....	50
Figura 12 - Layout básico de uma <i>tag</i>	51
Figura 13 – Componentes na <i>tag</i> RFID.....	51
Figura 14 - Componentes físicos de um leitor.....	57
Figura 15 – Componentes lógicos de um leitor.....	58
Figura 16 - Portal RFID.....	59
Figura 17 – Túnel RFID.....	59
Figura 18 – Exemplo de dispositivo portátil.....	60
Figura 19 – Exemplo de leitor em formato de empilhadeira.....	60
Figura 20 - Ponto de Venda de auto-atendimento.....	67
Figura 21 - Diagrama típico de leitor de <i>tags</i> RFID.....	69
Figura 22 - Diagrama de conexões.....	71
Figura 23 - Desenvolvimento gráfico com ferramentas RAD no Visual Studio 2010.....	74
Figura 24 - Desenvolvimento de código C# no <i>Visual Studio</i> 2010.....	75
Figura 25 - .NET <i>framework</i> em contexto.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das faixas de freqüências.....	35
Tabela 2 – Os grupos de trabalho do IEEE 802.....	40
Tabela 3 – Faixas de Freqüência RFID.....	54
Tabela 4 – Faixas de leitura por freqüência.....	54
Tabela 5 - Características do sistema RFID em várias freqüências.....	55
Tabela 6 - Normas ISO para a tecnologia RFID.....	62
Tabela 7 – Comparação do sistema de <i>RFID</i> com outros sistemas.....	65
Tabela 8 - Características do leitor RFID modelo AP25.....	70
Tabela 9 - Testes de leitura de <i>tags</i> RFID.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AT&T	<i>American Telephone and Telegraph</i>
C#	<i>C Sharp (Microsoft Programming Language)</i>
DB2	<i>Data Base 2 (IBM Data Base Language)</i>
ECR Brasil	<i>Efficient Consumer Response Brasil</i>
ECMA	<i>International European Computer Manufacturers Association International</i>
EPC Global	<i>Electronic Product Code (EPCglobal, Inc.)</i>
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
FCC	Federal Communications Commission
GS1	<i>Global Standards One</i>
HP	<i>Hewlett-Packard</i>
IBM	<i>International Business Machines</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IrDA	<i>Infrared Data Association</i>
IrMC	<i>Infrared Mobile Communications</i>
UFRRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
AM	<i>Amplitude Modulation</i>
AMPS	<i>Advanced Mobile Phone System</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
ASK	<i>Amplitude Shift Keying</i>
Auto-ID	<i>Automatic Identification</i>
bps	Bits por segundo
Bps	Bytes por segundo
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
cm	Centímetros
DB-9	Conector de 9 pinos
DSSS	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>
ECMS-334	<i>Electronic Copyright Management Systems</i>
EHF	<i>Extremely High Frequency</i>
ELF	<i>Extra Low Frequency</i>
EPC	<i>Electronic Product Code</i>
FDMA	<i>Frequency Division Multiple Access</i>
FM	<i>Frequency Modulation</i>
FSK	<i>Frequency Shift Keying</i>
FSO	<i>Free Space Optical</i>
2G	Sistema GSM de Segunda Geração
2,5G	Sistema GSM de Segunda Geração e meia
3G	Serviços Móveis de Telecomunicações Universais
GHz	Gigahertz
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile</i>
HEX	Hexadecimal
HF	<i>High Frequency</i>
HSCSD	<i>High Speed Circuit-Switched Data</i>
HSDPA	<i>High Speed Download Packet Access</i>
HSPA	<i>High Speed Packet Access</i>
Hz	Hertz - Unidade de medida para frequência

ID	Identificação
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IFF	<i>Identification Friend-or-Foe</i>
ISM	<i>Industrial, Scientific and Medical</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KHz	Kilohertz
Km	Quilômetros
Km/h	Kilômetros por hora
LAN	<i>Local Area Network</i>
LF	<i>Low Frequency</i>
m	Metros
mA	Miliampères
MAN	<i>Metropolitan Area Network</i>
Mbps	Mega bits por segundo
MBWA	<i>Mobile Broadband Wireless Access</i>
MF	<i>Medium Frequency</i>
MHz	Megahertz
Mobile-Fi	<i>Mobile Broadband Wireless Access</i>
NBR	Norma Brasileira
NMT-450	<i>Nordic Mobile Telephony em 450 MHz</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
PAN	<i>Personal Area Network</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PDV	Ponto de venda
PM	<i>Phase Modulation</i>
PSK	<i>Phase Shift Keying</i>
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
RAD	<i>Rapid Application Development</i>
RF	Rádio Frequência
RFID	<i>Radio Frequency Identification (Identificação por Rádio Frequência)</i>
RS 422	Padrão de comunicação serial
RS 485	Padrão de comunicação serial
RS`232	Padrão de comunicação serial
s	Segundos
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SHF	<i>Super High Frequency</i>
SO	Sistema Operacional
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TD-SCDMA	<i>Time-Division-Synchronous CDMA</i>
TI	Tecnologia da Informação
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
ULF	<i>Ultra Low Frequency</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications Service</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
V	Volts
VHZ	<i>Very High Frequency</i>
VLf	<i>Very Low Frequency</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
WCDMA	<i>Wideband Code Division Multiplex Access</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
COBOL	<i>Common Business-Oriented Language</i>
DAELN	Departamento Academico de Eletrônica
EAN	<i>Internatinal European Article Numbering International</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
SIG	<i>Bluetooth Special Interest Group</i>
WIMAX	<i>Fórum Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
RADAR	<i>Radio Detection And Ranging</i>
SWAP	<i>Shared Wireless Access Protocol</i>
Wi-MAX	<i>Wireless MAN</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 MÉTODO DE PESQUISA	17
1.5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2 COMUNICAÇÃO SEM FIO	22
2.1 HISTÓRIA DA COMUNICAÇÃO	22
2.2 PRINCÍPIOS BÁSICOS DA COMUNICAÇÃO SEM FIO	26
2.3 ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	30
2.4 FAIXAS DE FREQUENCIA PARA TRANSMISSÃO SEM FIO	31
2.4.1 Ondas de Rádio	31
2.4.2 MICROONDAS	32
2.4.3 Infravermelho	33
2.4.4 <i>Laser ou Free Space Optics (FSO)</i>	34
2.5 DISTRIBUIÇÃO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIA NO BRASIL	34
2.6 SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO	35
2.6.1 Telefonia móvel	35
2.6.2 <i>Bluetooth</i>	37
2.6.3 Tecnologia <i>HomeRF</i>	38
2.6.4 Padrão IEEE 802.11	38
2.6.5 Padrões IEEE 802.16 e IEEE 802.20	41
2.7 COMPUTAÇÃO MÓVEL, PERVASIVA E UBÍQUA	43
2.7.1 Computação Móvel	43
2.7.2 Computação Pervasiva	43
2.7.3 Computação Ubíqua	44
3 IDENTIFICAÇÃO POR RÁFIO FREQUÊNCIA (RFID)	45
3.1 DEFINIÇÃO	45
3.2 HISTÓRIA DO RFID	45
3.2.1 <i>RFID</i>	47
3.3 COMPONENTES DE UM SISTEMA RFID	49
3.3.1 Funcionamento	49
3.3.2 <i>TAG ou Transponder</i>	50
3.3.3 Leitor	56
3.3.4 <i>Middleware</i>	60
3.4 PADRÕES	61
3.4.1 EPCGLOBAL	63
3.5 VANTAGENS DA TECNOLOGIA RFID	64
4 SOLUÇÃO	66
4.1 PONTO DE VENDA (PDV)	67
4.2 <i>HARDWARE</i>	68
4.3 <i>SOFTWARE</i>	72
4.3.1 Introdução à programação	72
4.3.2 Plataforma <i>.NET framework</i>	76
4.3.3 Linguagens de programação	78
4.3.4 Banco de dados	80
CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICE A	90
APÊNDICE B	91
APÊNDICE C	92

1 INTRODUÇÃO

Diante da situação econômica atual, as necessidades pessoais (características fundamentais da sociedade do século XXI, como segurança, saúde, comunicação e conforto), ou profissionais, as crescentes exigências dos consumidores e a concorrência têm obrigado as empresas a serem cada vez mais competitivas e investirem em tecnologia para se manterem no mercado, por consequência os avanços tecnológicos são cada vez mais acelerados.

Com base nesse avanço tecnológico, aumenta também a busca pela maximização da produtividade e do aproveitamento dos recursos.

De acordo com Nogueira Filho (2005), “ser capaz de acompanhar a evolução das técnicas produtivas não é mais o único elemento chave para manter os produtos dentro do mercado consumidor”. O autor ainda diz que a rapidez e o grau de conformidade com os padrões, são fundamentais para as tomadas de decisões estratégicas e operacionais para manter a sustentabilidade e elevar os negócios das empresas.

O grande desafio da cadeia logística para as empresas é aumentar a eficiência e reduzir os custos, através da disponibilidade dos produtos no tempo certo e no local desejado, com o menor custo de operação. Por isso, empresas estão investindo consideravelmente em novas tecnologias com a finalidade de assegurar a eficiência dos processos na cadeia logística. A partir deste investimento, ano a ano ganham mais destaques as tecnologias emergentes como a de (RFID *Radio Frequency Identification*), já amplamente utilizada na cadeia logística das grandes empresas mundiais (ROSA, 2007).

A RFID é uma classe de tecnologia em que a troca de dados é realizada sem a necessidade de fios condutores. Tais dados são gravados em um chip (também chamado de *tag*, que significa etiqueta em inglês), lidos pelo leitor (também chamado codificador ou interrogador) que encaminha os sinais de Rádio Freqüência para uma antena. O encaminhamento dessas informações é automático, portanto,

não é necessária a intervenção de um operador para início de uma leitura RFID (INTERMEC, 2007a).

No trabalho iremos abordar as vantagens da tecnologia RFID sobre as tecnologias sem fio existentes atualmente e será desenvolvido protótipo para demonstração dessas vantagens. Para tal demonstração serão desenvolvidos: banco de dados, hardware e software específico para interface do usuário com o banco de dados. Será utilizado o software Microsoft Visual Studio 2010.

1.1 PROBLEMA

A dificuldade a ser resolvida será o estudo da tecnologia RFID, viabilidade e montagem de protótipo (kit demonstrativo), composto de *hardware* - componentes e equipamentos necessários, frequência a ser utilizada, área de cobertura, dentre outros e *software* para gerenciamento dos dados.

Será realizada pesquisa em busca de material de menor custo, para tornar o projeto viável.

A finalidade do projeto é a realização de estudo da tecnologia RFID, análise da viabilidade, vantagens e desvantagens da tecnologia e desenvolvimento de um sistema para demonstração e testes que seja:

- prático;
- que agilize o atendimento ao consumidor do serviço;
- que aumente a eficiência da logística.

Desta forma, aumentando a competitividade da empresa que oferecerá os serviços de RFID aos seus clientes.

1.2 JUSTIFICATIVA

A tecnologia RFID atualmente vem sendo amplamente estudada e inserida no cotidiano das pessoas. São diversas as vantagens oferecidas, entre as quais podemos citar:

- Maior segurança das informações sobre os produtos;
- Possibilidade de redução da mão-de-obra;
- Aumento da eficiência da cadeia de logística;
- A necessidade de maior agilidade no atendimento ao cliente.

A partir desta observação este projeto visa entender o funcionamento e verificar a usabilidade da tecnologia para aplicação da mesma.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Apresentar um protótipo, constituído por *hardware* que efetua a leitura dos produtos utilizando a tecnologia RFID e *software* que apresente informações referentes aos produtos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar pesquisa de técnicas, equipamentos e componentes utilizados na área de RF e RFID.
- b) Selecionar tecnologias, equipamentos, componentes e sistemas com base em critérios estabelecidos, tais como custo, agilidade, praticidade entre outros.
- c) Descrever a aplicação do sistema.
- d) Montar um protótipo para demonstração da utilização do sistema de RFID.
- e) Descrever o funcionamento do sistema.
- f) Ensaio e elaboração de relatório.

1.4 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia a ser utilizada será a pesquisa teórica, exploratória e bibliográfica, através de livros, páginas da internet, revistas e jornais, além de consultas a artigos científicos e pesquisa junto a empresas que utilizem e façam a venda da tecnologia.

A pesquisa junto às empresas será documentada em planilhas e relatórios.

Após estudo da teoria será iniciada a etapa de desenvolvimento do hardware do protótipo e a linguagem de programação para implementação do software que será o C#.

Será feito um banco de dados para exemplificação do protótipo e o software de desenvolvimento criado pela Microsoft, *Visual Studio 2010 Professional* será o ambiente para desenvolvimento do código, que fará a interface do usuário com o banco de dados.

1.5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Finkenzeller (2003), procedimentos de identificação automática (*Auto-ID*) se tornaram muito populares nos últimos anos em diversos setores de serviços, compras, logística de distribuição, indústria e sistemas de fluxo de materiais. A etiqueta de código de barras, que provocou uma revolução nos sistemas de identificação há tempos atrás, começa a ser considerada inadequada em um grande número de situações. Essas etiquetas têm a vantagem de ser extremamente baratas, mas seus maiores obstáculos são a baixa capacidade de armazenamento e não poderem ser reprogramadas.

A solução ideal seria o armazenamento de dados em um chip de silício e a transferência de dados entre o dispositivo de transporte de dados e o leitor utilizando a tecnologia sem contato.

Com relação a alguns usos práticos da tecnologia de RFID, a Intermec (2007b), diz:

“Mais que uma ótima tecnologia, RFID é uma excelente ferramenta de negócio que ajuda a gerenciar as cadeias de suprimentos, aumentar as margens e os lucros, e reduzir os custos.

Nos ambientes de produção e distribuição, a adoção da tecnologia RFID pode proporcionar:

- Ambientes de negócios mais precisos – sabendo exatamente a localização do estoque;
- Maior velocidade e produtividade;
- Redução de custos, tornando os preços mais competitivos”

Cruz (2010) diz que a tecnologia RFID tem feito cada vez mais parte do nosso cotidiano e cita que “muitas vezes temos esta tecnologia ao nosso lado, trabalhando por nós, e não nos atentamos a respeito disto. Ela está presente nas aplicações mais cotidianas e nas aplicações mais sofisticadas e complexas.”

Essa tecnologia pode ser implantada em diversas áreas, com as seguintes aplicações, por exemplo:

- Aeroportos;
- Remédios;
- Comércio;
- Pneus;
- Postal;
- Livros;
- Arquivamento (documentos / amostras);
- Controle de acesso;
- Animais;
- Veículos;
- Pessoas;
- Passaporte e documentos que exigem maior segurança, dentre outras

áreas.

Ahson e Ilyas (2008) dizem que a tecnologia RFID tem um amplo espectro de utilizações, sendo este um importante aspecto da mesma “pode ajudar organizações e indivíduos a realizar ganhos substanciais de produtividade e eficiência, mantendo a modularidade e a eficiência do sistema” e que, as áreas em que a tecnologia RFID vem aparecendo principalmente são a “logística, gestão da cadeia de abastecimento, seguindo de bibliotecas, implantes médicos, controle de acesso, segurança da aviação, e aplicações de segurança nacional”.

De acordo com a Intermec (2007a), das tecnologias que vêm sendo adotados atualmente pelas empresas, a que tem apresentado maior crescimento e maior vantagem é identificação por radiofrequência (RFID).

Dentre as diversas vantagens apresentadas entre a tecnologia RFID e outras tecnologias de coleta de dados. Podemos citar:

- monitoramento e coleta de dados em ambientes não favoráveis;
- leitura de diversos itens em alta velocidade;
- os dados de uma tag podem ser alterados constantemente;
- não é necessário um campo de visão direto entre a tag e o leitor;
- redução de mão de obra no controle de recursos e estoques, no monitoramento de processos, pois proporcionam precisão de dados em tempo real;
- pode ser usada em conjunto com outras tecnologias, como por exemplo, de Código de Barras e Wi-Fi (*Wireless Fidelity*).

Para Monteiro e Bezerra (2007) e Roberti (2011), há o consenso de que dentre as vantagens supracitadas, uma das mais importantes, está o fato da utilização nos ambientes inadequados para leitura. Finkezzeller (2003) falou:

“Etiquetas de códigos de barra podem ser extremamente baratas, mas a sua pedra de tropeço é a baixa capacidade de armazenamento e o fato de que elas não podem ser reprogramadas.”

Seufitelli et al. (2009) aponta que a tecnologia RFID está impressionando o mercado com as suas vantagens (eficiência e flexibilidade) e por isso vem aumentando o investimento nessa tecnologia em diversos setores.

“Pesquisas apontam um crescimento substancial no emprego da RFID visto que seu custo está reduzindo, fazendo com que o número de possíveis aplicações aumente.”

O desempenho da tecnologia RFID é determinado, dentre outros fatores, pelo alcance, frequência utilizada, memória dos chips, segurança, tipo de coleta de dados. É de grande importância entender estas características para alcançar o desempenho esperado para os tipos de solução RFID. De acordo com a Intermec (2007 a):

- O principal fator determinante do alcance (é a distância que deve haver entre a antena e a *tag* para leitura das informações armazenadas no chip da *tag*) de uma solução de RFID é a frequência;
- O alcance pode variar de centímetros até dezenas de metros, dependendo da frequência, potência de saída, sensibilidade direcional da antena;
- A HF (*High Frequency*) é usada em aplicações de curta distância, até três metros e a UHF (*Ultra High Frequency*) para distâncias até 20 metros ou mais;
- Com relação à distância também é necessário verificar se não existe no ambiente a presença de metais ou líquidos que possam causar interferência;
- Os chips de RFID são muito difíceis de serem falsificados.

A perda de privacidade, de acordo com Heckel (2007) está entre alguns mitos associados à utilização de RFID. Dentre esses mitos, o mais comum, encontrado na internet, é aquele que afirma que uma pessoa com uma *tag* RFID pode ser monitorada via satélite, entretanto, os leitores possuem uma faixa de leitura de apenas alguns metros, o que prova que esta afirmação não é verdadeira.

A identificação por radiofrequência pode ser dividida em duas categorias principais (PHILLIPS, 2005):

- Sistemas passivos, dos quais podemos citar como exemplo, sistemas de controle de acesso, que não possuem fonte de energia. A frequência de rádio é captada pela antena da *tag* e armazenada em um capacitor interno para poder transmitir as informações;
- Sistemas ativos, que possuem fontes de alimentação interna. São utilizadas aplicações como rastreamento de cargas e cobrança das postagens por via eletrônica.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 2 trataremos da literatura da comunicação sem fio, principais tipos de tecnologias sem fio existentes e padrões estabelecidos atualmente.

No capítulo 3 abordaremos a literatura da tecnologia que será utilizada para desenvolvimento do protótipo a que se destina este trabalho (conceito, histórico, vantagens e padrões empregados).

No capítulo 4 apresentaremos a solução utilizada para desenvolvimento do protótipo: o hardware e os softwares utilizados para desenvolvimento do projeto, com destaque para: Microsoft .NET Framework, C# e Microsoft Visual Studio 2010. Neste mesmo capítulo informaremos ainda os resultados obtidos a partir dos testes realizados no protótipo.

2 COMUNICAÇÃO SEM FIO

Neste capítulo vamos conhecer um pouco de comunicação sem fio, pois é o meio que o RFID opera.

Desde os primórdios da humanidade o homem buscou se comunicar com seus semelhantes. As informações geradas na mente de um ser humano são manifestadas fisicamente através de uma mensagem, que pode assumir várias formas, tais como sons, imagens, símbolos de um sinal telegráfico ou de um computador.

Para melhor entendimento do princípio da comunicação sem fio, vamos definir o que é comunicação. Segundo Ferreira (2009), comunicação é “Transmissão de informação de um ponto a outro por meio de sinais em fios ou em ondas eletromagnéticas”.

Serão abordados o histórico da comunicação, alguns termos e conceitos básicos referentes às ondas eletromagnéticas e a comunicação sem fio.

2.1 HISTÓRIA DA COMUNICAÇÃO

Ao longo da história da humanidade foram vários os sistemas de telecomunicações utilizados: a mensagem gritada e repetida em morros intermediários por “repetidores humanos”. Os sinais visuais com bandeirolas, tochas, espelhos e sinais de fumaça. Sinais audíveis como os de tambores e outras tantas formas de transportar a informação desde a fonte até o destino.

Segundo Barbosa e Rabaça (2001), telecomunicação pode ser definida como qualquer processo que permita a um emissor fazer chegar a um ou mais destinatários (caso da telefonia, telegrafia e radiodifusão), informações de qualquer natureza sob qualquer forma utilizável (sinais visíveis ou audíveis, sinais de comando de mecanismos, etc.), empregando qualquer sistema eletromagnético (transmissões com e sem fio, transmissão óptica, etc.), ou combinações desses diversos sistemas.

Durante o século XVIII segundo Tanenbaum (2003), foram dominantes os grandes sistemas mecânicos que acompanharam a Revolução Industrial. O século seguinte foi era das máquinas a vapor. Já no século XX as principais conquistas tecnológicas se deram no campo da aquisição, do processamento e da distribuição de informações. Viu-se a instalação das redes de telefonia em escala mundial, a invenção do rádio e da televisão, o nascimento e o crescimento da indústria de informática e o lançamento de satélites de comunicação.

Segundo Santini (2008), se hoje há tanta sofisticação na comunicação por radiofrequência, boa parte do avanço se deve a Robert Alexander Watson-Watt, que em 1935, foi o responsável por realizar grande aprimoramento nos sistemas de detecção e telemetria por rádio, mais conhecidos como RADAR (*Radio Detection And Ranging*). Este sistema é baseado na reflexão de ondas eletromagnéticas em objetos que estão distantes, permitindo assim sua localização. O primeiro radar foi construído na Alemanha por C. Hülsmeier, em 1904. Este equipamento foi considerado de difícil construção, baixa precisão e ineficiente localização de objetos.

O sistema de RADAR foi utilizado pelos britânicos durante a Segunda Guerra Mundial, pois previam com boa antecedência os ataques alemães. Conseguiram a capacidade de saber com precisão dados como a distância e velocidade dos bombardeiros inimigos.

A seguir está descrito um breve histórico da comunicação, em ordem cronológica (SUPER INTERESSANTE, 2005):

- A fala surge quando gestos, expressões faciais da Pré-História não são mais suficientes;
- A escrita libera o cérebro da tarefa de memorizar. Com ela, o saber pode ser acumulado fora do corpo e é possível deixar registros que serão vistos mesmo depois da morte. A palavra escrita torna-se sagrada e os livros, pilares das religiões;
- **8000 a.C.**- As primeiras inscrições em cavernas são desta data;
- **4000 a.C.** - Já havia serviço de correio entre chineses;
- **3500 a.C.** - Os egípcios criam os hieróglifos;
- **305 d.C.** - Primeiras prensas de madeira inventadas na China;
- **1450** - Jornais aparecem na Europa;
- **1452** - A prensa, inventada por Gutenberg em 1452, permitiu a reprodução fiel e a difusão de uma mesma mensagem;

- **1650** - Primeiro jornal diário aparece na Alemanha;
- **1730** – Descoberta da eletricidade por Benjamin Franklin;
- **1827** - Joseph Nicéphore Niépce faz a primeira fotografia de que se tem notícia;
- **1835** - O telégrafo elétrico é inventado por Samuel Morse;
- **1838** - Samuel Morse inventa o telégrafo;
- **1873** - James Clerk Maxwell, professor de física na Universidade de Cambridge, anunciou uma teoria matemática provando que a luz e o calor são formas de vibrações eletromagnéticas;
- **1876** - Alexander Graham Bell patenteia o telefone elétrico;
- **1885** - Heinrich Rudolph Hertz, físico alemão, demonstrou praticamente a existência de energia prevista por Maxwell em forma de ondas eletromagnéticas e confirmou suas previsões sobre omni-diretividade da propagação das ondas, suas propriedades de reflexão, refração e polarização;
- **1887** - Emile Berliner inventa o gramofone;
- **1888** - Aparece a câmera fotográfica de filme de rolo;
- **1890** - Eduardo Branly idealizou o primeiro detector de oscilações eletromagnéticas de sensibilidade suficiente para possibilitar a construção dos primeiros receptores de rádio de aplicação prática;
- **1894** - Oliver Lodge, físico inglês, descreveu suas próprias experiências e dispositivos usados para transmitir e receber sinais a várias dezenas de metros de distância;
- **1894** - Marconi inventa o rádio. Trinta anos depois, o veículo está no auge da sua popularidade;
- **1895** - Alexandre Popoff, físico russo, realizou as primeiras demonstrações públicas com seu transmissor e receptor. No ano seguinte, numa conferência pública, recebeu o primeiro radiograma transmitido por seu assistente que se encontrava num outro prédio da Universidade de São Petersburgo. O telegrama constava de duas palavras: "Heinrich Hertz";
- **1895** - Os irmãos Lumière inventam o cinema na França;
- **1896** - O italiano Guglielmo Marconi chegou a Londres, onde requereu uma patente do transmissor e receptor de radiocomunicações, recebendo-a;

- **1899** - Sucesso na transmissão sem fios do Código Morse através do canal da Mancha. A partir daí, fez muitas descobertas básicas na técnica radiofônica;
- **1899** - Primeira gravação magnética, ponto de partida de fitas cassete;
- **1910** - Thomas Edison faz a demonstração do primeiro filme sonoro;
- **1920** – Emissões de rádio na Grã-Bretanha, em fevereiro, e em Detroit nos Estados Unidos da America, em agosto;
- **1923** - A televisão é inventada por Vladimir Kosma Zworykin;
- **1927** - Primeira transmissão de televisão na Inglaterra;
- **1934** - Inventado o *videotape*;
- **1935** - Surgiu a modulação em frequência (FM) como alternativa para a modulação em amplitude (AM), reduzindo o desvanecimento;
- **1948** - Inventado o LP de vinil de 33 rotações;
- **Anos 70** - A *Federal Communication Commission* (FCC) alocou um espectro de frequências para os sistemas celulares. Nesse período a American Telephone and Telegraph (AT&T) lançou o sistema celular conhecido por *Advanced Mobile Phone System* (AMPS);
- **1971** - Surge o primeiro disquete de computador;
- **1976** - Inventado o computador pessoal Apple I;
- **1979** – Lançada a primeira rede celular no Japão;
- **1981** - Vendido o primeiro PC da IBM;
- **1983** - O sistema AMPS evoluiu para os padrões atuais com a primeira rede celular americana. Também surgiram os sistemas de transmissão digital;
- **1991** - Validação inicial dos padrões *Time Division Multiple Access* (TDMA) e *Code Division Multiple Access* (CDMA) nos Estados Unidos;
- **1992** - Introdução do sistema Global System for Mobile communication (GSM);
- **1994** - Início dos serviços TDMA e CDMA. Nasce a World Wide Web;
- **1995** - Início dos projetos para cobertura terrestre de satélites de baixa órbita;
- **1999 até os dias atuais** - Padrões de redes móveis (802.11, 802.15, 802.16, 802.20).

2.2 PRINCÍPIOS BÁSICOS DA COMUNICAÇÃO SEM FIO

Neste capítulo serão explicados alguns termos e conceitos básicos referentes a ondas eletromagnéticas e comunicação sem fio.

Segundo Tanenbaum (2003), toda a comunicação sem fio é baseada no princípio do movimento dos elétrons. Quando os elétrons se movem, criam ondas eletromagnéticas que podem propagar-se no espaço livre, até mesmo no vácuo. O número de oscilações de uma onda eletromagnética é chamado frequência e medido em Hertz (Hz). O comprimento de onda é a distância entre dois pontos máximos ou mínimos consecutivos.

Segundo Tittel (2003), “quando se discute comunicação de dados, os termos analógico e digital são freqüentemente empregados”. O termo analógico refere-se as informações que estão na forma contínua e o termo digital refere-se aos valores discretos, conforme mostra a figura 1.

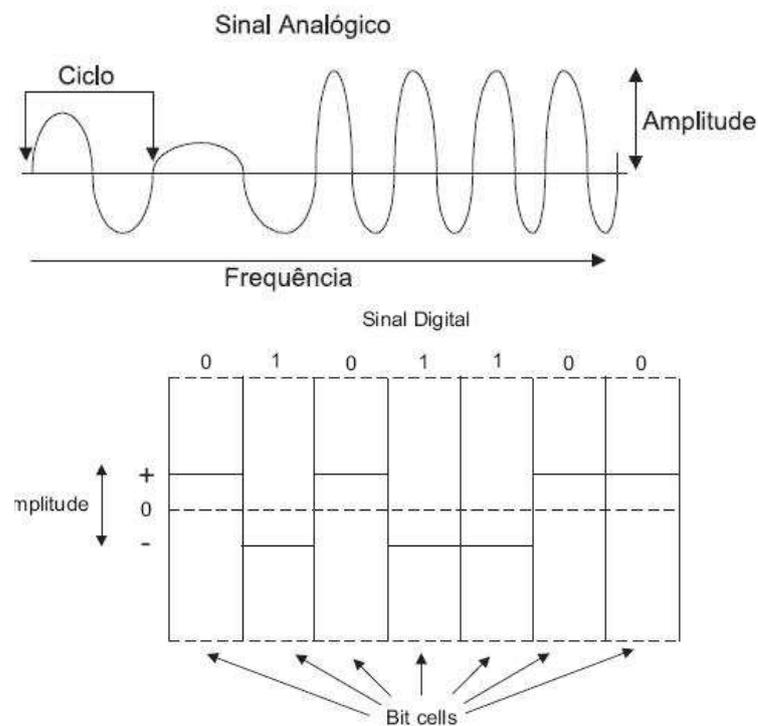


Figura 1 – Comparação do sinal analógico e sinal digital.
Fonte: Mateus; Loureiro (1998).

Os sinais analógicos e digitais são transmitidos para transportar informações e através da codificação, as propriedades dos sinais são alteradas para representar os dados.

A pesquisa sobre transmissão de sinais tem mostrado que, um sinal oscilando continuamente, consegue viajar mais longe se comparando a outros sinais. Para tirar vantagens desse fato, a maioria dos sinais, envia um sinal que oscila continuamente, chamado de portadora. Para enviar dados na presença deste sinal contínuo, o transmissor modifica ligeiramente a portadora para poder representar a informação. Esta modificação do sinal da portadora é chamada de modulação.

É possível identificar dois tipos básicos de modulação, de acordo com o tratamento da portadora, pelo sinal modulante. Temos a modulação analógica e a modulação digital.

Na modulação analógica a portadora é uma onda senoidal e o sinal modulante é um sinal analógico ou contínuo. As técnicas de modulação para sinais analógicos mais utilizados são:

- **Modulação de amplitude (AM – *Amplitude Modulation*)** – a amplitude da portadora é modificada para representar os dados. Este tipo de modulação pode sofrer mudanças repentinas de ganho;

- **Modulação de frequência (FM – *Frequency Modulation*)** – é utilizada nos rádios FM modificando-se a frequência da onda portadora para a representação dos dados. Este tipo de modulação não é suscetível aos erros encontrados na modulação em amplitude e é muito utilizada em transmissões de rádio de alta frequência;

- **Modulação por desvio de fase (PM)** – neste tipo de modulação o *timing* (comportamento no tempo) da onda portadora é modificado para a codificação dos dados.

Na modulação em amplitude, duas amplitudes diferentes são utilizadas para representar 0 e 1, respectivamente. Na modulação de frequência são usados dois ou mais sinais diferentes. Já na modulação de fase a onda portadora é deslocada de 0 ou 180 graus em intervalos uniformemente espaçados. Pode-se observar esses tipos de modulações na figura 2.

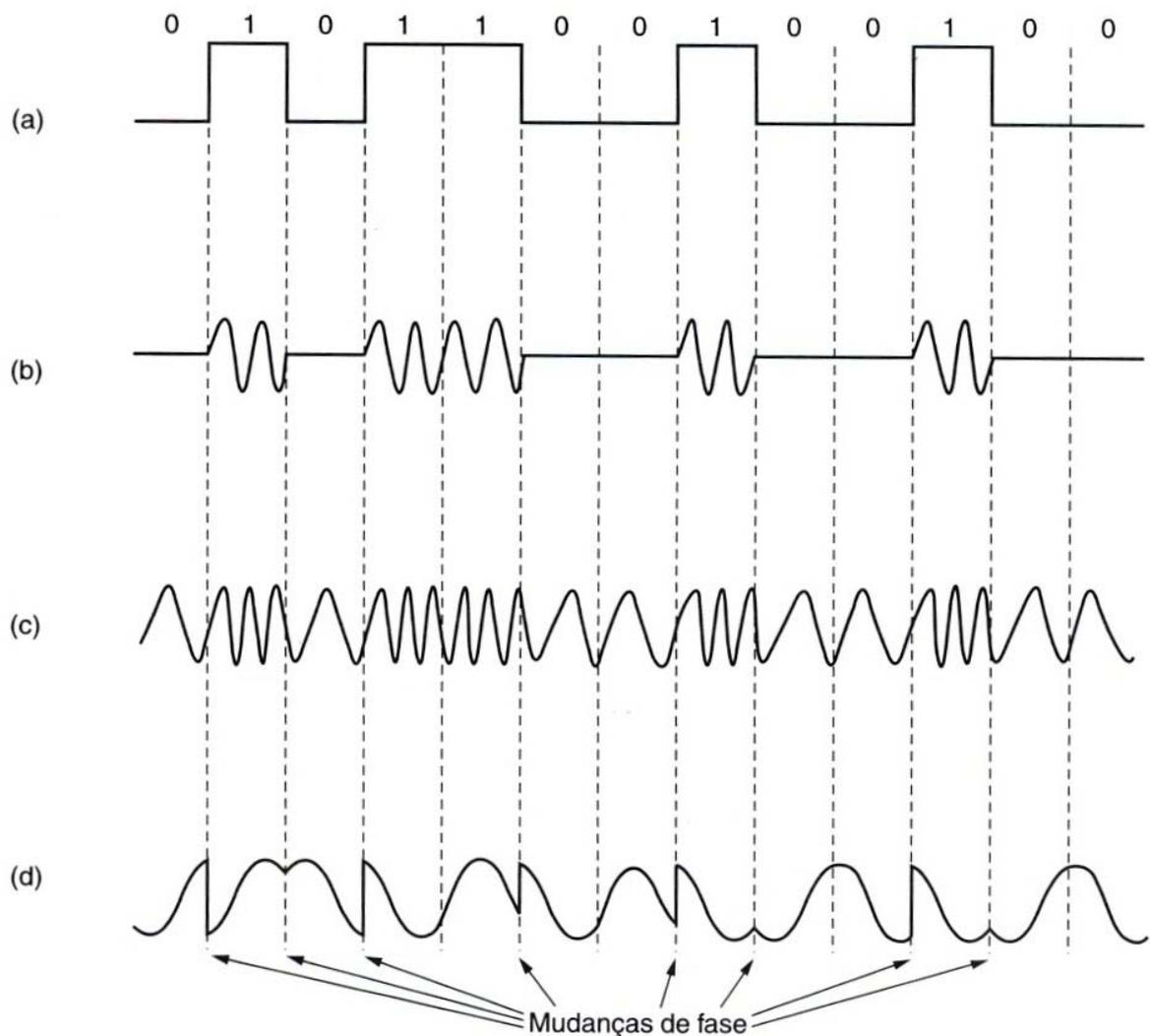


Figura 2 – (a) sinal binário, (b) modulação em amplitude, (c) modulação de frequência, (d) modulação de fase.

Fonte: Tanebaum, 2003.

Nos sistemas digitais o sinal modulante é uma forma de onda, que faz parte de um conjunto finito de valores discretos, representando um código. As principais formas de modulação para sinais digitais são:

- **Modulação por chaveamento de amplitude (ASK – *Amplitude Shift Keying*)** – esta modulação é o equivalente a analógica em amplitude (AM). Os valores são representados por diferentes amplitudes da portadora, sendo sensível a ruídos e distorções;

- **Modulação por chaveamento de frequência (FSK - *Frequency Shift Keying*)** – esta variação é utilizada na modulação FM. Transmite dados em baixas capacidades e é menos suscetível a ruídos;

- **Modulação por chaveamento de fase (PSK – *Phase Shift Keying*)** - é utilizada pela modulação PM, que sofre alterações na fase para representar a informação a ser enviada;

- **Chaveamento por deslocamento de fase de quadratura (QPSK – *Quadrature Phase Shift Keying*)** – com quatro deslocamentos de fase possíveis pode transmitir dois bits por símbolo (período);

- **Modulação por amplitude de quadratura (QAM – *Quadrature Amplitude Modulation*)** – nesta modulação pode ser usada, por exemplo, quatro amplitudes e quatro fases, somando um total de 16 combinações diferentes, transmitindo assim quatro bits por símbolo. Ela é chamada de QAM-16. Também são usadas QAMs de ordem mais alta (QAM-64).

Quando essas informações chegam ao seu destino, elas passam pelo processo contrário, chamado de demodulação.

Salienta-se a importância da modulação como o processo que assegura a transmissão de um sinal de mensagem através de um determinado canal. Outro importante benefício é a multiplexação.

Segundo Haykin (2001), “a multiplexação é o processo de combinação de diversos sinais de mensagem, para que sejam transmitidos simultaneamente pelo mesmo canal”. Os três principais métodos de multiplexação são:

- ***Frequency Division Multiple Access (FDMA)* ou Múltiplo Acesso por Divisão de Frequência:** os sinais são transmitidos por meio de portadoras, usando diferentes frequências centrais de radiofrequência. Este tipo de multiplexação limita o espectro, por utilizar um canal por portadora ou usuário, e as transmissões apresentam baixa privacidade;

- ***Time Division Multiple Access (TDMA)* ou Múltiplo Acesso por Divisão de Tempo:** uma portadora divide vários canais, assim, há o aumento do número de usuários compartilhando o mesmo canal;

- ***Code Division Multiple Access (CDMA)* ou Múltiplo Acesso por Divisão de Código:** é um modo de multiplexação onde diferentes usuários compartilham a mesma portadora. Conforme Jardim (2007), o CDMA consegue atingir uma grande capacidade de usuários pela utilização de um código de espalhamento espectral de sinal diferente para cada comunicação.

2.3 ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Segundo Jardim (2007), as ondas eletromagnéticas são emitidas pela matéria em determinadas condições. Elas podem ser geradas quando são aplicadas correntes elétricas alternadas, em fios de cobre em uma bobina de um equipamento transmissor. As variações elétricas emitem ondas eletromagnéticas, com a mesma frequência da corrente alternada aplicada. Esta experiência foi realizada por Heinrich Rudolf Hertz, em 1888.

As ondas eletromagnéticas são utilizadas em todos os ramos da ciência. Tanto a luz infravermelha, quanto as ondas de rádio são iguais. A diferença de uma onda eletromagnética para outra é a sua frequência.

“Espectro eletromagnético é o intervalo completo da radiação eletromagnética, que contém ondas de rádio, o infravermelho, a luz visível, os raios ultravioletas, os raios X e a radiação gama”. (JARDIM, 2007).

Segundo Tanenbaum (2003), as ondas ideais para serem usadas na área da comunicação são as de frequência mais baixa, por exemplo, as ondas de rádio até a frequência da luz visível, pois podem ser moduladas e não apresentam perigo para os seres humanos, conforme figura 3.

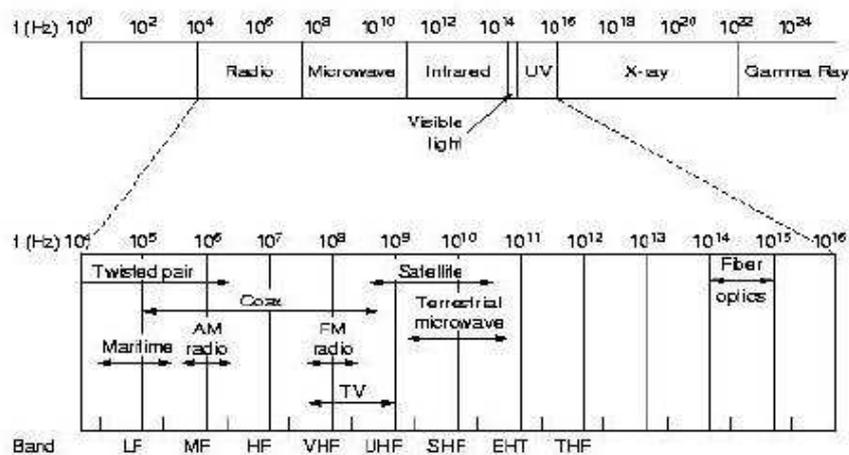


Figura 3 – O espectro eletromagnético.

Fonte: Tanenbaum, 2003.

As frequências podem variar da seguinte forma:

- **EHF-** (*Extremely High Frequency*) - Frequência Extremamente Alta: 30-300 GHz;
- **SHF-** (*Super High Frequency*) – Frequência Super Alta: 3-30 GHz;
- **UHF-** (*Ultra High Frequency*) – Frequência Ultra Alta: 0.3-3 GHz;
- **VHF-** (*Very High Frequency*) – Frequência Muito Alta: 30-300 MHz;
- **HF-** (*High Frequency*) – Frequência Alta: 3-30 MHz;
- **MF-** (*Medium Frequency*) – Frequência Média: 0.3-3 MHz;
- **LF-** (*Low Frequency*) – Frequência Baixa: 30-300 KHz;
- **VLF-** (*Very Low Frequency*) – Frequência Muito Baixa: 3-30 KHz;
- **ELF-** (*Extra Low Frequency*) – Frequência Extra Baixa: 3-3000 Hz;
- **ULF-** (*Ultra Low Frequency*) – Frequência Ultra Baixa: menor que 3 Hz.

2.4 FAIXAS DE FREQUENCIA PARA TRANSMISSÃO SEM FIO

As formas de transmissão sem fio (*wireless*) podem ser assim classificadas como seguem os próximos tópicos.

2.4.1 Ondas de Rádio

As ondas de rádio são fáceis de gerar, podem percorrer longas distâncias e são por natureza omni-direcionais, ou seja, elas viajam em todas as direções a partir da fonte.

As propriedades das ondas de rádio dependem da frequência. Em baixas frequências, as ondas atravessam os obstáculos, mas a potência cai conforme a medida que a distância da fonte aumenta. Já em altas frequências, as ondas de rádio viajam em linha reta, mas ricocheteiam nos obstáculos. E em todas as frequências, elas estão sujeitas a interferência de motores e outros equipamentos elétricos (ENCICLOPÉDIA BARSA UNIVERSAL, 2007).

Nas bandas VLF (*Very Low Frequency*), LF (*Low Frequency*) e MF (*Medium Frequency*), as ondas se propagam perto do solo, como mostra a figura 4.

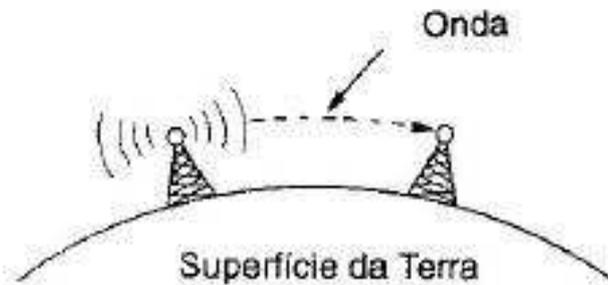


Figura 4 – Exemplo das ondas de rádio omni-direcionais.
Fonte: Tanebaum, 2003.

Nas bandas HF (*High Frequency*) e VHF (*Very High Frequency*), as ondas propagam ao longo do solo tendem a ser absorvidas pela terra. No entanto, as ondas que alcançam a ionosfera (altura de 100 a 500 km) são refratadas por ela e enviadas de volta a Terra. Os operadores de radioamador utilizam essas bandas para comunicações a longas distâncias.

2.4.2 MICROONDAS

Este tipo de frequência opera nas mais altas escalas do espectro eletromagnético, entre 2 e 40 GHz.

Como os sinais de microondas viajam em linha reta, segundo Gallo e Hancock (2011), o transmissor e o receptor precisam estar em linha de visada direta, ou seja, deve ser possível a visão de cada uma das extremidades, sem nenhum obstáculo entre as mesmas. Caso não estejam em visada direta, devido ao pequeno comprimento de onda os sinais de microondas degradam ao encontrar uma obstrução.

Até mesmo gotas de orvalho na atmosfera atenuam os sinais de microondas. Sistemas de microondas usam antenas em torres distantes em no máximo 30 milhas, umas das outras. Com o impacto da curvatura da Terra nas linhas de visada, quanto mais alta a torre, maior o alcance.

Taxas de transmissão de dados por microondas ficam tipicamente na faixa de 45 Mbps (mega bits por segundo). Nos sistemas de identificação por radiofrequência, são consideradas microondas frequências acima de 3 GHz.

2.4.3 Infravermelho

A Associação de Dados Infravermelhos – IrDA (*Infrared Data Association*) estabeleceu vários padrões de comunicação através de luz infravermelha, onde o IrDA-Data e o IrMC (*Infrared Mobile Communications*) são os mais importantes.

Segundo Araújo (2003), o padrão IrMC define como transmitir dados de voz, *full-duplex*, por um enlace IrDA. A tecnologia baseada em infravermelho suporta apenas conexão ponto-a-ponto.

Com alcance de curta distância, de até um metro, com ângulo estreito entre o transmissor e o receptor – cone de visão de 30°. Qualquer sinal fora deste ângulo não será recebido.

Os desenvolvedores do IrDA sustentam que o padrão deve suportar um ângulo de visão de 60°, o que possibilitaria suporte a um número maior de serviços, tais como: a conexão de *mouse*, *joystick*, etc., no computador. O início da troca de dados requer que os dispositivos estejam em linha direta de visão, uma vez que os raios infravermelhos não atravessam objetos sólidos. Estas duas características da tecnologia de comunicação infravermelho representam suas principais desvantagens.

O infravermelho é adequado para conexões de dados de alta velocidade, por exemplo, quando se quer conectar um dispositivo a uma rede com fio. Tipicamente, os dispositivos que utilizam a conexão IrDA são os periféricos de computadores (*modems*, impressoras, *scanners*, etc.), além de celulares, relógios, equipamentos industriais, etc. O infravermelho tem uma base de instalação bastante grande, entretanto é raramente utilizado, pois no período de sua implantação ainda existiam alguns erros.

Nos serviços de fala, suporta apenas um canal digital de voz. Apesar das limitações, a IrDA tem algumas características interessantes como a largura de

banda, de 4 a 16 Mbps, característica superior a primeira versão do *Bluetooth* que suportava até 1Mbps.

2.4.4 Laser ou Free Space Optics (FSO)

A comunicação por *laser* é unidirecional, possui grande largura de banda, fácil instalação, baixo custo e não necessita regulamentação. Tem a desvantagem de que os feixes de raio *laser* não podem atravessar chuva ou neblina espessa, funcionando bem somente em dias ensolarados, com um porém, em dias muito quentes as formações de correntes de convecção do ar podem desviar os feixes, fazendo que eles “dancem” em torno do detector.

Os sistemas de comunicação óptica por meio do espaço livre, comumente são denominados de sistemas FSO (*Free Space Optics*). Estes servem para estabelecer enlaces de comunicação do tipo *wireless*, ponto-a-ponto, a uma elevada taxa de dados e com alcances que podem variar de algumas centenas de metros, até alguns quilômetros (FAHIM, 2007).

2.5 DISTRIBUIÇÃO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIA NO BRASIL

A ANATEL, Agência Nacional de Telecomunicações, é o órgão regulador das telecomunicações no Brasil.

Sua principal função é atribuir faixas de frequências, conforme acordos internacionais, atender o interesse público e desenvolver as telecomunicações no Brasil. “Compete a ANATEL editar e atualizar Plano com a Atribuição, Distribuição e Destinação de Radiofrequências associadas aos diversos serviços e atividades de telecomunicações.”. (ANATEL, 2010, pg. 9).

A ANATEL possui uma tabela de atribuição, destinação e distribuição de radiofrequências, para administrar o uso das mesmas. Tude (2003) define esses termos como:

- **Atribuição:** quando uma dada faixa de radiofrequência é inscrita para uso sob condições específicas;
- **Destinação:** quando um sistema ou serviço de telecomunicações é inscrito, vincula-se esse sistema a utilização de determinada faixa de frequência;
- **Distribuição:** inscrição de uma radiofrequência, faixa ou canal para uma determinada área geográfica.

A tabela 1 classifica as faixas de frequência.

Tabela 1 – Classificação das faixas de frequências.

	Faixas de frequências
KHz	até 29700kHz
MHz	29,7 a 10000MHz
GHz	10 a 1000GHz

Fonte: Tude (2003).

2.6 SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

Rádio em inglês é sinônimo de *wireless* (sem fio). Nos últimos anos, segundo Siqueira (2008), assistimos a explosão do telefone celular e das redes locais sem fio.

A rede *Bluetooth* integra dispositivos e periféricos de computador. A rede *Wi-Fi* cobre distâncias de até 50 metros em banda larga. A rede *Wi-MAX*, a mais recente delas, talvez seja a rede local sem fio do futuro, um novo padrão para acesso local sem fio de longo alcance.

2.6.1 Telefonia móvel

Segundo Siqueira (2008), os primeiros sistemas de telefonia móvel eram analógicos, precários, de baixa capacidade e de alto custo. Os primeiros sistemas celulares nascidos na Europa eram totalmente incompatíveis, o que impedia sua expansão por grandes regiões.

Um dos primeiros sistemas de telefonia móvel celular foi o escandinavo, conhecido pela sigla NMT-450 (*Nordic Mobile Telephony* em 450 MHz). Os aparelhos pesavam quase 10 quilos e suas baterias não duravam mais que 30 minutos.

Dois anos depois, inaugurou o primeiro serviço comercial das Américas, totalmente analógico, feito pela AT&T, em Chicago, no dia 13 de outubro de 1983. A tecnologia utilizada se chamava *Advanced Mobile Phone System* (AMPS), a mesma tecnologia adotada inicialmente pelo Brasil a partir de 1990.

A segunda geração chega ao Brasil em 1997, já totalmente digital. São os telefones celulares atuais, que tem maior velocidade, maior estabilidade e duas variantes tecnológicas: o CDMA, o TDMA e o GSM (*Global System for Mobile*), incompatíveis entre si.

A geração G2,5, segundo Araújo (2011), refere-se aos sistemas celulares com serviços e taxas adicionais àquelas oferecidas pelos sistemas G2, baseados no GSM, porém ainda não caracterizados como G3. A geração G2,5 compreende: o Serviço Geral de Radio por Comutação de Pacote – GPRS (*General Packet Radio Service*) e dados a alta velocidade por comutação de circuito - HSCSD (*High Speed Circuit-Switched Data*).

A partir de 2001 começa a transição da segunda para a terceira geração. Os celulares já oferecem acesso móvel à internet com uma velocidade de 3,6 Mbps. Essa velocidade não é garantida na prática aos usuários, porque o sistema é compartilhado entre os usuários.

A terceira geração continua evoluindo com a tecnologia HSDPA (*High Speed Download Packet Access*), para serviços de *download* e com a tecnologia HSUPA (*High Speed Upload Packet Access*), para serviços de *upload*. Esses dois avanços evoluíram para a comunicação bidirecional (*download* e *upload*) que se chama simplesmente HSPA (*High Speed Packet Access*), com velocidades que vão de 7,2 Mbps, 14,4 Mbps e 28,8 Mbps.

O grande salto da terceira geração é o uso quase ilimitado da banda larga. Com isso, as operadoras podem oferecer serviços mais rápidos de acesso à internet, mais interatividade, melhores transmissões de vídeo e imagem, jogos sofisticados, serviços de localização combinando GPS (*Global Positioning System*) com triangulação de antenas, serviços de informação, rádio FM, câmera digital de foto e vídeo de alto padrão e serviços muito mais inteligentes.

Diversas empresas já alcançaram em 2008 a marca de 300 Mbps. Já acima de 20 ou 30 Mbps o celular está ingressando na chamada quarta geração, que se caracteriza pela interligação de redes.

No cenário mundial, o padrão 3G é chamado de Serviço Móvel de Telecomunicações Universal (UMTS – *Universal Mobile Telecommunications Service*), que usa a tecnologia WCDMA (*Wideband Code Division Multiplex Access*). Apenas a China terá uma variante deste padrão, o TD-SCDMA (*Time-Division-Synchronous CDMA*).

2.6.2 Bluetooth

Bluetooth é uma tecnologia para conexão sem fio a curta distância de dispositivos como celulares, *palmtops*, fones de ouvido, microfones, teclados, etc.

Segundo Jardim (2007), ela foi desenvolvida inicialmente pela Ericsson (1994), em seguida ganhou suporte da Intel, IBM, Toshiba, Nokia, Lucent, Motorola entre outras empresas que vieram a formar o Bluetooth Special Interest Group (SIG). Um rei da Dinamarca, Harald Blatand (*Bluetooth*, em inglês), serviu de inspiração para o nome, pois simbolizava a união de diferentes grupos de pessoas.

O *Bluetooth* opera na faixa de frequências de 2,4 GHz a 2,483 GHz, pois não precisa de autorização de órgão regulamentadores para ser utilizada. Adotou o espalhamento espectral por salto de frequência de modo a garantir uma comunicação robusta e compartilhada com outras aplicações. Ele poderia ser comparado a um USB (*Universal Serial Bus*) *wireless* em que um dispositivo mestre se comunica com os seus periféricos. A diferença é que no *Bluetooth* qualquer dispositivo pode assumir o papel de mestre e montar sua própria rede de periféricos, denominada *piconet*.

Uma rede *piconet* é uma rede *Bluetooth* formada por até oito dispositivos, sendo um mestre e os demais escravos. Todos os dispositivos estão sincronizados ao relógio e a seqüência de salto de frequência do mestre.

2.6.3 Tecnologia *HomeRF*

A *HomeRF* é uma iniciativa do grupo de trabalho HomeRF, um consórcio liderado por uma empresa parcialmente possuída pela Intel, a Proxim. Outras empresas participantes incluem: Motorola, Compaq, Intel, Cayman, etc. A tecnologia *HomeRF* foi projetada tendo em mente redes pequenas de baixo tráfego, em residências e pequenos ambientes comerciais. Visa à comunicação entre o PC e seus periféricos, bem como entre dispositivos inteligentes de uma residência. Ela não é projetada para a comunicação entre dispositivos portáteis (outras tecnologias, como o *Bluetooth*, são melhores para isso), tampouco para a formação de redes.

Segundo Araújo (2011), *HomeRF* é baseada no Protocolo de Acesso Sem Fio Compartilhado – SWAP (*Shared Wireless Access Protocol*), que suporta seis canais de voz baseados no padrão DECT (*Digital Enhanced Cordless Telephone*), além de um canal de dados baseado na especificação IEEE 802.11.

Versões atuais da *HomeRF* suportam velocidades de até 10 Mbps. Assim como o *Bluetooth*, a *HomeRF* utiliza a faixa de frequência ISM - Médico-Científica-Industrial de 2,45 GHz. Para minimizar os problemas de interferência, os rádios *HomeRF* utilizam espalhamento do espectro por salto de frequência. As conexões são do tipo ponto-a-ponto com alcance de 25 a 60 metros. Como tem alto consumo de energia, não é adequada para utilização em dispositivos portáteis. Não se integra facilmente a outras redes sem fio existentes. Entretanto, seu custo é relativamente baixo, de fácil de instalação, além de não exigir ponto de acesso.

2.6.4 Padrão IEEE 802.11

Segundo Sanches (2007), o “*Institute of Electrical and Electronics Engineers*” (IEEE), mais conhecido por sua sigla (I-três-E), é a maior sociedade técnica profissional do mundo, englobando perto de 150 países e mais de 380.000 membros nas comunidades da eletrônica, eletricidade e computação.

O IEEE 802 especifica as duas camadas mais baixas no modelo OSI - Interconexão de Sistemas Abertos, onde esta a camada física e a de enlace de dados. O modelo OSI foi criado para comunicação de dados em um sistema aberto.

O padrão 802.11 é um membro da família do IEEE, que é uma série de especificações para a tecnologia de rede local (LAN – *Local Area Network*). A relação entre os vários componentes da família 802 e o suas classificações no modelo OSI estão na figura 5.

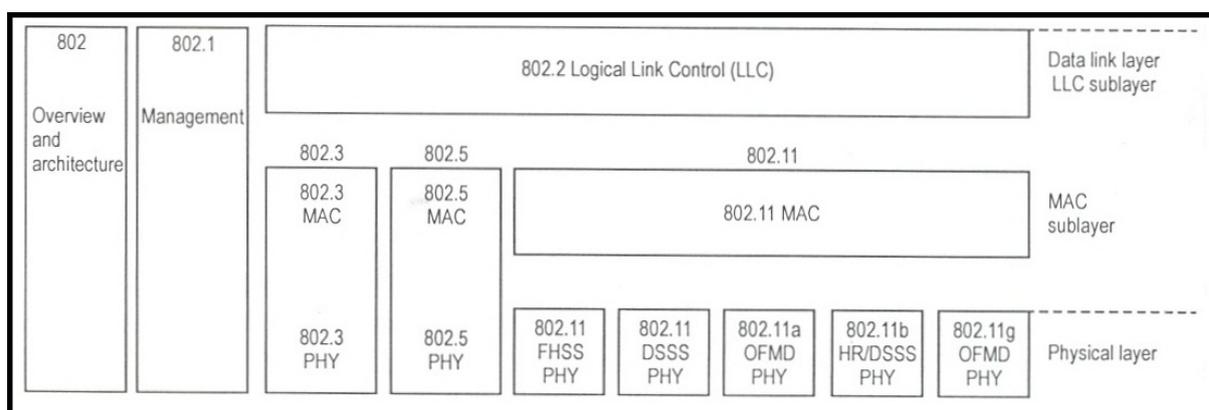


Figura 5 - Família 802.x
Fonte: Sanches (2007).

O padrão IEEE 802.11, publicado em 1997, especificava velocidades de transmissão de 1Mbps e de 2Mbps e essa transmissão era feita por infravermelho e por radiofrequência em 2,4 GHz. Apesar de o infravermelho fazer parte do protocolo, na atualidade não são mais fabricados produtos nesse padrão.

Atualmente a 802.11 utiliza a faixa de frequência ISM de 2,45 GHz. Para minimizar os problemas de interferência, a 802.11b utiliza a técnica de espalhamento do espectro por seqüência direta – DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) em que os sinais são fixos dentro de um canal de 17MHz mas encobertos por ruídos que são criados com o intuito de reduzir a interferência de outros ruídos. A utilização do DSSS resulta em uma tecnologia de rede com taxa de transmissão de dados de até 11 Mbps.

Por outro lado, essas redes ficam mais suscetíveis a ruídos de outros dispositivos que também utilizam a banda de 2,4 GHz. Por isso esta tecnologia não é tão adequada para atender as necessidades de redes residenciais, que possuem dispositivos que utilizam esta mesma banda, tais como: controle de portões automáticos, forno de microondas, telefone sem fio entre outros.

A tabela 2 representa todos os grupos de trabalho do padrão IEEE 802:

Tabela 2 – Os grupos de trabalho do IEEE 802.

Padrão	Assunto
802.1	Avaliação e arquitetura de LAN (<i>Local Area Network</i>)
802.2	Controle de <i>link</i> lógico
802.3	Ethernet
802.4	<i>Token Bus</i> (barramento de símbolos; foi usado por algum tempo em unidades industriais)
802.5	<i>Token Ring</i> (anel de símbolo)
802.6	Fila dual barramento dual (primeira rede metropolitana)
802.7	Grupo técnico consultivo sobre tecnologias de banda larga
802.8	Grupo técnico consultivo sobre tecnologias de fibra óptica
802.9	LAN isócrona (para aplicações de tempo real)
802.10	LAN virtual e segurança
802.11	LAN sem fio
802.12	Prioridade de demanda (AnyLAN da HP)
802.13	Número relacionado com má sorte. Ninguém o quis.
802.14	<i>Modems</i> a cabo (extinto: um consórcio industrial conseguiu chegar primeiro)
802.15	Redes pessoais (<i>Bluetooth</i>)
802.16	Rádio de banda larga
802.17	Anel de pacote elástico

Fonte: Tanenbaum (2003).

Redes 802.11b são rápidas, confiáveis e têm alcance de até 100 metros, que pode ser ainda maior em áreas abertas. Porém, não suportam serviços de telefonia, sendo um padrão de uso estrito para a comunicação de dados. Serviços de voz podem ser suportados pela 802.11b quando a voz é transmitida como dado, como é o caso na tecnologia de VOIP (Voz sobre IP).

Como a 802.11 não é facilmente configurável, redes *ad-hoc* que se formam de modo espontâneo não são suportadas, o que torna a tecnologia *Bluetooth* mais adequada para redes em locais públicos, tais como *cybercafés*.

Outras bandas de frequência estão sendo consideradas para a especificação de redes locais sem fio que suportem velocidades mais altas. O IEEE 802.11 possui uma variação que trabalha na banda de rádio frequência de 5GHz, o padrão 802.11g que visa redes de até 54 Mbps.

2.6.5 Padrões IEEE 802.16 e IEEE 802.20

O padrão *Wireless* 802.16 pode revolucionar a indústria de acesso de redes sem fio. O padrão 802.16 é também conhecido como a interface aérea da IEEE para *Wireless MAN* (nome comercial: *Wi-MAX*), isto é, da rede metropolitana sem fios. Esta tecnologia está sendo especificada pelo grupo do IEEE, trata de acessos de banda larga para última milha em áreas metropolitanas, com padrões de desempenho equivalentes aos dos meios tradicionais.

A figura 6 apresenta o posicionamento de cada um dos padrões de acesso *Wireless*, mostrando do lado esquerdo o padrão IEEE e do lado direito o padrão ETSI equivalente.

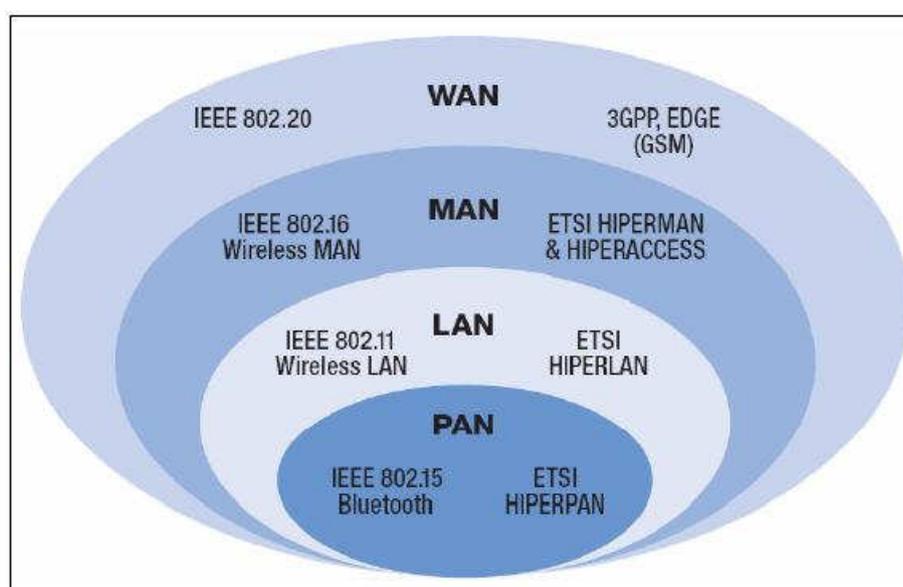


Figura 6 – Padronização Global para redes sem fio.
Fonte: Lima (2004).

Segundo Tanenbaum (2003), uma rede sem fio de banda larga necessita de uma grande fração do espectro, ou seja, a faixa de 10 a 66 GHz. Essas ondas milimétricas têm a propriedade de trafegar em linha reta, diferente do som, mas muito semelhante à luz. Em razão disso, a estação-base pode ter várias antenas apontando para um setor diferente da área circundante. Já uma grande vantagem em relação ao rádio celular, que é omni-direcional.

O IEEE 802.16 emprega três esquemas de modulação diferentes, dependendo da distância entre a estação-base e a estação do assinante. Pode ser

usado o QAM-64 para assinantes próximos, QAM-16 para uma distância média, para assinantes distantes o QPSK. Quanto mais distante estiver o assinante da estação-base, mais baixa será a taxa de dados.

Segundo Teixeira (2004), a versão 802.16a, que foi concluída em 2003, passou a focar as aplicações sem linha de visada, dentro das faixas de frequência entre 2 GHz e 11 GHz, considerando também os aspectos de interoperabilidade.

Segundo Couloris (2007), o padrão *Wireless MAN* IEEE 802.16, foi ratificado em 2004 e em 2005. Ele foi projetado como uma alternativa para os enlaces a cabo e DSL. Já o padrão IEEE 802.20 se destina a superar as redes 802.11 *Wi-Fi* como principal tecnologia de conexão para computadores laptop e dispositivos móveis em áreas públicas externas e internas.

O WIMAX Fórum (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) é uma organização sem fins lucrativos, formada por empresas fabricantes de equipamentos e de componentes, tem por objetivo promover em larga escala a utilização de redes ponto multiponto, operando em frequências entre 2GHz e 11GHz, alavancando a padronização IEEE 802.16. Garantindo a compatibilidade e interoperabilidade dos equipamentos que adotarem este padrão.

A norma IEEE 802.20 foi criada a 12 de Junho de 2008. Esta norma, denominada de *Mobile Broadband Wireless Access* (MBWA) e conhecida por *Mobile-Fi*, tem como objetivo normalizar uma interface *Wireless* para sistemas de acesso de banda larga sem fios com mobilidade veicular. Espera-se que venha a impulsionar a disseminação de redes de banda larga sem fios de vários fabricantes, interoperabilidade, com elevada eficiência espectral, ubiquidade e funcionamento ininterrupto a baixo custo.

Segundo Selada (2008), “não se espera que a norma venha a suportar velocidades de transmissão de dados tão grandes como as tecnologias anteriores, mas julga-se que tenha uma grande versatilidade, cobrindo grandes áreas e permitindo a sua utilização a velocidades na ordem dos 250 km/h”. Esta tecnologia posiciona-se entre a mobilidade e o *roaming*, facultado pelo 3G com a largura de banda e baixa latência encontrada no *Wi-MAX* Móvel.

2.7 COMPUTAÇÃO MÓVEL, PERVASIVA E UBÍQUA

Para entendermos o que é computação ubíqua, devemos conceituar a computação móvel e a computação pervasiva. Resumidamente, a computação ubíqua está posicionada entre a computação móvel e a computação pervasiva. Segundo Domingues (2008), elas podem ser definidas como:

2.7.1 Computação Móvel

“Computação Móvel é a capacidade de um dispositivo computacional e os serviços associados ao mesmo serem móveis, permitindo este ser carregado ou transportado mantendo-se conectado a rede ou a Internet.”

Verifica-se este conceito hoje na utilização de redes sem fio, acesso à internet através de celulares e seus dispositivos e aplicações *Bluetooth*.

2.7.2 Computação Pervasiva

“Este conceito define que os meios de computação estarão distribuídos no ambiente de trabalho dos usuários de forma perceptível ou imperceptível” (DOMINGUES, 2008).

Através deste conceito, o computador estaria distribuído no ambiente, e não somente em cima da mesa. Através de sensores, o computador seria capaz de detectar e extrair dados do ambiente, controlando, configurando e ajustando aplicações conforme as necessidades dos usuários e dos demais dispositivos. Conforme esta interação, cada integrante do conjunto seria capaz de detectar a mútua presença, tanto dos usuários como dos demais dispositivos, e interagir automaticamente entre eles construindo um contexto inteligente para sua melhor utilização.

2.7.3 Computação Ubíqua

O termo computação ubíqua, foi definido pela primeira vez pelo cientista chefe do Centro de Pesquisa Xerox PARC, Mark Weiser, através de seu artigo "O Computador do Século 21" (The Computer for the 21st Century), publicado no final dos anos 80, já prevendo um aumento nas funcionalidades e na disponibilidade de serviços de computação para os usuários finais.

Logo, conforme a figura 7, a computação ubíqua "é a integração entre a mobilidade com sistemas e presença distribuída, em grande parte imperceptível, inteligente e altamente integrada dos computadores e suas aplicações para o benefício dos usuários". (DOMINGUES, 2008).



Figura 7 - Computação ubíqua
Fonte: Domingues, 2008.

Portanto, a computação ubíqua inspira o desenvolvimento de aplicações que estimulem a interação física entre humanos e computadores, diferente do que atualmente é feita com, por exemplo, mouse e teclado.

Para isso, o desafio dos programadores é o de criar interfaces capazes de interagirem não apenas com a fala e a escrita, mas também com os gestos e expressões. O maior desafio será o de aliar todos estes dados ao contexto das operações, podendo captar alterações do meio ambiente e armazenar experiências anteriores. Em suma, o computador deverá ser capaz de "aprender" com as experiências reais anteriores, e não apenas traduzir comandos em linguagem de máquina.

3 IDENTIFICAÇÃO POR RÁFIO FREQUÊNCIA (RFID)

De acordo com Heckel (2007), a tecnologia RFID é uma evolução da comunicação sem fio em consequência da miniaturização dos componentes eletrônicos.

3.1 DEFINIÇÃO

Assim como o código de barras, o RFID também entra no grupo de tecnologias de Identificação e Captura de Dados Automáticos. O surgimento desta tecnologia ocorreu há várias décadas, entretanto vem sendo cada vez mais percebida devido ao crescimento em massa do seu uso, em consequência da redução dos custos dos componentes.

3.2 HISTÓRIA DO RFID

As teorias para o estudo da propagação de ondas eletromagnéticas datam do final do século XIX com as equações desenvolvidas por Maxwell, por volta de 1871 e confirmadas por Hertz em 1888. Em 1904 C. Hülsmeyer patenteou a invenção “Método para informar ao observador a presença de objetos metálicos com ondas eletromagnéticas”. Guglielmo Marconi, em 1922 divulgou um trabalho em que apresentava através da reflexão das ondas eletromagnéticas, as possibilidades da rádio-deteccção (MIGUENS).

Em 1934, Pierre David, baseado no trabalho de Hülsmeyer, “desenvolveu um sistema que detectava as ondas de rádio em freqüências mais altas, podendo assim detectar objetos em movimento como aviões e navios” (HECKEL, 2007).

A palavra RADAR (*Radio Detection And Ranging*) em português significa Deteccção e Telemetria por Rádio. O radar é um aparelho que emite através de uma

antena, ondas eletromagnéticas que operam em frequências muito altas, que retornam ao aparelho emissor após a reflexão em determinado objeto. A posição e distância do objeto refletido são indicadas através do tempo que as ondas demoram a ir do aparelho emissor e voltar. A figura 8 exemplifica o funcionamento de um radar.

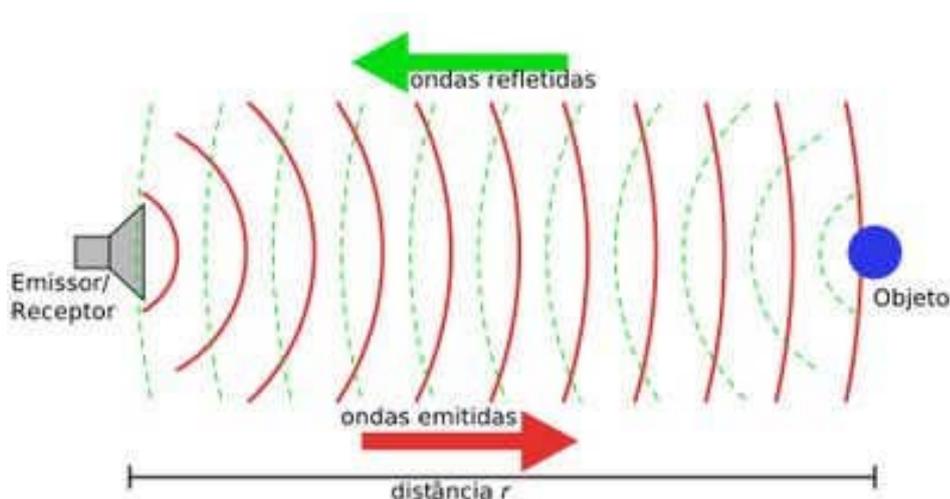


Figura 8 – Esquema do funcionamento de um radar.
Fonte: Wiora, 2007.

De acordo com o Boschetti (2008), onda é uma propagação através de um meio contínuo, transporta energia e pode ser periódica. A onda é caracterizada pela amplitude, frequência, comprimento de onda e fase. O autor ainda diz: “As ondas eletromagnéticas não dependem de um meio material, pois correspondem à propagação de uma perturbação nos campos elétricos e magnéticos.”

De acordo com Seufitelli et al. (2009), antes da Segunda Guerra Mundial já existiam estudos para identificação de objetos através das ondas de rádio e um dos meios utilizados naquela época era o radar, que segundo Roberti (2011) foi descoberto em 1935 pelo físico escocês Sir Robert Alexander Watson-Watt (figura 9), para informar a aproximação dos aviões enquanto ainda estavam há quilômetros de distância.

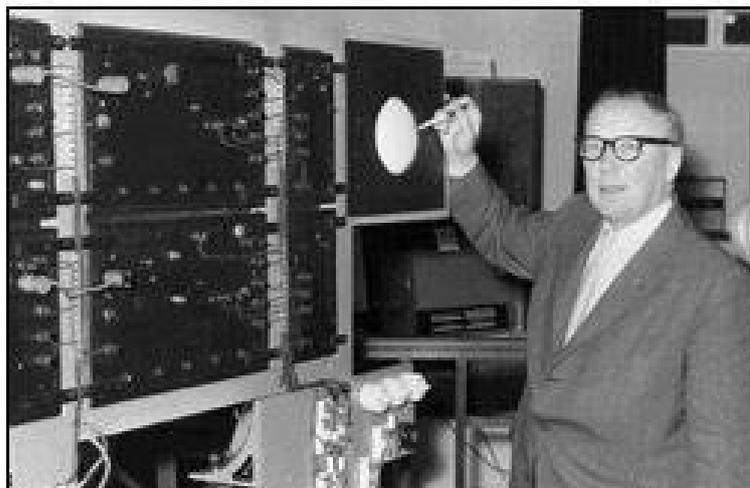


Figura 9 - Watson-Watt, com o primeiro aparelho de radar
Fonte: Roberti, 2011.

3.2.1 RFID

No início da segunda guerra mundial, os radares já eram utilizados pelos dois lados oponentes, entretanto com uma deficiência: os aparelhos de então não tinham meios de indicar se os aviões que se aproximavam eram aliados ou inimigos, sendo necessário contato visual ou via rádio para fazer a distinção (PAIS; COUTO, 2009).

A partir daí, os alemães descobriram que se os aviões girassem em seu eixo a onda refletida mudaria, conseguindo boa vantagem competitiva sobre os britânicos. Esse foi considerado o primeiro sistema passivo de RFID.

Pouco depois, os ingleses construíram o primeiro sistema constituído de um transmissor que, quando atingido por uma onda de radar, começava a transmitir um sinal que identificava a aeronave como amiga. Esse aparelho, chamado *transponder*, foi instalado em todos os aviões da força aérea inglesa da época e é usado, em versões atuais, em todos os aviões. Segundo Seufitelli et al. (2009), este método ficou conhecido como *Identification Friend-or-Foe* (IFF), que em português significa Identificação Amigo ou Inimigo.

Um dos primeiros trabalhos no assunto foi "*Communication by Means of Reflected Power*" um artigo publicado em 1948 por Harry Stockman no periódico *Proceedings of the IRE*, editado pela IEEE (PAIS; COUTO, 2009).

Nas décadas de 1950 e 1960, cientistas dos Estados Unidos, Europa e Japão apresentaram pesquisas explicando como a energia de RF pode ser utilizada para identificação remota de objetos (ROBERTI, 2011).

Na década de 60 sensores e sistemas de verificação começaram a ser utilizados na vigilância eletrônica de objetos (SEUFITELLI, 2009). Roberti (2011) acrescenta que neste período, surgiu um sistema que inclusive ainda hoje é utilizado, é o 1-bit *Transponder*, que possui esse nome por apenas conseguir comunicar com 1 bit de informação (0 ou 1). Este tipo de *transponder* será descrito com mais detalhe posteriormente.

Na década de 1970, o departamento de energia do governo dos Estados Unidos convidou o Laboratório Nacional de Los Alamos para o desenvolvimento de um sistema de controle de materiais nucleares. Os cientistas deste mesmo laboratório foram contratados para o desenvolvimento de um sistema para controle de veículos nos pedágios e de uma tag passivo para o rastreamento de vacas (HECKEL, 2007).

A primeira patente para um sistema ativo de RFID com memória regravável foi em 1973, requisitada por Mario W. Cardullo. Também em 1973, Charles Walton, um empreendedor da Califórnia, recebeu a patente para um sistema passivo, o qual era usado para destravar uma porta sem a ajuda de chaves. Na década de 1970, o governo americano também estava fazendo um sistema de rastreamento de material radioativo para o *Energy Department* e outro de rastreamento de gado, para o *Agricultural Department* (PAIS; COUTO, 2009).

A IBM patenteou os sistemas de Frequência Ultra Alta (UHF), *Ultra High Frequency*, possibilitando o uso de leituras RFID a distâncias superiores a dez metros, no início dos anos 1990. Em meados da década de 1990, devido a problemas financeiros, a patente foi vendida para a INTERMEC, uma empresa provedora de códigos de barras (ROBERTI, 2011).

O grande crescimento do RFID UHF foi em 1999, quando o *Uniform Code Council*, *EAN International*, *Procter & Gamble* e *Gillete* fundaram o *Auto-ID Center*, no MIT, *Massachusetts Institute of Technology*. O *Auto-ID Center* tinha por finalidade modificar o pequeno banco de dados móvel do RFID para um número de série, com vistas a diminuir custos e transformar o RFID em uma tecnologia de rede, ligando objetos à internet através das *tags*. Entre 1999 e 2003, o *Auto-ID Center* cresceu e ganhou apoio de mais de 100 companhias, além do Departamento de Defesa dos

Estados Unidos. Nesta mesma época foram abertos laboratórios em vários outros países, desenvolvendo dois protocolos de interferência aérea (Classe 1 e Classe 0), o EPC (*Electronic Product Code*), o qual designa o esquema e a arquitetura de rede para a associação de RFID na Internet. Em 2003 o *Auto-ID Center* fechou, passando suas responsabilidades para os Auto-ID Labs (HECKEL, 2007).

3.3 COMPONENTES DE UM SISTEMA RFID

Os sistemas RFID são constituídos por três componentes: as tags, os leitores e o software para processamento dos dados (INTERMEC, 2007a).

3.3.1 Funcionamento

“O sistema RFID funciona com envio de dados de radiofreqüência, sem fios, de um dispositivo móvel para um leitor.” O leitor emite através da antena um sinal por rádio freqüência tentando localizar as tags que estão na sua área de cobertura e estas emitem um sinal (com todas as informações contidas na etiqueta) quando estão na área de cobertura do leitor. O leitor envia as informações recebidas para um computador que possui um software específico para manipulação das informações recebidas. As figuras 10 e 11 demonstram o funcionamento de um sistema RFID (SEUFITELLI, 2009).

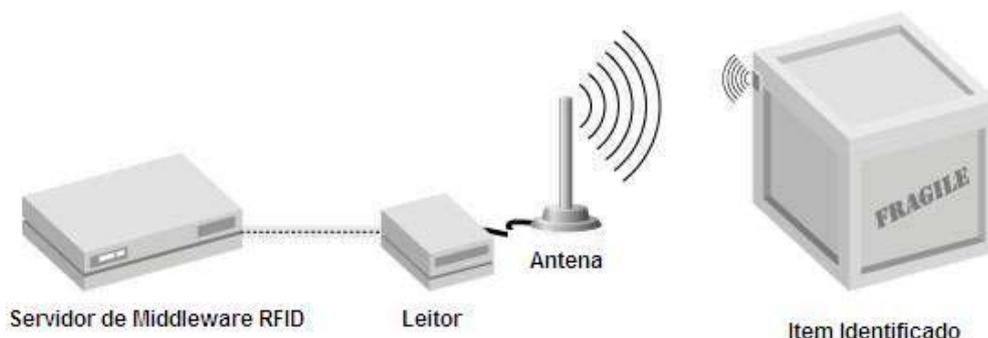


Figura 10 – Um sistema RFID
Fonte: Glover, Bhatt, 2007.

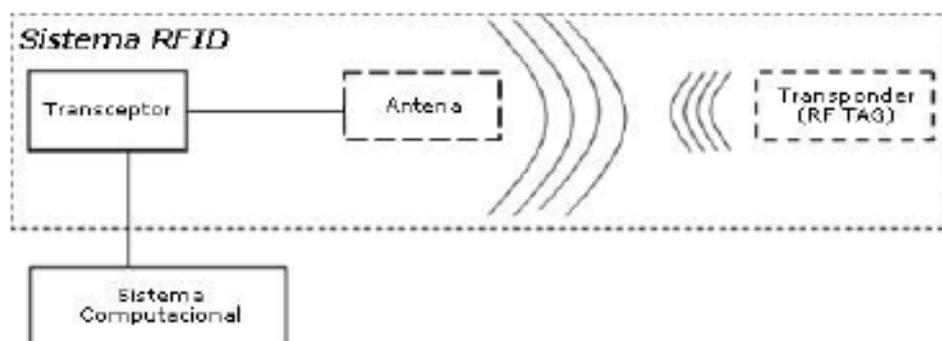


Figura 11 - Diagrama geral de um sistema de Identificação por Rádio Freqüência.
Fonte: Martins, 2005.

De acordo com a Intermec (2007a), “normalmente, as tags são aplicadas nos itens, muitas vezes como parte de uma etiqueta adesiva de código de barras”. Não é necessária a intervenção humana em alguns leitores que podem ser unidades autônomas, como por exemplo, em monitoramento “de portas de plataformas de carga ou esteiras), integrados a um computador móvel para uso portátil, em empilhadeiras ou incorporados a impressoras de código de barras.”

3.3.2 TAG ou Transponder

“O transponder, RF tag ou simplesmente tag, é a etiqueta RFID em si”. A tag é formada por um chip, para armazenamento das informações e uma resistência que funciona como antena, normalmente é envolta por plástico ou silicone, por exemplo, em um determinado formato (chaveiro, etiqueta, entre outros) (SANTINI, 2008).

A tag tem a finalidade de anexar os dados fisicamente a um determinado objeto (GLOVER; BHATT, 2007) e que serão lidas posteriormente por um *transceiver* (leitor). As Figuras 12 e 13 apresentam um layout básico de uma tag.

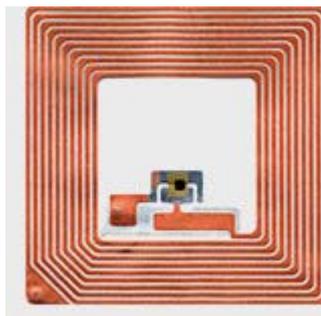


Figura 12 - Layout básico de uma tag
 Fonte: RFID Systems - Inventory and Asset Tracking from RVB Systems Group

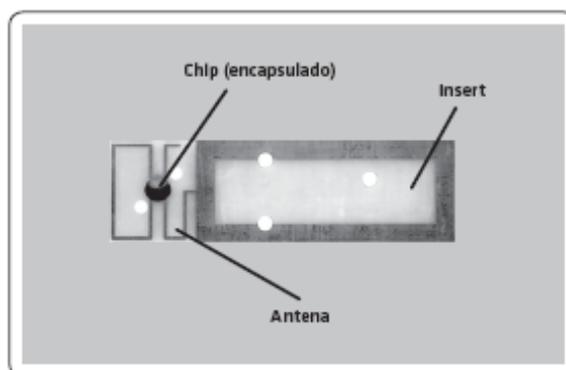


Figura 13 – Componentes na tag RFID
 Fonte: Intermec, 2007 a.

Existem vários tipos de tags para serem usados em diferentes condições ambientais, tags para caixas de papelão com materiais plásticos são as mesmas que podem ser utilizadas em paletes de madeira. Podem ter diversos formatos, por exemplo, podem ser do tamanho de um grão de arroz ou do tamanho de um tijolo ou finas e flexíveis de maneira que possam ser incorporadas a uma etiqueta adesiva. O desempenho das tags também varia muito, inclusive em termos de capacidade de leitura/gravação, memória e requisitos de energia (INTERMEC, 2007a).

De acordo com Glover e Bahtt (2007), as tags podem ter diversas aplicações básicas, entretanto apenas duas delas são universais: toda tag RFID “deve ser acoplável a um item de alguma forma” e “deve ser capaz de comunicar informações por alguma frequência de rádio, de alguma forma”. Ainda segundo os autores, algumas marcas oferecem tags com pelo menos uma ou algumas das seguintes características:

- **Habilitar/Desabilitar** - permitem que o leitor as comande para parar de funcionar permanentemente. A tag, após receber o comando nunca voltará a funcionar novamente;

- **Gravar uma vez** – muitas tags são gravadas de fábrica, mas a gravação uma tag de uma gravação pode ser configurada uma vez pelo usuário final, e uma vez gravada, não é possível ser alterada, no mínimo pode ser desabilitada;
- **Muitas gravações** – podem ser repetidamente escritas com novos dados;
- **Anti-colisão** – quando existem muitas tags próximas, alguns leitores podem ter dificuldade para a captação das informações, por isso, as tags anti-colisão são programadas de modo a esperarem a sua vez para responder a um leitor;
- **Segurança e criptografia** - algumas tags têm a capacidade de participar de comunicações criptografadas e algumas só responderão quando o leitor fornecer uma senha específica.

3.3.2.1 Fontes de energia

Desde 2007, quanto à fonte de energia, as tags são definidas em 4 classes de acordo com o padrão EPCglobal (EPCGLOBAL, 2007).

- **Classe 1 - Tags passivas** - as tags passivas são mais comuns, por serem mais simples, baratas e terem usabilidade. Não possuem bateria, nem antena e por isso apenas refletem o sinal de volta emitido pelo leitor (SANTINI, 2008). A “fonte de energia utilizada provém do campo eletromagnético gerado por uma antena que emite impulsos e a etiqueta responde, sem a necessidade de bateria acoplada”. A etiqueta pode ser lida até 3 metros de distância, possuem memória até 736 bytes e velocidade de leitura até 8750 bps. O tempo de vida deste tipo de etiqueta teoricamente é infinita, pois o único fator limitante é o seu bom uso (FAHL, 2005). Estas etiquetas são mais suscetíveis a ruídos e perda de sinal, por trabalharem em frequências mais baixas (HECKEL, 2007);

- **Classe 2 - Tags de Alta funcionalidade** - além das características inerentes às tags passivas, possuem a possibilidade de extensão de memória do usuário e autenticação de controle de acesso (EPCGLOBAL, 2007).;

- **Classe 3 - Tags de duas vias** – é uma etiqueta que além de ser capaz de fornecer energia para si, também é capaz de se **comunicar com** outras etiquetas, sem a utilização do leitor (GLOVER; BHATT, 2007);

- **Classe 4 - Tags Ativas** - as tags ativas possuem uma bateria interna (o que torna seu tempo de vida limitado), transmitem o próprio sinal e operam em altas frequências, o que faz com que não sejam necessárias muitas antenas, devido ao alcance da etiqueta ser maior (HECEKL, 2007). De acordo com Fahl (2005), o alcance destas tags pode chegar a 100 metros, memória de 32 kilobytes e velocidade de transferência de dados entre 100 e 200 bytes por segundo (bps). Para Heckel (2007), as grandes desvantagens deste tipo de etiqueta “são o alto custo em relação às etiquetas passivas; o tamanho (normalmente são maiores) e o tempo de vida finito da bateria”.

3.3.2.2 Formato

Conforme Santini (2008) o formato, ou o encapsulamento da tag RFID também poderá determinar para qual finalidade ela será utilizada.

Segundo Finkenzeller (2003) e Glover e Bath (2007), algumas formas que as tags podem assumir são:

- **Discos e Moedas** - são normalmente embalados dentro de uma carcaça de resina epóxi ou poliestirol (*polystyrol*), são geralmente utilizados quando as tags ficarão expostas a altas temperaturas;

- **Plástico** – são os mais comuns, facilmente adaptáveis em chaveiros, por exemplo;

- **Cartões** – normalmente usadas nos “cartões inteligentes”, *Smart Cards*;

- **Embarcadas** – são inseridas dentro de objetos comuns como chaveiro, relógios, roupas e braceletes. Normalmente utilizado para controle de acesso ou identificação, por exemplo, de pacientes ou bebês em um hospital;

- **Vidro** - desenvolvida para que o *transponder* possa ser usado em ambientes corrosivos ou imerso em líquidos, ou também em implantes subcutâneos. Possuem o tamanho reduzido para que possam ser inseridos em seres vivos. Atualmente vem sendo bastante utilizado para rastreamento de gado e de animais domésticos. No caso dos seres humanos, pode ser usado, por exemplo, para abrir a porta de uma casa ou ligar o carro, simplesmente balançando o braço;

- **Rótulo** – produzido em maior escala, também chamadas de *smart labels*. É do tipo passiva, são fabricadas em uma camada de papel ou adesivo, que podem receber uma impressão por cima, como de uma máquina impressora usadas em códigos de barra.

3.3.2.3 Frequência de operação

É a frequência eletromagnética utilizada para comunicação ou obtenção de alimentação. “O espectro eletromagnético na faixa em que a RFID normalmente opera é dividido em baixa frequência (LF), alta frequência (HF), frequência ultra-alta (UHF) e microondas”. As faixas de frequência podem ser verificadas nas tabelas 3 e 4. Na tabela 5 é possível verificar as características do sistema RFID nessas frequências. Como a comunicação dos sistemas RFID é feita através de transmissão de ondas eletromagnéticas, é regulamentada como dispositivos de rádio e não devem interferir em outras aplicações protegidas, como rádios de serviço de emergência ou de transmissões de televisão, por exemplo (GLOVER: BHATT, 2007).

Tabela 3 – Faixas de Frequência RFID

Frequência	Faixa de frequências	Frequências ISM
LF	30-300 kHz	< 135 kHz
HF	3-30 MHz	6,78 MHz, 13,56 MHz, 27,125 MHz, 40,680 MHz
UHF	300 MHz a 3 GHz	433.920 MHz, 869 MHz, 915 MHz
Microondas	> 3 GHz	2,45 GHz, 5,8 GHz, 24,125 GHz

Fonte: Glover; Bhatt, 2007.

Tabela 4 – Faixas de leitura por frequência

Frequência	Faixa típica para identificadores passivos	Algumas aplicações típicas
LF	50 centímetros	identificação de animais de estimação e leituras próximas de itens com alto conteúdo de água
HF	3 metros	controle de acesso a prédios
UHF	9 metros	caixas e caixotes
Microondas	> 10 metros	identificação de veículos de todos os tipos

Fonte: Glover; Bhatt, 2007.

Sobre as frequências, Glover e Bhatt (2007) dizem:

“as frequências reais disponíveis para RFID estão limitadas a essas frequências separadas *Industrial Scientific Medical* (ISM). Frequências inferiores a 135 kHz não são ISM frequências, mas nesse intervalo RFID sistemas são geralmente usando campos magnéticos poderosos e funcionamento ao longo de intervalos curtos, de modo a interferência é um problema menor do que poderia ser de outra forma”.

Tabela 5 - Características do sistema RFID em várias frequências

Frequência	LF 125 KHz	HF 13,56MHz	UHF 860-960MHz	Microondas >2.5GHz
Alcance de leitura de tags passivas	Até 60cm	Até 90cm	De 3 à 9m	Até 3m
Fonte de alimentação da tag	Geralmente passiva	Geralmente passiva	Geralmente ativa	Geralmente ativa
Custo de tag	Caro	Pouco caro	Potencial para ser barato	Potencial para ser barato
Aplicações típicas	Ponto de venda, imobilizador veicular, controle animal, entrada sem chave	“Cartões inteligentes”, controle de bagagem ou em bibliotecas	Rastreamento de <i>pallets</i> , pedágio, rastreamento de bagagem	Pedágio
Transferência de dados	Mais lento			Mais Rápido
Performance em metais e líquidos	Melhor			Pior
Tamanho da tag passiva	Maior			Menor

Fonte: Hunt et al., 2007.

3.3.2.4 Memória

De acordo com Glover e Bhatt (2007), uma tag pode armazenar desde 1 bit até alguns kilobytes. Quanto à capacidade de memória, as tags são classificadas em 1-bit *Transponder*, *Surface Acoustic Wave (SAW) Transponder* e N-bit *Transponder*.

- **1-bit Transponder** - comunicam apenas 1 bit de informação, são extremamente pequenas, mais baratas e já utilizadas a algum tempo. Funcionamento bem simples, conforme explica Santini (2008) “quando o leitor procura por tags no seu campo, elas respondem apenas com um “Sim” ou “Não”, “0” ou “1”, por exemplo, respondendo “1” quando a tag está presente”. Exemplos de aplicação sistemas anti-roubo de lojas, vídeo-locadoras e bibliotecas;

- **Surface Acoustic Wave (SAW) Transponder** - as tags do tipo SAW (que em português significa Onda Acústica de Superfície) possuem um número único (ID) que não pode ser alterado. Essas tags possuem um transdutor interdigital que vibra quando recebe um pulso de microondas e reflete as linhas com o ID da tag;

- **N-bit Transponder** - este tipo de tag é usado quando há a necessidade de armazenamento de n bits, como um simples número (ID) ou mais informações.

3.3.3 Leitor

3.3.3.1 Componentes Físicos de um Leitor RFID

O leitor, a antena, o controlador e a interface de rede compõem as partes físicas de um leitor (GLOVER; BHATT, 2007). A figura 14 mostra os componentes físicos de um leitor RFID.

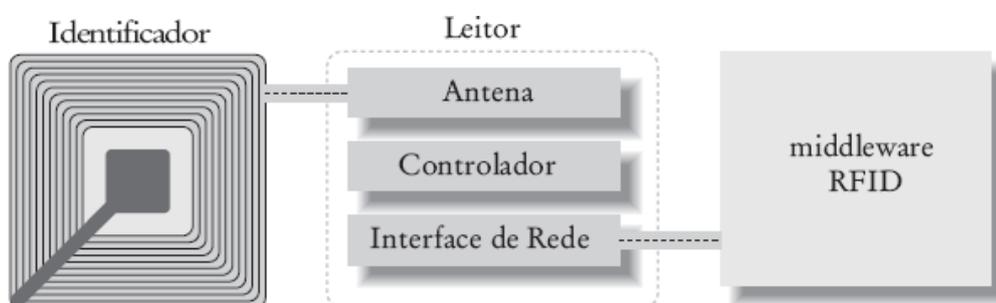


Figura 14 - Componentes físicos de um leitor
Fonte: Glover; Bhatt, 2007.

- **Leitor** - a respeito do leitor, Santini (2008) explica que:

“o Transceiver, também chamado de Reader ou simplesmente leitor, tem a função de comunicar-se com o transponder através de uma antena, em alguns casos processá-la, função do controlador, e então repassar a informação para outro sistema, o *middleware* através de uma interface de rede”;

- **Antena** - segundo Heckel (2007), o papel da antena é realizar a troca de informações entre o transceiver e o transponder, através da definição da geração do campo eletromagnético;

- **Controlador** - para implementação dos protocolos de comunicação e controle do transmissor, o leitor deve ter um microcontrolador ou um microcomputador (GLOVER: BHATT, 2007);

- **Interface de Rede** - a comunicação entre os leitores e outros dispositivos através da rede é possível através de várias interfaces. A maioria tem interfaces seriais que utilizavam inicialmente a Universal Asynchronous Receiver/Transmitters (UARTs) RS 232, RS 422 (ponto a ponto, par trançado) ou RS 485 (par trançado endereçável). Porém, nos últimos anos até conector RJ45 para 10BaseT ou cabos 100BaseT Ethernet ou comunicação Ethernet sem fio, Bluetooth e ZigBee já estão sendo utilizados.

3.3.3.2 Componentes Lógicos de um Leitor RFID

A API (*Application Programming Interface*) do leitor, o subsistema de comunicações, o subsistema de gerenciamento de evento e o subsistema da antena compõem as partes lógicas de um leitor (GLOVER, BHATT, 2007). A figura 15 exemplifica os componentes lógicos de um leitor RFID.

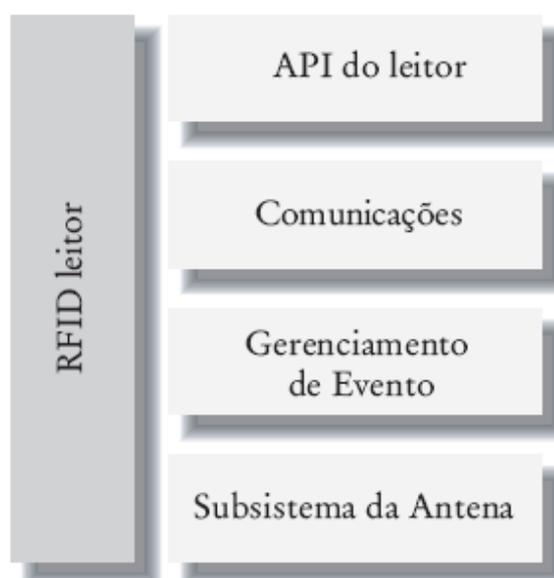


Figura 15 – Componentes lógicos de um leitor.
Fonte: Glover; Bhatt, 2007.

- **A API** - segundo Santini (2008), é a API que possibilita que outras aplicações possam fazer a comunicação com o leitor, transformando as informações oriundas do *middleware* para as tags e vice-versa. Glover e Bhatt (2007) complementam que a API também é responsável pela criação de mensagens para envio ao *middleware* e pela análise das mensagens recebidas do mesmo. Também é responsável pelo controle da situação do leitor, níveis de energia e tempo corrente;
- **Sistema de comunicações** - é responsável pela comunicação dos protocolos de transporte do leitor e implementação de um protocolo proprietário para enviar e receber as mensagens da API;
- **Gerenciador de evento** - o gerenciador de eventos é quem identifica os eventos e identifica quais são importantes para geração de relatórios ou enviados para uma aplicação externa;
- **Subsistema da Antena** - já a parte lógica da antena possibilita que os leitores interroguem as tags e controlem as antenas físicas.

3.3.3.3 Formatos

“Os leitores variam em tamanho desde meia polegada (1,27 centímetros) até o tamanho de um computador de mesa antigo. Os leitores podem ser internos em

dispositivos portáteis ou até mesmo em telefones celulares” (GLOVER; BHATT, 2007). Os formatos mais comuns de leitores são os portais, túneis, dispositivos portáteis e empilhadeiras.

- **Portais** - as antenas são dispostas de maneira que o leitor possa reconhecer quando um objeto entra ou sai, conforme figura 16. É bastante utilizado em depósitos e nos sistemas anti-roubo dos mercados (HECKEL, 2007);



Figura 16 - Portal RFID
Fonte: Glover; Bhatt, 2007.

- **Túneis** - o leitor do tipo túnel “é como um local fechado” onde ficam as antenas e/ou o leitor. É bastante utilizado em linhas de montagem ou esteiras de empacotamento. A figura 17 mostra um exemplo de leitor em túnel (GLOVER; BHATT, 2007);



Figura 17 – Túnel RFID
Fonte: Glover; Bhatt, 2007.

- **Dispositivos portáteis** - Heckel (2007) diz que devido à praticidade, esse tipo de leitor é utilizado onde há dificuldade em realizar a movimentação dos itens. A figura 18 exemplifica um coletor portátil RFID comum no comércio varejista;



Figura 18 – Exemplo de dispositivo portátil
Fonte: Windows for devices, 2011.

• **Empilhadeiras** - com as empilhadeiras ou prateleiras inteligentes, como também são chamadas, é possível fazer o monitoramento da quantidade de produtos em uma prateleira, figura 19, emissão de avisos quando é necessária a reposição de algum item e a emissão em tempo real de relatórios precisos (SANTINI, 2008).

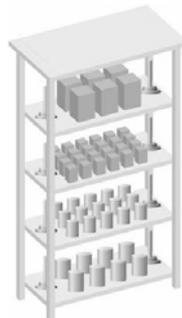


Figura 19 – Exemplo de leitor em formato de empilhadeira
Fonte: Santini, 2008.

3.3.4 *Middleware*

Heckel (2007) diz que o *middleware* é responsável pelo tratamento dos dados obtidos pelos leitores, por isso de fundamental importância no processamento das informações.

Para Glover e Bhatt (2007) o *middleware* é responsável principalmente por três atividades:

- fornecer conectividade com leitores através da interface do dispositivo;

- diminuir o volume de informações através da filtragem das informações relevantes, e
- fornecer uma interface para gerenciamento e consulta das observações dos leitores RFID.

3.4 PADRÕES

A conformidade com os padrões permite que diversas tags de diversas marcas possam conversar com diversos tipos de leitores (GLOVER; BHATT, 2007).

A ISO 18000 é “uma série de normas internacionais para o protocolo de interface aérea (as regras que governam como as etiquetas e os leitores se comunicam) usados em sistemas de RFID para identificação de mercadorias na cadeia de abastecimento” (RFIDJOURNAL, 2005).

Segundo Martins (2005): “a finalidade da padronização e de normas é definir as plataformas em que uma indústria possa operar de forma eficiente e segura”. Existem diversas organizações envolvidas em padronizações de projetos de tecnologias RFID. “As mais conhecidas na área dos sistemas RFID são a ISO (*International for Standardization*) e a EPCGlobal .”

A tabela 6 apresenta as normas ISO para a tecnologia RFID:

Tabela 6 - Normas ISO para a tecnologia RFID

ISO Standard	Título	Status
ISO 11784	RFID para animais – estrutura de código	Padrão Publicado - 1996
ISO 11785	RFID para animais – concepção técnica	Padrão Publicado - 1996
ISO/IEC 14443	Identificação de cartões – cartões com circuitos integrados sem contato – cartões de proximidade	Padrão Publicado - 2000
ISO/IEC 15693	Identificação de cartões – cartões com circuitos integrados sem contato – cartões de vizinhança	Padrão Publicado - 2000
ISO/IEC 18001	Tecnologia da Informação – Gerenciamento de Itens de RFID – Perfil de Requisitos de Aplicação	Padrão Publicado - 2004
ISO/IEC 18000-1	Parâmetros Gerais para Comunicação por Interface por Ar para Frequências Globalmente Aceitas	Padrão Publicado - 2004
ISO/IEC 18000-2	Parâmetros para Comunicação por Interface por Ar abaixo de 135 KHz	Padrão Publicado - 2004
ISO/IEC 18000-3	Parâmetros para Comunicação por Interface por Ar em 13,56 MHz	Padrão Publicado - 2004
ISO/IEC 18000-4	Parâmetros para Comunicação por Interface por Ar em 2,45 GHz	Padrão em Revisão Final
ISO/IEC 18000-6	Parâmetros para Comunicação por Interface por Ar em 860 a 930 MHz	Padrão Publicado - 2004
ISO/IEC 15961	Gerenciamento de Itens de RFID – Protocolo de Dados: Interface de Aplicação	Padrão Publicado - 2004
ISO/IEC 15962	Gerenciamento de Itens de RFID – Protocolo: Regras de Codificação de Dados e Funções de Memória Lógica	Padrão Publicado - 2004
ISO/IEC 15963	Gerenciamento de Itens de RFID – Identificação única do RF Tag	Padrão em Revisão Final

Fonte: R. MOROZ LTD, 2004.

3.4.1 EPCGLOBAL

A GS1 (2011) é uma associação internacional que não possui fins lucrativos e conta com organizações membros em mais de 100 países. Segundo a própria GS1 a organização é “dedicada à concepção e implementação de padrões globais e soluções para melhorar a eficiência a visibilidade das cadeias de oferta e demanda mundial e nos diversos setores”.

A EPCGlobal é um empreendimento da GS1. Também é uma organização sem fins lucrativos que controla, desenvolve e promove os padrões nas especificações do Sistema EPC. A EPCGlobal tem por objetivo a implantação deste sistema como padrão mundial (EPCGLOBAL, 2011).

Os componentes da RFID que já são padronizados pela EPC são:

- **Número EPC:** é o código de produto eletrônico. É único e utilizado para acessar os dados na rede EPC;
- **Etiqueta EPC:** possui um chip semicondutor, número de identificação e um transmissor conectado a uma antena;
- **Leitor de Radiofrequência:** emite ondas magnéticas que aciona a etiqueta RFID, faz a leitura da informação armazenada no microchip da tag, faz a decodificação, verificação, armazenamento dos dados comunicação com o computador;
- **ONS (Object Naming Service):** semelhante ao Serviço de Nome de Domínio (DNS) da Internet faz a tradução dos números EPC para endereços da Internet, fazendo com que as consultas com base em um número EPC sejam encaminhadas para os bancos de dados que possuem as informações solicitadas;
- **Savant™:** funciona como se fosse o “*sistema nervoso da rede*” também chamado de *EPC Middleware*, recebe o código do leitor, pergunta ao ONS onde encontrar as informações sobre um produto e faz a busca dos dados na rede;
- **EPC- IS (Electronic Product Code Information Service):** é um sistema que mantém os dados EPC, tais como regras de acesso, autenticação e controle.

3.5 VANTAGENS DA TECNOLOGIA RFID

A tecnologia em questão possui muitas vantagens em relação a outras formas de coleta de dados, tais quais (INTERMEC, 2007a):

- Mais de mil leituras podem ser realizadas por segundo, resultando em grande precisão e alta velocidade;
- Podem ser realizadas alterações nas tags RFID constantemente;
- Pode ser usada com outras tecnologias, como sistemas de código de barras e redes Wi-Fi.

Dentre as vantagens entre um sistema baseado em etiquetas de RFID comparado com um sistema de código de barras convencional, podemos citar (HODGES, 2005):

- A etiqueta RFID pode ser reaproveitada, enquanto que a etiqueta de código de barras uma vez definida é impressa e fixada no objeto que se deseja identificar;
- Alcance de leitura RFID é maior do que a do código de barras;
- Com a etiqueta RFID é possível verificar tempo de armazenagem ou associar informação ao processo de fabricação do item;
- É possível atualizar informação com os artigos em movimento, disponibilizando-as a qualquer ponto de consulta eletrônica, quando utilizado o sistema RFID;
- A leitura do código de barras precisa ser feita por uma pessoa, com a utilização de leitores, sendo mais complexa a automatização desta ação. Já na tecnologia RFID, como a leitura pode ser feita sem o envolvimento humano e com a obtenção de dados continuamente, resulta em leituras mais precisas e menos caras, pois pode ser lida em grande quantidade, simultaneamente;
- A etiqueta de RFID pode ser lida em qualquer direção, desde que esteja dentro da amplitude de rádio frequência dos leitores, diferente do código de barras que exige uma linha de visão;
- Os leitores de RFID podem se comunicar ao mesmo tempo com diversas etiquetas inteligentes;

- Quando exposta a líquidos, corrosivos ou sujos que possam danificar o material da etiqueta de código de barras, esta não funciona;
- Os dados que a etiqueta inteligente pode armazenar são maiores do que a etiqueta de código de barras;

A tabela 7 apresenta uma comparação do sistema RFID com outros sistemas.

Tabela 7 – Comparação do sistema de *RFID* com outros sistemas.

Parâmetros do Sistema	Código de Barras	OCR	Biometria	Cartões Inteligentes	RFID
Quantidade de dados (byte)	1-100	1-100	-	16-64k	16-64k
Densidade dados	Baixa	Baixa	Alta	Muito alta	Muito alta
Legibilidade da máquina	Boa	Boa	Alto custo	Boa	Boa
Influência da umidade/sujeira	Muito alta	Muito alta	-	Possível (contato)	Não influencia
Influência do revestimento	Falha total	Falha total	Possível	-	Não influencia
Influência da direção e posição	Baixa	Baixa	-	Unidirecional	Não influencia
Degradação/desgaste	Limitado	Limitado	-	Contato	Não influencia
Custos operacionais	Baixo	Baixo	Nenhum	Médio (contatos)	Nenhum
Cópia/modificação sem autorização	Simple e rápida	Simple e rápida	Impossível	Impossível	Impossível
Velocidade de leitura (incluindo manipulação de dados da portadora)	Baixa ~ 4s	Baixa ~ 3s	>5-10s	~ 4s	~ 0,5s
Distância máxima entre a informação e o leitor	0-50cm	<1cm (scanner)	Contato direto	Contato direto	0-5m (microondas)

Fonte: Finkenzeller, 2003.

4 SOLUÇÃO

Esta etapa do trabalho consiste em desenvolver um conjunto de ferramentas e dispositivos que demonstrem as vantagens e praticidade de um sistema completo de ponto de venda, com seu *hardware* e *software* planejados especificamente para o RFID. Seu objetivo é analisar o comportamento de um sistema RFID em um cenário real, possibilitando interações diretas da tecnologia com o cliente final.

O objetivo da solução de *hardware* e *software* é criar um produto acessível exemplificando o funcionamento do sistema, a fim de despertar o interesse e necessidade de empresas do comércio atacadista e do varejo, de pequeno e médio porte.

Este capítulo conceitua a prática e as principais ferramentas existentes para desenvolvimento de um sistema de ponto de venda; o *hardware* de modo geral e em especial a etapa de criação mais complexa; o *software*, com suas variações e possibilidades diversas de linguagens de programação; o banco de dados e ambientes de desenvolvimento.

No mercado de automação comercial existe uma grande diversidade de fornecedores de *hardware*. Nossa solução foi projetada para obter máxima compatibilidade em ambientes complexos, sem comprometer os legados de tecnologias que vão conviver lado a lado com o RFID por algum tempo, como por exemplo, do *scanner* de código de barras.

Na implementação da etapa de *software* na solução de RFID, foi escolhido o C#, que permite portabilidade e uma programação de alta produtividade. O aplicativo faz a conexão com o banco de dados através da linguagem de programação para banco de dados SQL (*Structured Query Language*), de tal forma que os dados são armazenados em XML (*Extensible Marcable Language*), podendo ser abertos por qualquer editor de planilhas ou outros *softwares* de gerência de estoque, o que aumenta a compatibilidade da solução com aplicações existentes nos usuários. Tudo isso foi desenvolvido em uma única IDE (*Integrated Development Environment*), o Visual Studio 2010, trazendo ampla integração e produtividade. Tais características serão defendidas nos tópicos que seguem.

4.1 PONTO DE VENDA (PDV)

É o local onde efetivamente se concretiza a venda ao consumidor. O termo ponto de venda também é utilizado para descrever o conjunto de equipamentos que realiza de fato a venda ao consumidor, exemplificado na figura 20 (ECR Brasil, 2011).



Figura 20 - Ponto de Venda de auto-atendimento
Fonte: IBM Self Checkout Systems 600 and 800 Series models (IBM, 2011).

O ponto de venda é utilizado para automatizar as funções dos caixas, constituindo-se geralmente de um microcomputador e periféricos, tais como: impressora fiscal, leitor de códigos de barras, leitor de *tags* RFID, gaveta de

dinheiro, teclado e monitores de vídeo para visualização dos produtos e saldo da compra. Conjunto este também conhecido como *checkout* (SILVA, 2007).

A implementação da solução de ponto de venda com leitura de RFID baseia-se em um PDV com caráter acadêmico, contemplando como *hardware* o leitor de RFID, que realiza a comunicação com a porta serial (sendo alimentado com 5 Volts da porta USB) de um microcomputador de mesa ou portátil e como *software* a aplicação desenvolvida para consulta e inclusão ao banco de dados de produtos.

Ao acessar o aplicativo, define-se em qual porta serial o leitor de RFID foi conectado; seleciona-se qualquer função de leitura de *tags*, “Pesquisar Produto” ou “Inserir novo Produto”; ao clicar em “Ler código RFID” a porta serial é acessada e aguarda pela leitura da etiqueta através do leitor. Ao receber o valor emitido pelo sistema, o software realiza a busca no banco de dados pelo produto correspondente a aquele código e mostra na tela. Quando na ocasião de um novo produto, ele permite seu cadastro na base de dados.

4.2 HARDWARE

O *hardware* é definido como qualquer equipamento que compõe um computador ou qualquer dispositivo eletrônico (UFRGS, 2011). Devido à ainda crescente porém, pequena demanda de circuitos integrados de tecnologia RFID, nossa equipe teve dificuldades em encontrar componentes para desenvolver um coletor de dados RFID. Existem no mercado alguns *hardwares* proprietários de custo acessível que puderam ser testados, dentre eles o modelo AP25 da empresa Acura Security, que foi adquirido a fim de viabilizar o projeto. A figura 21 exemplifica um diagrama típico de como é construído um *hardware* leitor de RFID (ELETRÔNICA.ORG, 2011).

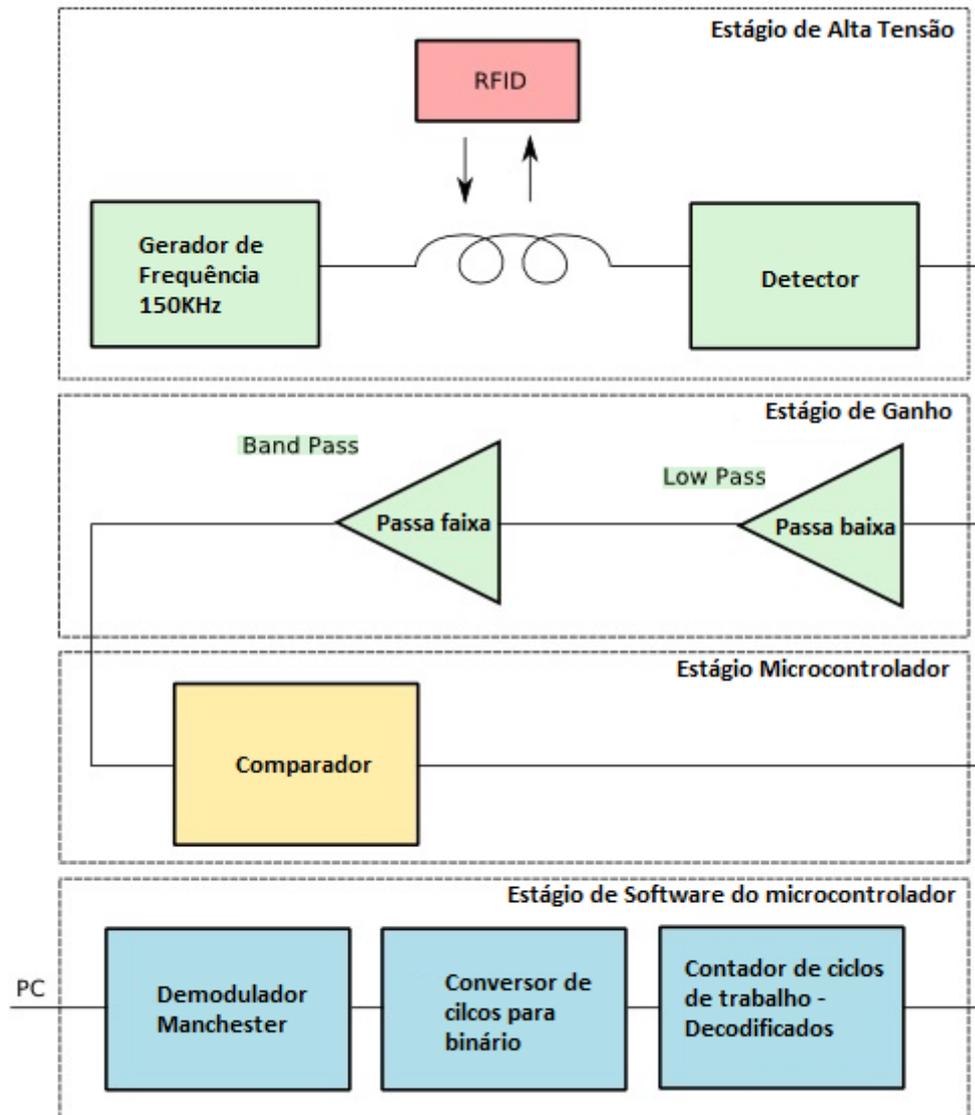


Figura 21 - Diagrama típico de leitor de tags RFID.
 Fonte: Eletronica.org (2011).

Para facilitar o entendimento do *hardware*, apesar de ser proprietário, o fabricante disponibilizou junto ao mesmo a tabela 8, informando todas as características de funcionamento do leitor de etiquetas.

Tabela 8 - Características do leitor RFID modelo AP25

AP25	Características	Valor
Dados elétricos:		
	Tensão:	5 a 12 Volts corrente continua
	Corrente:	65mA
	Conexão:	RS-232
	Distância de leitura:	25cm com etiqueta padrão
	Frequência:	125KHz
	Dimensões:	12 x 4,6 x 2,35 cm
	Temperatura de operação:	-10 até 60 Graus Celsius
Conexões;		
	Fio Vermelho:	+5V até +12V
	Fio Preto:	Terra
	Fio Verde:	Dados RS-232
	Fio Branco:	Sem conexão
	Fio Azul:	Sem conexão
	Fio Laranja:	Sem conexão
RS-232:		
	Taxa de transferência:	9600bps
	Paridade:	Nenhuma
	Bits de dados:	8
	Bits de parada:	1
	Dados:	HEX
	Formato:	ASCII

Fonte: RFID Shop (2011).

Para maior conectividade do leitor de *tags* RFID, foi utilizado para a conexão de dados serial um conector padrão DB-9. Para a alimentação elétrica do circuito, que deve variar entre 5 a 12 volts em corrente continua, foi utilizado um conector USB. Desta maneira não é necessário o uso de tomadas elétricas, pois aproveitam-se os recursos do próprio ambiente, reduzindo custo de produção do *hardware* e menor consumo de energia para o cliente final, conforme diagrama da figura 22.

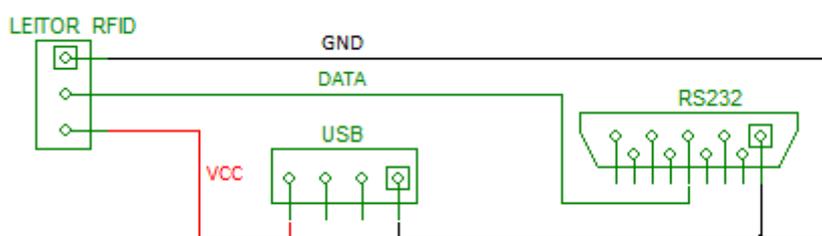


Figura 22 - Diagrama de conexões
Fonte: Autoria própria.

Nas simulações realizadas e demonstradas na tabela 9, foi possível visualizar um cenário muito otimista para o uso do RFID na rede varejista e atacadista do comércio em relação às demais tecnologias existentes no mercado, como por exemplo, o código de barras.

Tabela 9 - Testes de leitura de *tags* RFID.

Medição:	Duração:	Tags lidas:	Medição:	Duração:	Tags lidas:
1	10s	43	7	60s	330
2	10s	43	8	60s	290
3	10s	48	9	60s	311
4	10s	52	10	60s	318
5	10s	51	11	60s	295
6	10s	59	12	60s	305
Média 10s:		49	Média 60s		308
Desvio padrão 10s:		6	Desvio padrão 60s:		15

Fonte: Autoria própria.

Para o experimento foi simulado um ambiente de supermercado, sendo composto de um *checkout* com esteira e os produtos passando um a um sequencialmente; foi possível a leitura de uma média aproximada de 49 etiquetas de rádio frequência a cada leitura, com 10 segundos de operação, ou seja, 5 produtos por segundo. Em outras amostragens, desta vez operando de maneira contínua por 60 segundos, foi possível a leitura de uma média de aproximada de 308 *tags* por experimento, comprovando a mesma média de 5 produtos a cada 1 segundo de operação.

A foto com o leitor, cabos e etiquetas utilizados neste projeto encontra-se no apêndice A deste trabalho.

4.3 SOFTWARE

O *Software* como programa de computador é a interface que realiza a comunicação entre homem e máquina, é composto de uma sequência de instruções que são seguidas passo a passo por um processador ou máquina virtual (*framework*), de tal forma que no final do roteiro seja gerada, manipulada ou redirecionada alguma informação, dados ou acontecimento.

Serão demonstradas as etapas, métodos e opções de criação e modelagem do *software* de um ponto de venda, em todas as fases de desenvolvimento.

Como se trata de um sistema de ponto de venda, houve a necessidade de utilização de programação avançada com reaproveitamento de código fonte, banco de dados e a possibilidade de uma solução independente do SO (Sistema Operacional, utilizando-se das vantagens dos *frameworks*.

4.3.1 Introdução à programação

“Construir soluções de *software* utilizando qualquer plataforma é algo extremamente detalhado e muito específico” (TROELSEN, 2009).

Normalmente, programas de computador são escritos em linguagens de programação, pois estas foram projetadas para aproximar-se das linguagens usadas por seres humanos. Raramente a linguagem de máquina, *assembly*, é utilizada para se desenvolver um *software* (CENTRAL ARTIGOS, 2011).

Existem vários tipos de programas. Quanto mais próxima for a linguagem de programação da linguagem de máquina, chama-se de linguagem de baixo nível. Enquanto linguagens que se parecem com instruções humanas, como por exemplo, faça algo enquanto certa variável for menor ou igual a outra variável, chamamos de linguagem de alto nível, estas porém precisam de interpretadores que a traduzam

para a linguagem de máquina, de baixo nível, pois é a única que os *hardwares* interpretam. Estes tradutores são chamados de compiladores. (TROELSEN, 2009).

Podem ser criados programas de computador à partir de uma rotina escrita em um editor de textos comum, seja aquela simples, somando um número com outro, ou complexa, processando a folha de pagamento de uma grande empresa, até mesmo a previsão do tempo. A rotina deve ser compilada com o auxílio de um conjunto de ferramentas de desenvolvimento de *software*, conhecidos como SDK, do inglês *Software Development Kit*, ou principalmente, com o auxílio de ferramentas de alta produtividade de criação e desenvolvimento de aplicativos, conhecidos como ambientes de desenvolvimento integrado.

4.3.1.1. IDE – Ambientes de Desenvolvimento Integrado

Ambiente de desenvolvimento integrado, chamado à partir de agora de IDE, do inglês *Integrated Development Environment*, é uma ferramenta que procura integrar todas as necessidades de um programador, é ainda uma ferramenta de geração de código pois, por exemplo, pode-se desenhar janelas e objetos à partir de modelos já prontos e reaproveitá-los, apenas arrastando o ponteiro do *mouse*, técnica esta conhecida como RAD, Figura 23, do inglês *Rapid Application Development*.

Uma boa IDE contém recursos como (ARTIGOS TOL, 2011):

- **Editor** – edita o código-fonte do programa escrito na(s) linguagem(ns) suportada(s) pela IDE;
- **Compilador** – conversor de linguagem específica transformando em *assembly*;
- **Modelagem** – criação de objetos, interfaces, associações e interações dos objetos envolvidos no desenvolvimento;
- **Geração de código** – recursos RAD;
- **Distribuição** – auxilia no processo de criação do instalador do *software*, seja em arquivos ou via internet;

- **Refatoração** - consiste na melhoria constante do código-fonte do *software*.

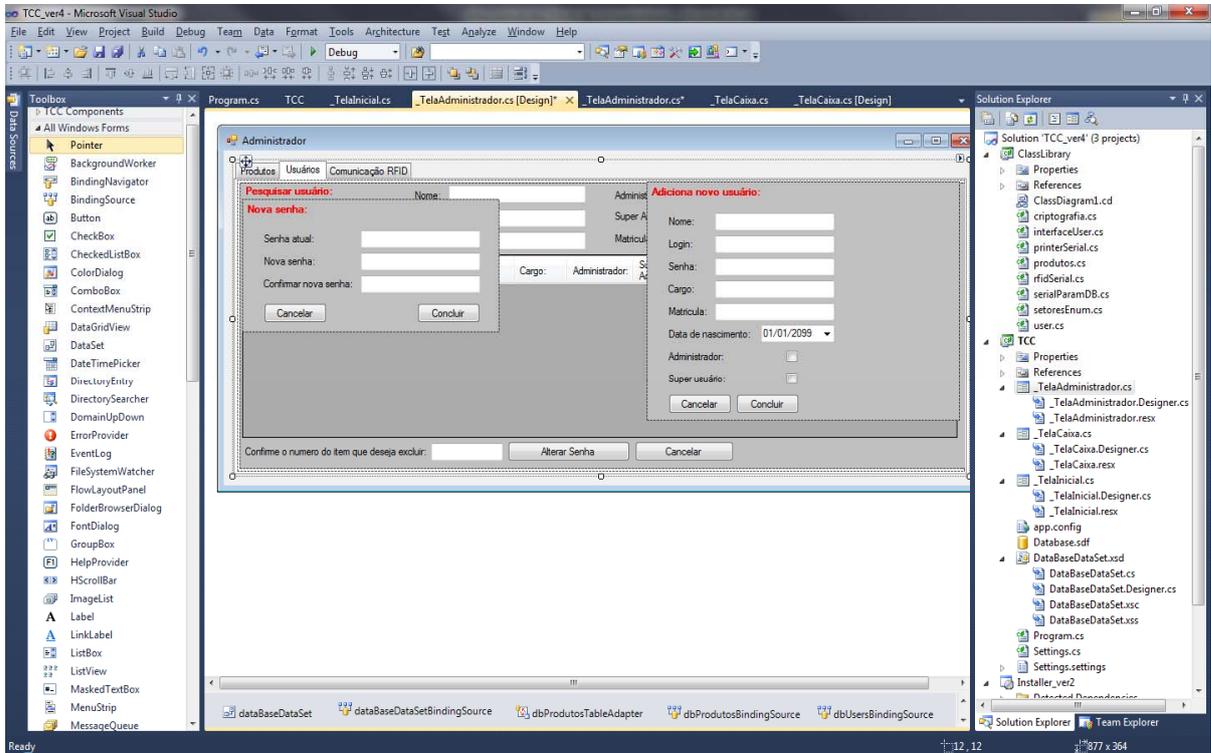


Figura 23 - Desenvolvimento gráfico com ferramentas RAD no Visual Studio 2010.
Fonte: Autoria própria.

Como exemplos pode-se citar o Visual Studio .NET, figura 23 e 24, da Microsoft, que foi o melhor classificado pela equipe, para desenvolver o *software* de automação comercial. Ainda temos o Eclipse, o SharpDevelop e NetBeans como os principais IDE do mercado, cada um com sua especialização, por exemplo o Eclipse é voltado para a linguagem Java (ARTIGOS TOL, 2011).

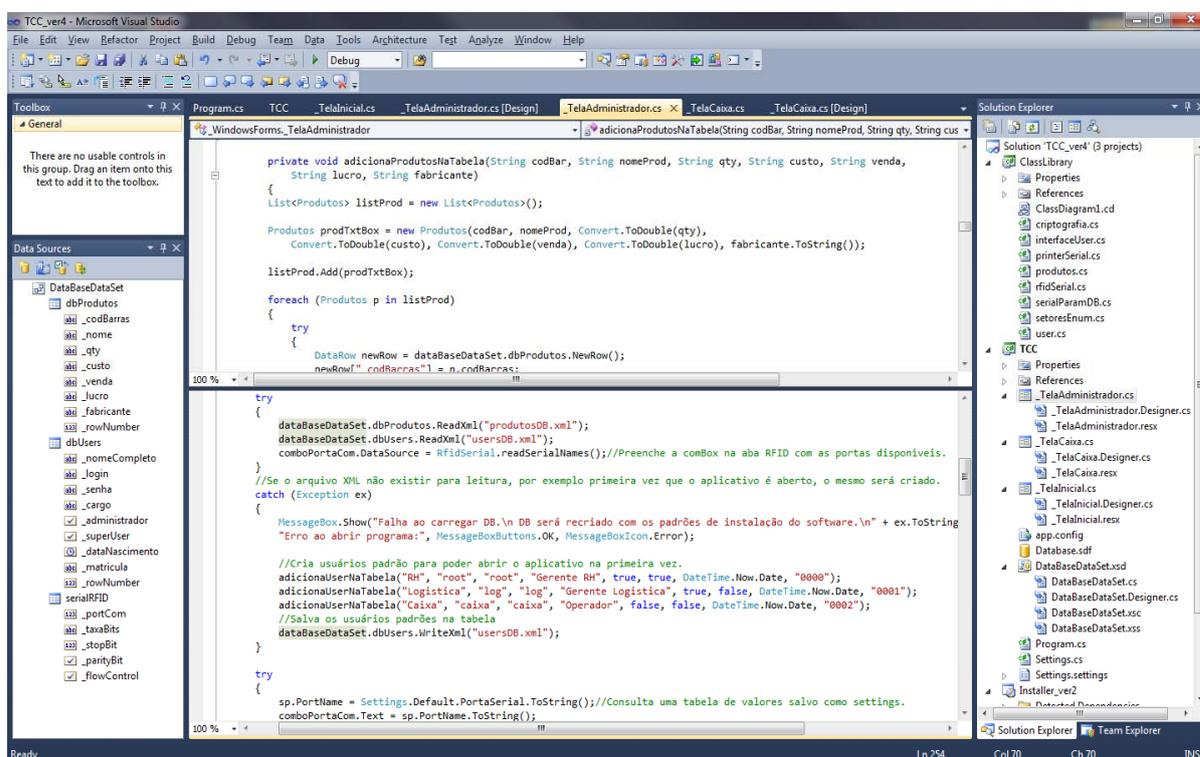


Figura 24 - Desenvolvimento de código C# no Visual Studio 2010.
Fonte: Autoria própria.

A equipe escolheu o Visual Studio 2010 Professional da Microsoft, por ser voltado completamente ao *framework* .NET, lê-se do inglês *dot-net*, e à linguagem de programação C#, lê-se *C-Sharp*, estes itens serão discutidos posteriormente. O Visual Studio conta ainda com suporte integrado para refatoração de código, utilitário para projetos visuais (janelas), ambiente de testes do aplicativo e ainda suporte à portabilidade multi-plataforma, para Windows ou alguns outros Sistemas Operacionais, Internet, dispositivos portáteis e *smartphones* com Windows Mobile ou portáteis com Windows CE.

Segundo Troelsen (2009), "...o Visual Studio 2008 fornece tantos recursos que seria necessário um livro inteiro (um livro bem grande) para descrever completamente cada aspecto do IDE".

4.3.1.2. Programação orientada a objeto, reutilização de código

Conforme Welling e Thomson (2005), "...a reutilização de código resulta em código consistente, mais fácil de fazer manutenção e mais confiável com menos esforço".

Dessa forma pode-se reutilizar o código-fonte para escrever novos programas ou reutilizar trechos do mesmo em ocasiões repetitivas, em diversas etapas do mesmo código, como por exemplo, uma janela de confirmação de "sim", "não" ou "cancelar", não precisa ser reescrita todas as vezes que ela for necessária, podendo ser reutilizada várias vezes em situações dentro de um mesmo aplicativo ou em *softwares* diversos.

Com a utilização desta técnica se obtém resultados grandiosos, com alta produtividade, redução de custos, confiabilidade, consistência, otimização de testes, espaço de armazenamento e "leveza" do *software*.

As linguagens de programação mais modernas, como o C++, Java, PHP, suportam ou foram criadas especificamente, como o C#, sob o conceito de orientação a objetos. As linguagens orientadas a objeto procuram utilizar ao máximo as classificações, funções, os relacionamentos e as propriedades dos objetos no sistema, facilitando a modelagem e desenvolvimento de aplicativos (WELLING; THOMSON, 2005).

4.3.2 Plataforma *.NET framework*

O *.NET framework* oferece suporte à criação e execução de aplicativos e serviços da internet, também fornece um ambiente gerenciado de execução, desenvolvimento e implantação simplificados, com integração a diversas linguagens de programação, dentre elas C, C++, COBOL, C#, XML, Visual Basic, Pascal entre outras. Possui ainda vasta referência, biblioteca de classes, compiladores e ferramentas de linha de comando (*.NET FRAMEWORK 4*, 2011).

É uma nova abordagem que visa facilitar a vida dos programadores em meio a ambientes extremamente diversificados e complexos, é um novo modelo para construir sistemas baseados na família Windows de sistemas operacionais, como também Mac OS X da Apple e diversas distribuições Unix e Linux. Possibilita a interoperabilidade completa com o código existente, ou seja, interoperabilidade com legados; integração completa e total de linguagem, com herança e manipulação de exceções; um mecanismo de tempo de execução comum compartilhado por todas as linguagens; uma biblioteca de classe básica completa, diminuindo a complexidade e trazendo consistência ao código; um modelo de implementação simplificado, pois com ele não há necessidade de fazer registros binários no registro do sistema, além de permitir várias versões de bibliotecas de classes, conhecidas como DLL ou *.dll (TROELSEN, 2009).

A figura 25, visa exemplificar o .NET framework e sua interação com todo o sistema, linguagens, objetos e aplicações.

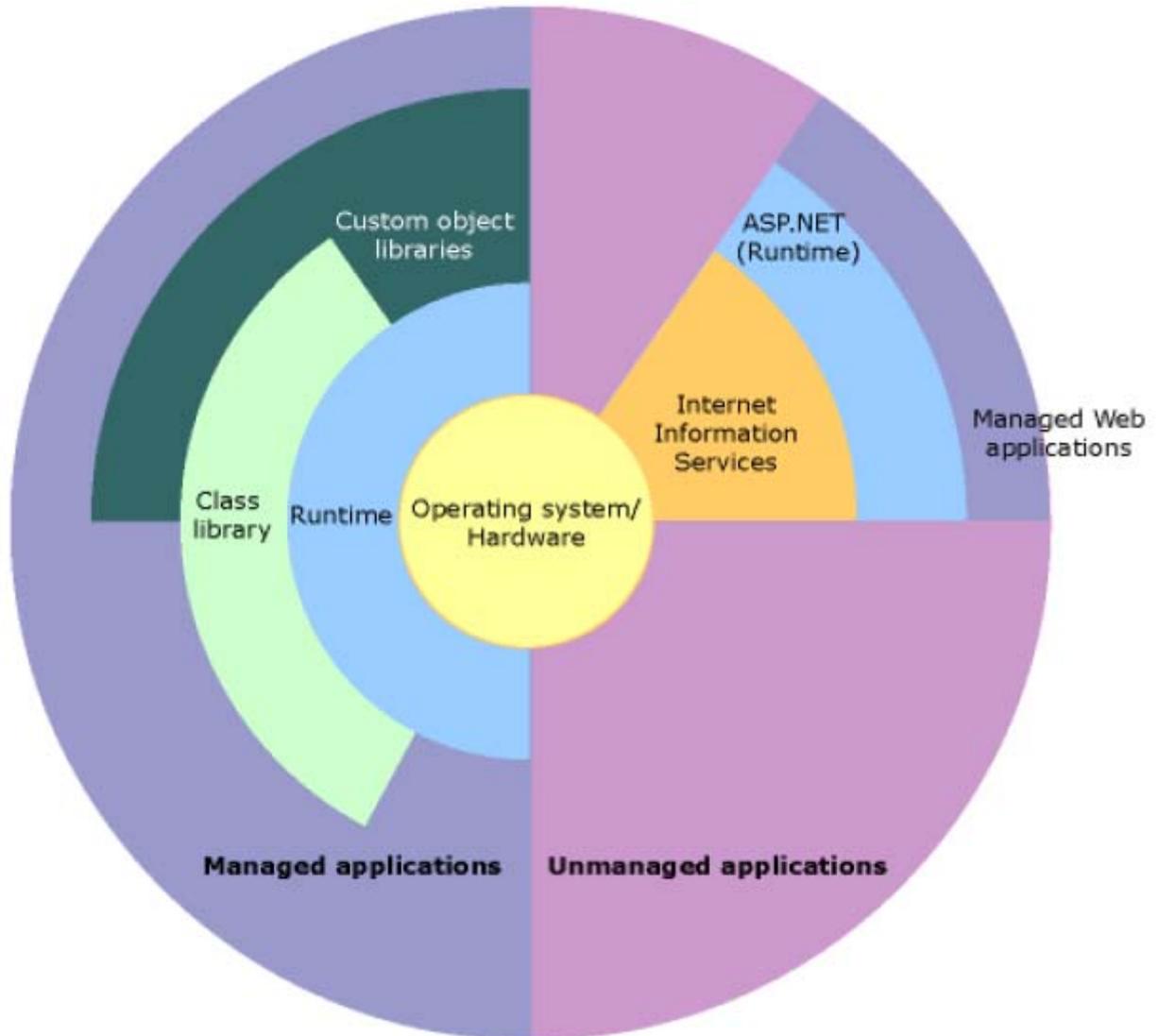


Figura 25 - .NET *framework* em contexto.

Fonte: Visão geral conceitual do .NET Framework (Microsoft, 2011).

4.3.3 Linguagens de programação

Para escrever o *software* de automação comercial foi utilizado C#, uma linguagem moderna, popular, de alto nível e, sobretudo, padronizada por órgãos regulamentadores internacionais. Neste tópico serão demonstradas suas principais características e vantagens em relação aos seus concorrentes de mercado, o XML e o Java.

O C# teve seu lançamento em 2001 quando a Microsoft submeteu sua padronização na ECMA *Internacional* (*European Computer Manufacturers Association International*), recebendo a especificação ECMS-334. Em 2003 tornou-se padrão ISO (Organização Internacional de Padronização) e IEC (Comissão

Internacional Eletrotécnica), sob numero ISO/IEC 23270 (ISO/IEC...) e em 2010 foi lançada sua versão 4.0 (MICROSOFT, 2010).

Conforme Troelsen (2009, p. 7) "... não é preciso chamar o C# de uma quebra do Java. Tanto C# quanto Java fazem parte da família C de linguagens de programação (C, Objective C, C++, etc) e, portanto, compartilham uma sintaxe similar. Assim como o Java de muitas maneiras é uma versão mais limpa do C++, o C# pode ser visto como uma versão mais limpa do Java."

A Proposta geral do C# envolvida na padronização ISO/IEC definiu a linguagem como (ISO/IEC 23270, 2006):

- C# pretende ser simples, moderno, de uso geral e orientado a objeto;
- Ser uma linguagem fortemente tipada e com gerenciamento automático de memória, chamado de *Garbage Collector*;
- Criar *softwares* robustos de alta durabilidade e elevada produtividade de programação;
- Seu código fonte tenha portabilidade, especialmente para programadores já familiarizados com C e C++;
- Suporte a internacionalização;
- Aplicações desenvolvidas em C# terão a intenção de uso econômico de esforço computacional de processador e memória;

A Linguagem de Marcação Estendida conhecida como XML, do Inglês *Extensible Markup Language*, também é uma linguagem padronizada pelos órgãos ISO/IEC e ainda pelo ANSI (Instituto Nacional Americano de Padronização) sob número ANSI/ISO/IEC 9075-14 (ORACLE, 2009).

Hoje o XML é o mais conhecido formato de intercâmbio de dados na internet. Diversas aplicações modernas podem interagir com uma aplicação existente, permitindo que um mesmo dado possa ser acessado de uma página da internet, um editor de planilhas ou até mesmo por aparelhos celulares (IBM, 2006).

O Java é uma linguagem orientada a objeto com raízes no C++, possui grande suporte a independência de plataforma e eliminou muitos aspectos sintáticos ruins do C. Possui conectividade com banco de dados, pode ser utilizado para a internet e pode construir interfaces ricas para usuário de computadores de mesa. Porém possui pouco suporte para a integração entre outras linguagens (TROELSEN, 2009).

Segundo Troelsen (2009) “embora Java seja uma linguagem elegante, um problema potencial é que sua utilização tipicamente significa que deve usá-la do início ao fim do ciclo de desenvolvimento.”.

4.3.4 Banco de dados

Para a criação do *software* de PDV, foi escolhida pela equipe, a linguagem Microsoft SQL. Foi escolhido ainda o XML, como tipo de armazenagem de dados, por ser amplamente difundido entre os desenvolvedores, por suas características de modelo relacional e estar integrada na IDE de desenvolvimento Visual Studio.

Estas linguagens estão presentes nativamente no SO Windows, sem precisar configurar nenhum componente extra. Foram escolhidas principalmente por serem normalizadas internacionalmente e também pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, sob os documentos NBR/ISO/ANSI/IEC 9075. Existem também diversas outras linguagens para banco de dados no mercado, como por exemplo, o DB2 da IBM e o MySQL da Oracle (ORACLE, 2009).

Biava (2010) descreve um banco de dados ou também conhecido como base de dados, como um conjunto de registros dispostos em uma estrutura regular, comumente tabelas, de modo que seja possível a reorganização dos mesmos e produção de informação. Estas estruturas normalmente agrupam registros utilizáveis para um mesmo fim. A organização destas tabelas em linhas e colunas é conhecida como modelo relacional.

“O modelo relacional é uma teoria matemática desenvolvida por Edgard Frank Codd, matemático e pesquisador da IBM, para descrever como as bases de dados devem funcionar.”. (BIAVA, 2010).

Um tipo de dado é uma representação lógica de um valor literal, formando um conjunto de valores representáveis, onde a implementação física deste valor é dependente, ou seja, um valor qualquer que deseja-se incluir, consultar ou atualizar em uma base de dados. Através da linguagem SQL, modelo relacional em tabelas, um tipo de dado pode ser representado de maneira lógica em linguagem XML, que não é uma tabela e sim uma maneira de se organizar os dados. (NBR 9075, 1998).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo desenvolvido, verificamos que a tecnologia RFID possui diversas vantagens sobre as tecnologias de identificação mais utilizadas atualmente e as empresas que já adotaram esta tecnologia apresentam diferencial competitivo em relação às demais. Já é utilizada no comércio em geral, entretanto com maior ênfase na cadeia de suprimentos do atacado.

A tecnologia em questão ainda é pouco utilizada no comércio varejista, sendo que neste ramo algumas vezes é inviável e o fator que mais contribui para esta situação é o custo, pois algumas vezes o preço da etiqueta seria semelhante ou superior ao do próprio produto. Com o custo da etiqueta passiva em torno de 20 a 40 centavos de dólar, seu uso no momento ainda é mais indicado em equipamentos de ponta com custo elevado, tais como bebidas, moda e calçados, documentos de identidade digital (por exemplo, os passaportes eletrônicos – os *e-passports*) móveis e eletrodomésticos em geral.

Com a popularização da tecnologia, o custo com a implementação em larga escala tende a reduzir, viabilizando a aplicação de ponta a ponta em toda a cadeia do atacado ao varejo, chegando em breve a todos os produtos, assim como ocorre hoje com o código de barras. Atualmente já movimenta mais de US\$ 4 bilhões, com taxas anuais de crescimento de 20%, com previsão de atingir US\$ 8,4 bilhões em 2012 (LABEL LATINOAMERICA 2011, 2011).

Conforme dados dos testes realizados durante o projeto (Tabela 9: Testes de leitura de *tags* RFID) foi possível a leitura de aproximadamente 300 produtos em média a cada 1 minuto de operação. A partir deste dado, é possível observar alguns pontos:

- Tempo ganho pelo consumidor durante a leitura de produtos no *checkout*;
- Maior fluxo de clientes;
- Redução das filas;
- Satisfação do consumidor, resultado da agilidade no atendimento;
- Redução de número de *checkout* por consequência de menor tempo na fila e aumento de produtividade por operador de PDV;

- Otimização de espaço físico do ambiente de loja, resultado obtido pela redução de número de *checkout*;
- Otimização do quadro de funcionários;
- Redução de custos com folha de pagamento;
- Melhora na qualidade de trabalho e saúde dos operadores de caixa, diminuição de lesões por esforço repetitivo, devido à atividade de posicionar o produto diante do leitor de código de barras;
- Redução de custos com TI (Tecnologia da Informação), devido à redução de quantidade de equipamentos;
- Precisão e agilidade no inventário de produtos.

Dentre as dificuldades que encontramos no decorrer da pesquisa, podemos citar empecilhos ao tentar adquirir um kit educativo oferecido pela Texas Instruments para o estudo da tecnologia, pois tal produto não foi disponibilizado. Também encontramos grande dificuldade para adquirir livros sobre o assunto em português, além da pouquíssima variedade de livros sobre o assunto oferecido pelas livrarias do país, ainda faltava constantemente nos estoques das mesmas. Devido a pouca quantidade de empresas fornecedoras de produtos RFID em Curitiba, a variedade dos produtos era pouca e por conseqüência, o preço dos componentes do sistema RFID, em geral eram mais caros, como podemos citar o caso dos leitores.

Através do projeto foi possível conhecer a tecnologia e demonstrar a viabilidade para aplicação da mesma através do estudo e simulação propostos. Destacamos também a importância do conhecimento adquirido nas disciplinas estudadas durante o período do curso e que pudemos utilizar no projeto, dentre as quais, Meios de Transmissão (Antenas), Técnicas de programação, Sistemas de Comunicações, Comunicação de dados, Redes de Comunicação 1 e 2, Radiopropagação, Tópicos de Comunicação, Gestão de Empresas e Gestão de Projetos.

REFERÊNCIAS

AHSON, Syed; ILYAS, Mohammad. **RFID handbook: Applications, Technology, Security, and Privacy**. Boca Raton, USA. CRC Press, 2008.

ANATEL. **Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil**: Gerência de Engenharia do Espectro. Brasília: ANATEL. 2010. 174p.

ARAÚJO, Regina Borges de. **Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios**. 21º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. 1 ed. Natal, Rio Grande do Norte. 2003. 71p.

ARTIGOS TOL. **Sobre Ambientes de desenvolvimento integrado**. Disponível em: <<http://www.centralartigos.com/tecnologia/programa-de-computador.html>>. Acesso em: 14 de abr. 2011.

BARBOSA, Gustavo; RABAÇA, Carlos Alberto. **Dicionário de comunicação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.

BIAVA, Vanderlei. **Banco de Dados**. 2010. 20 f. Escola Profissionalizante ESSEI, Francisco Beltrão, 2010.

BOSCHETTI, Cesar. **Conceitos fundamentais em ciência e tecnologia**. 2008. Disponível em: <<http://www.las.inpe.br/~cesar/Infrared/conceitos.htm>>. Acesso em: 01 jun. 2011.

CENTRAL ARTIGOS. **Programa de computador**. Disponível em: <<http://www.centralartigos.com/tecnologia/programa-de-computador.html>>. Acesso em: 14 de abr. 2011.

COULOURIS, George; DOLLIMORE, Jean; KINDBERG, Tim. **Sistemas Distribuídos: conceitos e projetos**. 4. ed. São Paulo: Artmed, 2007.

CRUZ; Valdemiro. **RFID: Identificação por Radiofrequência**. Saber Eletrônica, São Paulo, ed. 447, p. 26, 2010. Bimestral. ISSN 0101-6717.

DOMINGUES, Fabiano L. **Computação Ubíqua**. 2008. Disponível em: <www.hardware.com.br/artigos/computacao-ubiqua/>. Acesso em: 11 mai. 2011.

ECR Brasil. **Glossário**. Disponível em: <<http://www.ecrbrasil.com.br/ecrbrasil/page/glossario.asp?letra=P&pagina=1>>. Acesso em 07 mai. 2011.

EINSTEIN, Albert. **Pensador.Info**. Disponível em: <<http://pensador.uol.com.br/frase/MTEyNTc/>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

ELETRONICA.ORG. **Leitor RFID**. Disponível em: <<http://www2.eletronica.org/projetos/leitor-rfid>>. Acesso em: 08 de mai. 2011.

ENCICLOPÉDIA BARSÁ UNIVERSAL. **Rádio**. São Paulo: Barsa Planeta, 2007. v. 15.

EPCGLOBAL. **Apresentação**. Disponível em: <<http://www.epcglobalbr.com.br/main.jsp?lumChannelId=4080818B10B6BEFB0110B6C716F001A5>>. Acesso em: 02 mai. 2011.

_____. **The global language of business**. 2007. Disponível em: <http://www.gs1.org/docs/epcglobal/TagClassDefinitions_1_0-whitepaper-20071101.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2011.

FAHIM, Gouveia. **Projeto de um transceptor óptico para comunicação digital em espaço livre**. 116 p. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FAHL, Claudio Roberto. **Um estudo sobre a Viabilidade de Implantação de Etiquetas Inteligentes como Vantagem Competitiva em um Centro de Distribuição**. Campinas: 2005, 95p. IPEP, 2005. Disponível em: <<http://www.ipep.edu.br/TCC/Monografia%20IPEP.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2011.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 4. ed. Curitiba: Ed. Positivo, 2009.

FINKENZELLER, Klauss. **RFID Handbook Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification**. 2 ed. England: John Wiley & Sons Ltd., 2003.

GALLO, Michael A.; HANCOCK, William M. **Comunicação entre Computadores e Tecnologias de Redes**. Disponível em: <books.google.com.br/books?id=EPqgxOGYrTMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 15 mai. 2011.

GLOVER, Bill; BHATT, Himanshu. **Fundamentos de RFID: Teoria em Prática**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2007. 227p.

GS1. **About GS1**. Disponível em: <<http://www.gs1.com/about/overview>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

HAYKIN, Simon. **Sistemas de Comunicação Analógicos e Digitais**. 4. ed. São Paulo: Artmed, 2001.

HECKEL, Andrei Pedro. **Identificação por Rádiofrequência (RFID) Estudo Teórico e Experimentação via Simulação**. 2007. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2007.

HODGES, Steve; MCFARLANE, Duncan. **Radio frequency identification: Technology, applications and impact**. Cambridge University UK, Auto-ID Lab, September, 2005.

HUNT, V. Daniel; PUGLIA, Albert; PUGLIA, Mike. **RFID - A Guide to Radio Frequency Identification**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2007.

IBM. **DB2 Express-C: The Developer Handbook for XML, PHP, C/C++, Java, and .NET**. 1. ed. USA. 2006. 350p.

_____. **IBM Self Checkout Systems 600 and 800 Series models**. Disponível em: <<http://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?infotype=AN&s>>. Acesso em: 08 mai. 2011.

INTERMEC TECHNOLOGIES CORPORATION. **Fundamentos da RFID: Entendendo e usando a identificação por radiofrequência**. EUA, 2007 a.

_____. **Usos Práticos da Tecnologia RFID em Aplicações de Produção e Distribuição**. EUA, 2007 b.

ISO/IEC 23270. **Information technology: Programming languages – C#**. Suíça. 2006. 508p.

JARDIM, Fernando de Moraes. **Treinamento Avançado em Redes Wireless**. São Paulo: Digerati Books, 2007. 128p.

LABEL LATINOAMERICA 2011, 2011, São Paulo. **Radio Frequency Identification**. Disponível em: <<http://www.labellatinoamerica.com.br/rfid.htm>>. Acesso em: 19 jun. 2011.

LIMA, Luciana dos Santos. et al. **WiMAX: Padrão IEEE 802.16 para Banda Larga Sem Fio**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro: 2004. 58p.

MIGUENS, Altineu Pires. **Navegação: A Ciência e a Arte**. Vol. I Navegação Costeira, Estimada em Águas Restritas. 84p. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap14.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2011.

MARTINS, Vergílio Antonio. **RFID: Identificação por Radiofrequência**. Teleco: São José dos Campos, 2005. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrfid/default.asp>>. Acesso em: 30 abr. 2011.

MATEUS, Geraldo Robson; LOUREIRO, Antonio Alfredo Ferreira. **Introdução à Computação Móvel**. Departamento de Ciência da Computação da UFMG. 1998. 199p.

MICROSOFT. **.NET Framework 4**. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/w0x726c2.aspx>>. Acesso em: 04 de abr. 2011.

_____. **C# Language Specification: Version 4.0**. 4. ed. USA, 2010. 505p.

_____. **Visão geral conceitual do .NET Framework: .NET Framework 4**. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/zw4w595w.aspx>>. Acesso em: 04 de abr. 2011.

MONTEIRO Aluisio; BEZERRA, André Luiz Batista. **Vantagem Competitiva em Logística Empresarial Baseada em Tecnologia de Informação**. Ensaio Política Gestão Tecnológica. VI Semead. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.ead.fea.usp.br/Semead/6semead/PGT/018PGT%20-%20Vantagem%20Competitiva%20em%20Log%EDstica.doc>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

NBR 9075. **Tecnologia de informação**: Linguagem de banco de dados – SQL. Rio de Janeiro. 1998. 361p.

NOGUEIRA FILHO, Cícero Casemiro da Costa. **Tecnologia RFID aplicada à logística**. Rio de Janeiro, 2005. 103p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

ORACLE. **ANSI Standards**. 2009. Disponível em: <http://download.oracle.com/docs/cd/E14072_01/server.112/e10592/ap_standard_sql001.htm>. Acesso em 06 de abr. 2011.

PAIS, Júlia S.; COUTO, Marcos Vinicius B. **RFID Identificação por Rádio Freqüência**. 2009. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/rfid/historico.html>. Acesso em: 16 de fev. 2011.

PHILLIPS, Ted; KARYGIANNIS, Tom; KUHN, Rick. **Security Standards for the RFID Market**. IEEE Computer Society, 2005. V. 3. Issue 6. Disponível em: <www.computer.org/security/>. Acesso em: 30 abr. 2011.

R. MOROZ LTD. **Understanding Radio Frequency Identification (RFID)**. 2004. Disponível em: <<http://www.rfidcanada.com/rfid.html>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

RFID Shop. **GP25 Proximity RFID Reader**. Disponível em: <<http://www.rfidshop.com/gp25-proximity-rfid-reader-1296-p.asp>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

RFID Systems. **Inventory and Asset Tracking from RVB Systems Group**. Disponível em: <<http://www.barcode-solutions.com/rfid.shtml>>. Acesso em: 15 mai. 2011

RFIDJOURNAL. **WHAT is RFID?**. 2005. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1339/>>. Acesso em: 10 mai. 2011.

ROBERTI, Mark. **The History of RFID Technology**. RFID Journal. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/view/1338/>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

ROSA, Luiz Antonio. **Aplicação do RFID na Cadeia Logística**. 2006. 63 f. Monografia (MBA Tecnologia da Informação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SANCHES, Carlos Alberto. **Projetando Redes WLAN: conceitos e práticas**. 2 ed. São Paulo: Érica, 2007.

SANTINI, Arthur Gambin. **RFID: Conceitos, Aplicabilidades e Impactos**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.

SELADA, Rodrigo Sartre Cordeiro. **Redes Wireless de Banda Larga**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia em Informática) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2008.

SEUFITELLI, Claudia Boechat; HENRIQUE, Daniele Fontes; ROSA, Sérgio Inácio da; CARVALHO, Rogério Atem de. **Tecnologia RFID e seus benefícios**. Revista Vértices, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 11, n. 1/3, p. 19-26, jan./dez. 2009.

SILVA, João Lucas da. **Informatizando uma pequena empresa: competitividade e adequação ao mercado**. 2007. 16 f. Monografia (Colegiado de Administração) – Universidade Estadual Santa Cruz, Itabuna, 2007.

SIQUEIRA, Ethevaldo. **Para compreender o Mundo Digital**. São Paulo: Globo, 2008.

SUPER INTERESSANTE. **História das Comunicações**. jan. 2005. Disponível em: <http://super.abril.com.br/superarquivo/2005/conteudo_125529.shtml>. Acesso em: 09 mai. 2011.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. 4 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 945p.

TEIXEIRA, Edson Rodrigues Duffles. **Wimax**. Fev. 2004. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwimax/default.asp>>. Acesso em: 18 mai. 2011.

TITTEL, Ed. **Teoria e Problemas de rede de Computadores**. Porto Alegre: Artmed, 2003. 264p.

TROELSEN, Andrew. **Profissional C# e a Plataforma .NET 3.5: Curso Completo**. 4. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2009. 1262p.

TUDE, Eduardo. **Regulamentação para uso de Frequências no Brasil**. 2003. 5p. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfreq/default.asp>>. Acesso em: 03 abr. 2011.

UFRGS. **Glossário Técnico**. Disponível em: <http://www.pgie.ufrgs.br/alunos_espie/espie/silviab/public_html/espieufrgs/glossario.html>. Acesso em 10 de mai. 2011.

WELLING, Luke; THOMSON, Laura. **PHP e MySQL Desenvolvimento Web**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005. 754p.

WINDOWS FOR DEVICES. 2011. Disponível em: <<http://windowsfordevices.com/files/misc/JETT-RFIDyellow.jpg>>. Acesso em: 01 jun. 2011.

WIORA, Georg. **Funcionamento do Radar**. 2007. Disponível em: <http://dicionario.pro.br/dicionario/index.php?title=Radar>>. Acesso em: 28 mar. 2011.

APÊNDICE A



Foto do Leitor, cabos e etiquetas utilizadas no trabalho.

APÊNDICE B



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Sistema de Bibliotecas

DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Autor¹: _____

CPF¹: _____ Código de matrícula¹: _____

Telefone¹: (____) _____ e-mail¹: _____

Curso/Programa de Pós-graduação: _____

Orientador: _____

Co-orientador: _____

Data da defesa: _____

Título/subtítulo: _____

Tipo de produção intelectual: () TCC² () TCCE³ () Dissertação () Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei nº 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais,
- do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR; e
- que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de idéias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros) transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.

Assinatura do Autor¹

Local e Data

¹ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

² TCC – monografia de Curso de Graduação.

³ TCCE – monografia de Curso de Especialização.

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

APÊNDICE C

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Sistema de Bibliotecas

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO, DISSERTAÇÕES E TESES NO PORTAL DE INFORMAÇÃO E NOS CATÁLOGOS ELETRÔNICOS DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UTFPR

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UTFPR a veicular, através do Portal de Informação (PIA) e dos Catálogos das Bibliotecas desta Instituição, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o texto da obra abaixo citada, observando as condições de disponibilização no item 4, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, visando a divulgação da produção científica brasileira.

1. Tipo de produção intelectual: () TCC¹ () TCCE² () Dissertação () Tese

2. Identificação da obra:

Autor³: _____

RG³: _____ CPF³: _____ Telefone³: (____) _____

e-mail³: _____

Curso/Programa de Pós-graduação: _____

Orientador: _____

Co-orientador: _____

Data da defesa: _____

Título/subtítulo (português): _____

Título/subtítulo em outro idioma: _____

Área de conhecimento do CNPq: _____

Palavras-chave: _____

Palavras-chave em outro idioma: _____

3. Agência(s) de fomento (quando existir): _____

4. Informações de disponibilização do documento:

Restrição para publicação: () Total⁴ () Parcial⁴ () Não Restringir

Em caso de restrição total, especifique o por que da restrição: _____

Em caso de restrição parcial, especifique capítulo(s) restrito(s): _____

Local e Data

Assinatura do Autor³

Assinatura do Orientador

¹ TCC – monografia de Curso de Graduação.

² TCCE – monografia de Curso de Especialização.

³ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

⁴ A restrição parcial ou total para publicação com informações de empresas será mantida pelo período especificado no Termo de Autorização para Divulgação de Informações de Empresas. A restrição total para publicação de trabalhos que forem base para a geração de patente ou registro será mantida até que seja feito o protocolo do registro ou depósito de PI junto ao INPI pela Agência de Inovação da UTFPR. A íntegra do resumo e os metadados ficarão sempre disponibilizados.

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”