



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

EDUARDO PLASTI MELARA

**ESTUDO DA TECNOLOGIA RFID E SUA APLICAÇÃO NA
GESTÃO DE ESTOQUES**

Guaratinguetá

2011

EDUARDO PLASTI MELARA

ESTUDO DA TECNOLOGIA RFID E SUA APLICAÇÃO NA GESTÃO DE ESTOQUES

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Julien B. da S. Sampaio

Guaratinguetá

2011

M517e Melara, Eduardo Plasti
Estudo da tecnologia RFID e sua aplicação na gestão de estoques / Eduardo Plasti Melara. – Guaratinguetá : [s.n], 2011.
81 f.
Bibliografia: f. 80

Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica –
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de
Guaratinguetá, 2011.
Orientador: Prof Dr Daniel Julien B. da S. Sampaio

1. Controle de estoque I.Título

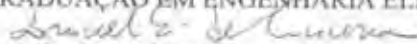
CDU 658.78

ESTUDO DA TECNOLOGIA RFID E SUA APLICAÇÃO NA GESTÃO DE ESTOQUES

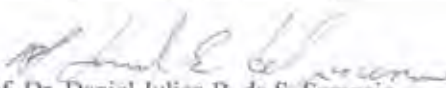
EDUARDO PLASTI MELARA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **GRADUADO**
EM ENGENHARIA ELÉTRICA

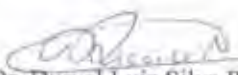
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA


Prof. Dr. Samuel Euzédice de Lucena
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Daniel Julien B. da S. Sampaio
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Msc. Fernando Ribeiro Filadelfo
UNESP-FEG


Prof. Dr. Durval Luiz Silva Ricciulli
UNESP/FEG

Dezembro de 2011

DADOS CURRICULARES

EDUARDO PLASTI MELARA

NASCIMENTO	25.10.1982 SÃO PAULO/SP
FILIAÇÃO	Paulo Melara Jr Sonia Aparecida Plasti Melara
2005/2011	Curso de Graduação em Engenharia Elétrica Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

Dedico a minha família, que sempre me apoiou em todos momentos de minha vida, principalmente nos que mais precisei. Aos meus amigos, que sempre me acompanharam lado a lado. A República Taj Mahal, que me proporcionou um aprendizado a parte sobre a vida. Aos meus professores, que me tornaram um engenheiro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço minha família Sonia Aparecida Plasti Melara, Luiz Antônio Cortez, Alexandre Plasti Melara, Thais Plasti Melara e Zelinda Rondina, sem vocês nada disso seria possível. A tudo que me ensinaram, aos valores que me passaram, a mostrar que mesmo nos momento de dificuldade tudo tem uma solução. Sem vocês eu não seria metade do homem que sou, não seria metade do engenheiro que me tornei e não teria nenhuma das qualidades que mais tenho orgulho em ter. Não tenho palavras para expressar o orgulho que tenho por vocês e não é num simples parágrafo de agradecimento que vou conseguir isso. Espero ser um irmão, filho e neto a altura do que vocês merecem. Agradeço ao meu avô Paulo Melara pelo carinho que me deu desde meus primeiros dias. Todos os dias me inspiro em vocês.

Agradeço meus amigos por todos os momentos que passamos juntos. Um agradecimento especial para Angélica Arakaki pela parceria, carinho e pelos últimos 2 anos de alegrias. Aos companheiros da República Taj Mahal, que me mostraram como a parceria e convivência pode fazer a diferença na vida de um estudante. Agradeço em especial Kleber Lourenço De Paula Silva pelo exemplo de caráter e coração em todos esses anos de república.

Aos funcionários da faculdade que sempre me atenderam com simpatia e sempre foram muito prestativos.

Finalmente, agradeço aos professores que viam nos alunos o motivo de sua vida acadêmica. A dedicação destes nos da um aprendizado além das aulas. A dedicação de suas aulas são um diferencial em nosso futuro e seus ouvidos, escutando os alunos e nos atendendo com paciência, foram o diferencial na faculdade.

“Eu não falhei. Eu descobri 10.000 formas que não funcionam.”

Thomas Alva Edison

MELARA, E. P. **Estudo da Tecnologia RFID e sua Aplicação na Gestão de Estoques**. 2011 81p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2011

RESUMO

Devido à necessidade de maior agilidade, dinamismo e confiabilidade na gestão de estoques, o mercado voltou sua atenção para a tecnologia RFID, que apresenta uma solução prática e à altura das expectativas de grandes empresas. A busca pela melhoria contínua estabelece uma ligação direta com o RFID, pois sua tecnologia pode oferecer informações em tempo real de forma exata em qualquer ponto monitorado pela empresa. O RFID é uma tecnologia de comunicação por radiofrequência. Um leitor se comunica com uma tag (etiqueta) por meio de ondas. Essa tag pode ser ativa, possui uma bateria de alimentação, ou passiva, em que sua potência é fornecida através da indução de corrente por variação do campo magnético em que esta exposta. A tecnologia de RFID tem um princípio básico bem definido, mas existem muitas maneiras construtivas de implementá-lo. Essa adaptabilidade e flexibilidade remetem aos inúmeros tipos de estoques dentro da indústria, com suas necessidades particulares bem atendidas. O RFID pode reduzir custos na manutenção dentro do estoque com a maior exatidão de dados coletados, reduzindo os erros humanos e otimizando o manuseio do item na entrada, saída e dentro da empresa. Este trabalho mostra um exemplo de aplicação da tecnologia RFID na gestão de estoque de uma empresa. É possível provar que existem, de fato, grandes vantagens na implementação da tecnologia, já que esta cria uma oportunidade de melhoria contínua dentro da gestão de estoques, com melhor uso de material, mão-de-obra e no uso de ferramentas de qualidade, pois os dados fornecidos por essa automatização do processo são mais confiáveis e dinâmicos.

PALAVRAS-CHAVE: RFID; Controle de estoque; Gestão de estoque; Estoque.

MELARA, E. P. **Study of RFID Technology and Its Application in Stock Management**. 2011
81p. Graduation Work (Graduation in Electric Engineering) – Faculdade de Engenharia do
Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2011

ABSTRACT

Due to the need of more agility, dynamism and reliability in stock management, the market has turned its attention to RFID, which offers a practical solution and live up to the big corporations' expectations. The search for continuous improvement establishes a direct link with RFID, for its technology offers accurate real time information in any monitored given place. RFID is a radio frequency communication technology. A reader communicates to a tag through waves. This tag can be active, with a battery, or passive, in which its power is supplied by currents induced by the field variation it is exposed to. The RFID technology has a well defined basic principle, but there are many constructive ways of implementing it.

The adaptability as well as the flexibility regard to the several kinds of stock in industry, reaching their particular needs. RFID can lower maintenance costs in stock by collecting data more accurately, lowering human error and optimizing the item handling at its reception, exit and while it is inside the company. This paper presents an example of RFID technology applied in a company's stock management. It is possible to prove that there are, in fact, great advantages in implementing this technology, as it creates the opportunity for continuous improvement in stock management, with better application of material, labour and quality tools, since the data collected through an automatized process using RFID are more reliable and dynamic.

KEYWORDS: RFID, Inventory Control, Inventory Management, Inventory.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE QUADROS	15
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 TECNOLOGIA RFID	19
2.1 HISTÓRICO.....	20
2.2 ELEMENTOS PRINCIPAIS DO SISTEMA.....	23
2.2.1 TAG	24
2.2.1.1 Tag Passiva	26
2.2.1.2 Tag Ativa.....	27
2.2.1.3 Tag Semi-Ativa.....	28
2.2.2 LEITOR.....	29
2.2.3 FIRMWARE	30
2.2.4 CONTROLADOR.....	31
2.2.5 NETWORK INTERFACE (INTERFACE DE REDE).....	31
2.2.6 ANTENA.....	32
2.3 FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO.....	32
2.4 NORMAS.....	38
2.4.1 ISO/IEC.....	38
2.4.2 EPC GLOBAL.....	39
2.4.2.1 CLASSE 0	42
2.4.2.2 CLASSE 1	43
2.4.2.3 CLASSE 1 GERAÇÃO 2.....	44
2.5 ARQUITETURA.....	44
2.5.1 SISTEMA 1-BIT TRANSPONDER	46
2.5.1.1 POR RADIOFREQUÊNCIA	46
2.5.1.2 POR MICRO-ONDAS	47
2.5.1.3 POR DIVISÃO DE FREQUÊNCIA	48
2.5.1.4 POR EFEITO MAGNÉTICO	49
2.5.1.5 POR EFEITO ACÚSTICO-MAGNÉTICO.....	50

2.5.2 SISTEMAS N-BIT TRANSPONDER.....	51
2.5.2.1 POR ACOPLAMENTO INDUTIVO.....	53
2.5.2.2 POR ACOPLAMENTO ELETROMAGNÉTICO	54
2.5.2.3 POR ACOPLAMENTO MAGNÉTICO	56
2.5.2.4 POR ACOPLAMENTO ELÉTRICO.....	56
2.5.3 SISTEMAS SEQUENCIAIS	58
2.5.3.1 POR ACOPLAMENTO INDUTIVO.....	58
2.5.3.2 SEQUENCIAL SAW (SURFACE ACOUSTIC WAVE)	59
3 CÓDIGO DE BARRAS	62
3.1 PRINCÍPIO DO CÓDIGO DE BARRAS	62
3.2 COMPARATIVO COM RFID.....	64
4 RFID APLICADO EM ESTOQUES	68
4.1 ESTOQUE	68
4.2 GESTÃO DE ESTOQUES.....	69
4.3 RFID NO CONTROLE DE ESTOQUE	71
4.3.1 FLUXO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS	72
4.3.1.1 ENTRADA E SAÍDA DO ESTOQUE	73
4.3.1.2 DENTRO DO ESTOQUE	74
4.3.1.3 CUSTOS RELACIONADOS COM COLABORADORES	74
5 ESTUDO DE CASO	76
6 CONCLUSÃO	82
REFERÊNCIA	83
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	84

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PREÇOS DO RFID (SYBASE,2006)	19
FIGURA 2 - FASES DE DESENVOLVIMENTO (LEAL, 2008)	20
FIGURA 3 - HISTÓRICO TECNOLÓGICO DETALHADO (LEAL, 2008).....	22
FIGURA 4 - ELEMENTOS BÁSICOS DO RFID (LEAL, 2008)	24
FIGURA 5 - VARIEDADE DE RFID	26
FIGURA 6 - TAG PASSIVA	27
FIGURA 7 - TAG ATIVA	28
FIGURA 8 - LEITOR DE LONGA DISTÂNCIA	30
FIGURA 9 - A: ANTENA DE PAREDE; B: ANTENA HF; C: ANTENA DE PORTAL.....	32
FIGURA 10 - COMUNICAÇÃO DO SISTEMA RFID	33
FIGURA 11 - COMPRIMENTO DE ONDA E FREQUÊNCIA (OLIVEIRA E PEREIRA).....	34
FIGURA 12 - FAIXAS DE FREQUÊNCIAS E SUA UTILIZAÇÃO (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	36
FIGURA 13 - RFID UHF NO MUNDO (INTELLEFLEX, 2007)	38
FIGURA 14 - LÓGICA EPC.....	40
FIGURA 15 - CLASSES SEGUNDO NORMA EPC GLOBAL (DUARTE, 2010/1)	41
FIGURA 16 - CLASSIFICAÇÃO DA ARQUITETURA QUANTO AO PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO	45
FIGURA 17 - COMUNICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	47
FIGURA 18 - MODELO DO SISTEMA 1-BIT POR RESSONÂNCIA (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	47
FIGURA 19 - CIRCUITO DO SISTEMA 1-BIT POR MICRO-ONDAS (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	48
FIGURA 20 - MODELO POR DIVISÃO DE FREQUÊNCIA (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	49
FIGURA 21 - HISTERESE DO MATERIAL FERROMAGNÉTICO (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006).....	49
FIGURA 22 - CAMPO ELETROMAGNÉTICO DA FITA MAGNÉTICA (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	50
FIGURA 23 - SISTEMA 1-BIT POR EFEITO ACÚSTICO-MAGNÉTICO (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006) ...	51
FIGURA 24 - SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	52

FIGURA 25 - SISTEMA N-BIT POR ACOPLAMENTO INDUTIVO (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006).....	53
FIGURA 26 - ALTERNATIVA COM SUB-PORTADORA (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	54
FIGURA 27 - SISTEMA N-BIT POR BACKSCATTER (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006).....	55
FIGURA 28 - ELETRODOS POR ACOPLAMENTO ELÉTRICO (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006).....	57
FIGURA 29 - ACOPLAMENTO ELÉTRICO (SIMPLIFICADO) (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	57
FIGURA 30 - ONDAS EM SUAS RESPECTIVAS OPERAÇÕES (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	58
FIGURA 31 - DIAGRAMA DO TRANSPONDER SEQUENCIAL (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006)	59
FIGURA 32 - ARRANJO SIMPLIFICADO SAW (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006).....	60
FIGURA 33 - EXEMPLO DE CÓDIGO DE BARRAS (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006).....	62
FIGURA 34 - CODIFICAÇÃO DE BARRAS (OLIVEIRA E PEREIRA, 2006).....	63
FIGURA 35 - FLUXO DE DADOS DAS TECNOLOGIAS.....	65
FIGURA 36 - ITEM RASTREADO POR RFID SANTINI (2008).....	72
FIGURA 37 - ENTRADA DO ITEM NO ESTOQUE(CORPORAÇÃO MICROSOFT, 2006).....	77
FIGURA 38 - HANDHELD LENDO ITENS DA PRATELEIRA NO ESTOQUE.....	79
FIGURA 39 - RFID PASSIVA	80

Lista De Quadros

QUADRO 1 - HISTÓRIA RECENTE DO RFID.....	23
QUADRO 2 - TIPOS DE TAG DE ACORDO COM A SUA FAIXA DE FREQUÊNCIA.....	37
QUADRO 3 - DISPOSIÇÃO DOS DÍGITOS NO PADRÃO EAN.....	63
QUADRO 4 - DIFERENÇAS ENTRE CÓDIGO DE BARRAS E RFID	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria
ASK - Amplitude Shift Keying
CB - Citizen Band
CRC - Cyclic Redundancy Check
DNS - Domain Name System
EAN - European Article Number
EEPROM - Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
EHF - Extremely high frequency
EPC - Electronic Product Code
FDX – Full Duplex
FSK - Frequency Shift Keying
HDX – Half Duplex
HF – High Frequency
IEC - International Electro-technical Commission
IFF - Identify Friend Or Foe
IP – Internet Protocol
ISM - Industrial Scientific Medical
ISO - International Standards Organization
ITF - Interrogator Talk First
LF - Low Frequency
MF - Medium frequency
PDA - Personal Digital Assistant
ONS - Object Name Server
PEPS - Primeiro Que Entra Será o Primeiro que Sai
PML - Product Markup Language
PSK - Phase Shift Keying
PTP – Peer to Peer
RADAR - Radio Detection and Ranging
RFID - Radio Frequency Identification
RF - Radio Frequency
SAW - Surface Acoustic Wave
SHF - Super high frequency
SKU - Stock Keeping Unit
SRD - Short Range Devices
UEPS - Último que Entra Será o Primeiro a Sair
UHF - Ultra High Frequency
UPC - Universal Product Code
VHF - Very High Frequency
VLF - Very Low Frequency

1 INTRODUÇÃO

A globalização e o forte crescimento tecnológico geram um impacto enorme no aumento de competitividade. Uma empresa só se destaca com um bom gerenciamento de estoques, aumentando assim a rentabilidade do negócio, liberando tempo e recursos para melhor prestação de serviços por parte dos funcionários ligados ao setor.

Esse cenário obriga as empresas a um novo posicionamento, baseado no valor agregado do produto. Uma forma concreta de se diferenciar no mercado é com a rastreabilidade e monitoramento de bens e mercadorias. A identificação por radiofrequência, ou RFID (*Radio Frequency Identification*) é a opção mais adotada atualmente, devido à sua gama de aplicações. A tecnologia RFID é muito versátil, tanto em tipos de serviços em que é aplicada, quanto em um negócio que se pretende aperfeiçoar. O mercado consagrou sua aplicação em gestão de estoques, onde a demanda por agilidade e praticidade na manutenção e nos processos industriais clama por uma tecnologia robusta e rápida.

Hoje a rastreabilidade em estoques é feita de maneira manual ou, quando automatizada, através de código de barras. Porém, mesmo com a utilização do código de barras, esse método ainda não é totalmente automatizado, necessitando de um operador, que checa produto por produto, através de um leitor.

A tecnologia RFID é vista como uma alternativa inteligente para gestão de estoques, facilitando todo processo e podendo até mesmo rastrear por completo uma planta e seus itens, criando um controle completo de tudo que entra ou sai de uma sala, armário ou ambiente. Pode-se imaginar tal situação em um estoque de remédios controlados em um hospital. Nada será retirado ou colocado sem que o sistema acuse a ação, trazendo segurança no inventário e inibindo possíveis más práticas de funcionários. Com o RFID há uma gestão em tempo real de tudo dentro do estoque e as informações podem ser armazenadas e visualizadas facilmente, criando históricos de toda movimentação feita no mesmo.

Outro benefício é o nível de informações que podem ser armazenadas num tag de RFID. A tag é o cartão onde se encontram as informações do produto. O código de barras contém apenas informações básicas, não podendo ser alterada, uma vez impressa. Já nas tags, pode-se colocar informações como origem, destino, peso, tamanho, entre outras, lidos em milissegundos

e as informações podem ser alteradas, gerando uma maior flexibilidade e um melhor controle do estoque.

Uma tag de RFID não necessita de contato visual direto com o leitor. Dessa forma, uma etiqueta com tag pode estar até mesmo dentro de uma caixa e poderá ser lida sem dificuldades. Comparado ao código de barras, isso se torna útil em locais ou situações que possam prejudicar a leitura da superfície do mesmo, como partículas de fuligem e produtos químicos corrosivos. Diferentemente, as etiquetas de RFID superam essa adversidade, pois sua leitura é feita através de ondas eletromagnéticas.

O objetivo desse trabalho é apresentar um estudo da tecnologia RFID em todos seus aspectos, exemplificando a aplicação da mesma na gestão de estoque de uma empresa que servirá como estudo de caso para analisar as reais vantagens da tecnologia e o custo de sua implementação.

Este trabalho apresenta no capítulo 2 as características gerais da tecnologia RFID, assim como o histórico tecnológico evolutivo da mesma, ressaltando seus elementos principais, as faixas de frequência de operação utilizadas, as normas e padrões que regem o RFID e a arquitetura do RFID com as diferentes formas construtivas de seus elementos constituintes. No capítulo 3 é apresentada a tecnologia do código de barras e um comparativo entre as duas tecnologias. O capítulo 4 apresenta o conceito de estoque, o que sua gestão requer e as vantagens do uso de RFID para seu controle. No capítulo 5 é apresentado um estudo de caso utilizando os conceitos apresentados ao longo do trabalho na gestão do estoque de um centro de reformas. Finalmente, o capítulo 6 apresenta as conclusões do trabalho.

2 TECNOLOGIA RFID

O RFID é uma opção eficiente, rápida, segura e prática que atende o nível de automação exigido pela indústria e seus estoques. É uma opção evolucionária, visto que seu objetivo é, em longo prazo, substituir por completo a análise por código de barras, tornando possível a automatização de inúmeros processos e o aumento da produtividade e confiabilidade.

Em termos de custos associados à implantação, vê-se uma redução de forma acentuada, proveniente da grande quantidade de implementações feitas e o consequente aumento da venda de equipamentos de RFID, como mostrado no gráfico da Figura 1. Segundo a linha de estudo defendida pela AMR Research, é possível identificar três fases de um processo evolutivo de uma tecnologia, que se entrelaçam ao longo do tempo, como mostrado na Figura 2. Essas três fases são: fase de pioneiros, fase de crescimento e fase de adoção generalizada. A tecnologia RFID encontra-se no final da segunda fase, vista pela maioria das empresas como uma aposta, que ainda possui um custo geral alto, mas que seu uso irá crescer e sustentar boa parte da indústria nos próximos anos.



Figura 1 - Preços do RFID (SYBASE,2006)

Ao longo do capítulo é discutida a tecnologia, sua segurança e os efeitos da aplicação da mesma. Como tudo que é novo, existem algumas ondas de objeção, porém é de interesse do mercado de RFID que essas discussões ocorram e que as dúvidas sobre a tecnologia sejam sanadas.

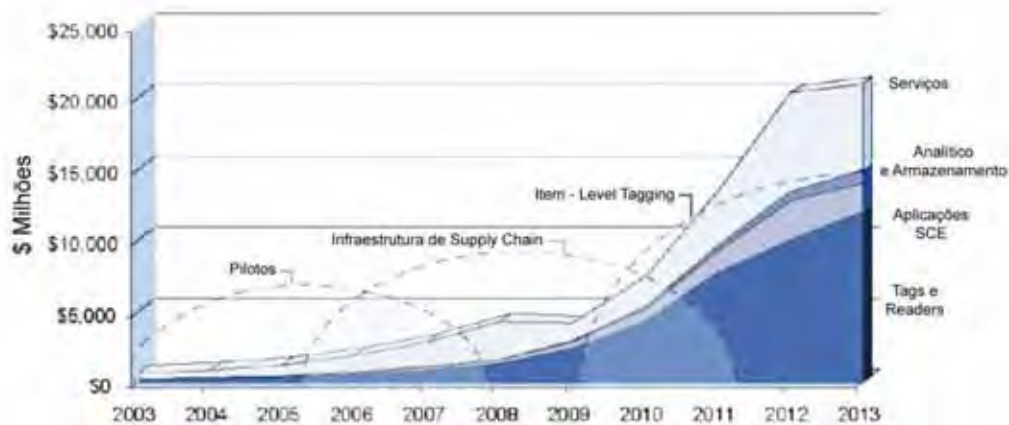


Figura 2 - Fases de desenvolvimento (Leal, 2008)

2.1 Histórico

Segundo Leal (2008), sempre é complicado definir o início ou surgimento de uma tecnologia e no caso do RFID, se torna quase impossível. Porém, analisando de forma panorâmica o cenário, vê-se o princípio dessa tecnologia remontando no princípio dos estudos da energia eletromagnética. Isso remete a 1846, quando Michael Faraday propõe que tanto luz como rádio são uma forma de energia eletromagnética.

Em 1864, James Maxwell, físico escocês, publica suas famosas equações, sobre o campo magnético. No ano de 1887, o físico Heinrich Rudolf Hertz confirma as equações de Maxwell, estudando ondas eletromagnéticas e se torna a primeira pessoa a transmitir e receber ondas de rádio. Seguido por Guglielmo Marconi, que, em 1896, faz a primeira transmissão de radiotelegrafia que atravessa o Oceano Atlântico. E em 1906, Ernst F. W. Alexanderson tem

êxito na geração de uma onda contínua e na transmissão de sinais de rádio usando o princípio da modulação, marcando o início da comunicação a rádio.

Já na primeira guerra mundial, Sir Robert Watson-Watt, físico escocês começou a estudar um método rápido de exibição de sinais de rádio a bordo dos aviões. Trabalhando numa estação meteorológica, tinha a intenção de saber a direção que se dirigia uma tempestade, tendo em vista que os aviões da época não possuíam proteções às atividades atmosféricas. Ainda em 1935, resultante de uma pesquisa do ministério da aviação inglesa de como detectar os aviões inimigos pela artilharia, procurando evitar o fogo amigo (surgimento do IFF - *Identify Friend Or Foe*), nasce o *Radio Detection and Raging* (RADAR). Porém essa tecnologia só foi usada na segunda guerra mundial e apresentou avanços significativos através do projeto Manhattan (Leal, 2008).

Isso tudo preparou o terreno para de fato se trabalhar com a tecnologia RFID. Harry Stockman foi um dos primeiros, publicando em 1948 *Communications by Means of Reflected Power*, onde descreve a possibilidade do uso da potência refletida como meio de comunicação. Ocorrem na década de 50 os primeiros testes, um período de exploração do RFID, em laboratórios e pequenos dispositivos de rádio. Isso levou a um crescente avanço, sobretudo na década de 60, criando um ambiente propício para a explosão de desenvolvimento da década seguinte, quando várias entidades perceberam o potencial dessa tecnologia. Então começam também as primeiros registros de patentes, mostrando forte interesse comercial no assunto. Em 1973, Mario Cardullo registra a patente de uma etiqueta ativa de RFID e Charles Walton registra um transponder (*TAG*) passivo utilizado para trancas automáticas de portas de um automóvel e, ainda nessa década, surgem os primeiros modelos de identificação de animais por RFID (Leal, 2008).

A indústria e comércio entram no escopo do RFID na década de 80, com o aparecimento dos primeiros sistemas comerciais e de centros de pesquisa e desenvolvimento pelo mundo. Na Europa houve um grande interesse em aplicações industriais e no controle de tráfego em estradas, aplicando em 1987 a tecnologia para cobrança de pedágios. Essa expansão do RFID se deve ao desenvolvimento de interfaces via computador, permitindo gestão de dados eficaz e armazenamento de dados em grande escala.

Depois desse *boom* tecnológico, investimentos e aplicações pioneiras levaram os custos do uso do RFID cair. Surgem então, na década de 90, normas reguladoras, massificando o RFID no setor empresarial. Como toda tecnologia que avança no mercado, teve grande investimentos,

produzindo tags de menor dimensão e com mais funcionalidades, além de sua fabricação em larga escala (um dos fatores para diminuição do preço final de qualquer produto) (Leal, 2008). Ainda nessa década, foi intensificada a cobrança eletrônica em estradas nos EUA e na Europa. O sucesso dessa aplicação em estradas e ferrovias rapidamente foi exportado para o mundo, incluindo Austrália, China, Hong Kong, Filipinas, Argentina, Brasil, México, Canadá, Japão, Malásia, Singapura, Tailândia, Coreia do Sul, África do Sul.

Essa tecnologia está em todo o lado, tão comum e rotineira que chega a passar despercebida pelo usuário. No setor empresarial o RFID já está caminhando ao lado das aplicações de código de barras, ficando cada vez mais conhecida e utilizada, devido ao número de empresas que entraram (e ainda entram) nesse mercado. Essa necessidade advém de nossa sociedade globalizada, carente de informações urgentes e precisas, que podem ser saciadas pela rastreamento RFID. O histórico do RFID é mostrado na Figura 3.

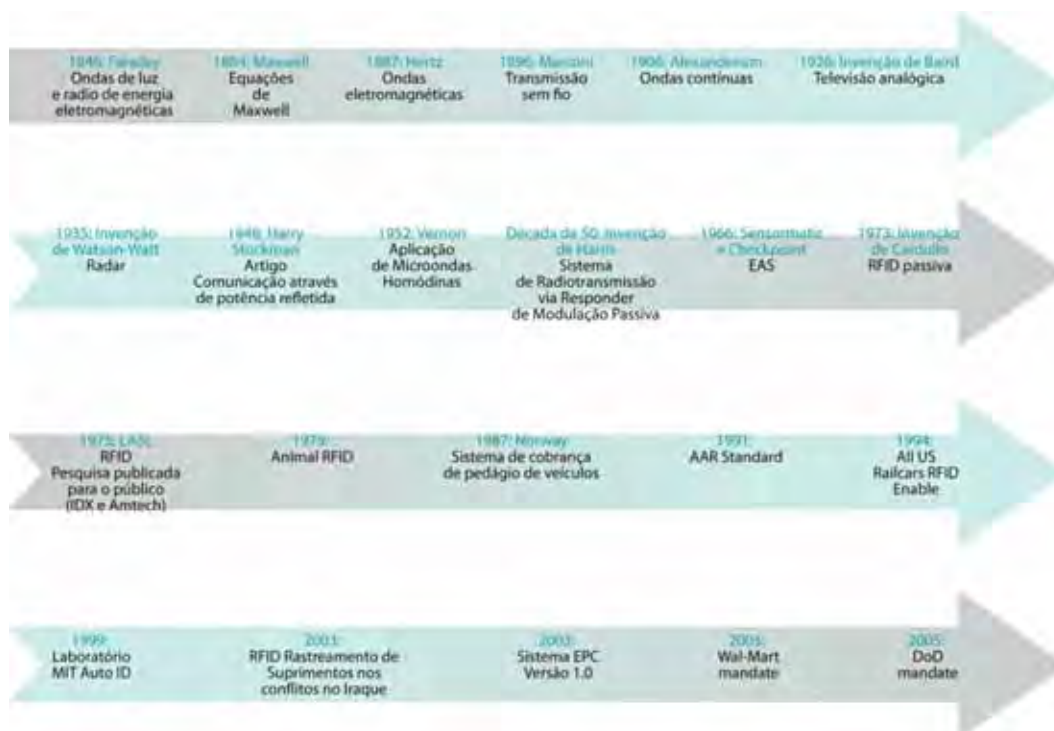


Figura 3 - Histórico tecnológico detalhado (Leal, 2008)

A dimensão da tag era limitada pelo tamanho da antena, porém devido a crescente demanda do mercado, levou-se a necessidade de desenvolver um item com um desenho mais

adequado. Em 2001 iniciam inúmeras pesquisas de uma memória não volátil, que servisse aos requisitos da tecnologia.

No Brasil o Sistema de Identificação, Rastreamento e Autenticação de Mercadorias, conhecido como “Brasil-ID”, nasceu de um acordo realizado em 31 de Agosto de 2009 entre o Ministério da Ciência e Tecnologia, a Receita Federal e os Estados da União através de suas Secretarias de Fazenda (Jornal Acrítica, 2011). Esse sistema baseia-se no emprego da tecnologia de Identificação por Radiofrequência para realizar, dentro de um padrão único, a Identificação, Rastreamento e Autenticação de todo tipo de mercadoria em produção e circulação pelo país. O quadro 1 descreve eventos significativos da historia recente do RFID.

Quadro 1 - História recente do RFID

Década	Evento
1940	Invenção e desenvolvimento de radares. RFID surge em 1948
1950	Primeiros experimentos da tecnologia em laboratórios
1960	Teorização e primeiras aplicações
1970	Enorme Desenvolvimento, testes em massa, implantações de protótipos.
1980	RFID entra no mercado
1990	Normas reguladoras e aplicações comerciais
2000	RFID entra no cotidiano do mundo, usado largamente e cada vez mais presente em aplicações industriais e comerciais.

2.2 Elementos Principais Do Sistema

De acordo com Sybase (2006), o RFID é um sistema versátil e completo como o RFID pode possuir inúmeros elementos e configurações de elementos/componentes, podendo variar desde sistemas de extrema simplicidade até dispositivos complexos e sofisticados, determinado apenas pela aplicação desejada. Basicamente, o sistema possui três elementos essenciais:

1. Um elemento interrogado, chamado de tag, contem a informação sobre o objeto que se pretende identificar;
2. Um elemento interrogador ou dispositivo de leitura (*reader*);
3. Um elemento *host*, onde ocorre o processamento de dados.

A Figura 4 ilustra como os elementos estão interligados no sistema RFID.



Figura 4 - Elementos básicos do RFID (Leal, 2008)

2.2.1 Tag

A tag é o elemento mais presente na arquitetura do sistema RFID, podendo ser vista como uma etiqueta eletrônica, ou cartão, possuindo variados formatos. Esse formato atende única e exclusivamente sua aplicabilidade, visando unicamente à otimização da forma dentro de um processo. A tag recebe o nome de transponder, derivado de *TRANSMitter/resPONDER*.

Dentro de sua estrutura, a tag pode possuir ou não um chip. Quando esta não tem chip, (*chipless*), fica limitada somente ao seu desempenho de armazenamento e transferência de dados, sem capacidade de processamento. Possuem custos mais baixos e sua utilização em aplicações que não necessitam desse nível de desempenho, que correspondem a uma grande fatia no mercado, trazem grandes expectativas de crescimento.

Figura 5 - Variedade de RFID

2.2.1.1 Tag Passiva

Os transponders passivos não possuem bateria ou qualquer outra fonte de alimentação interna para seu funcionamento, passam maior parte do tempo adormecidas. A tag desse tipo aproveita a potência fornecida pelo leitor, através da comunicação, e alimenta seus circuitos a fim de transmitir as informações armazenadas. Por esse fato, possuem constituição muito simples e um número reduzido de elementos (SYBASE,2006).

Essa ausência de bateria traz alguns benefícios, como uma longa vida útil e um funcionamento sem qualquer tipo de manutenção. Suporta condições adversas sem prejudicar seu funcionamento, de tamanho reduzido (ordem de micrometros de espessura) e com custo aproximado, para uma produção em larga escala, de cinco centavos de dólares americanos. Porém possui um raio de cobertura menor, comparado as tags ativas.

A forma de comunicação obriga o leitor a bombardear constantemente a área de interrogação com sinais RF, de forma a detectar a presença da tag. O leitor sempre irá se comunicar primeiro, afinal a tag só irá funcionar com a potência fornecida pela área de interrogação. Para que a tag passiva, exemplificada na Figura 6, entre em funcionamento, não basta que ela esteja apenas na área de interrogação, mas que o leitor lhe forneça potência suficiente, de modo que este alimente seus componentes e entre em comunicação. Esse é o princípio do *backscatter*.

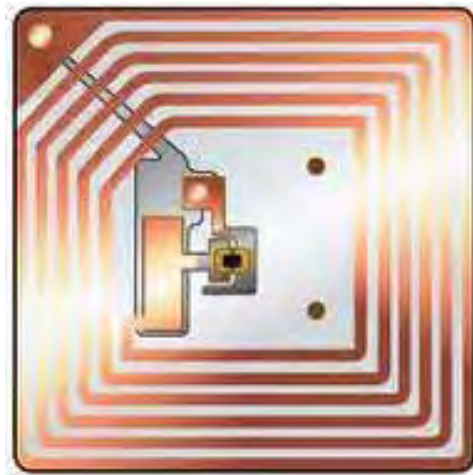


Figura 6 - Tag passiva

Essas tags podem possuir, além do identificador, uma memória não volátil EEPROM (*electrically erasable programmable read-only memory*) para armazenamento de dados. Essa característica é somente para tags passivas de Classe 2, pois as anteriores (Classe 0 e 1) dispunham apenas de número de identificação.

Existem tags feitas de silicóne ou de polímero, sendo a última de menor custo. Um objetivo futuro é poder imprimir tags passivas utilizando simples impressoras, tornando a tecnologia praticamente gratuita, como é hoje o código de barras.

2.2.1.2 Tag Ativa

As tags ativas, ilustrada na Figura 7, diferem basicamente pelo fato de possuírem uma bateria. Podem possuir um circuito de rádio que lhes permite transmitir o próprio sinal para o leitor, podem ser de leitura e escrita, maior capacidade de memória, tolerância a ruídos e perdas de sinais e uma velocidade de 100 a 200 bytes por segundo de transferência de dados (SYBASE,2006).

A grande vantagem da utilização de tags ativas esta no alcance que oferecem, circundando 100 metros. Como possui bateria, pode ficar de forma ativa continuamente e necessita de pouca potência para se comunicar. A memória dessa tag varia de acordo com a

aplicação que estiver sujeita (até 32 kbytes), então se forem utilizados circuitos de baixo consumo de energia, dependendo das condições ambientais e ciclos de leitura e escrita, a bateria pode durar mais de 10 anos.



Figura 7 - Tag ativa

Porém esse fato limita sua vida útil, sem manutenção. Seu custo unitário é relativamente elevado comparado a tag passiva, assim como suas dimensões. Devido ao custo relativamente alto por cada tag, não são utilizadas para aplicações que impliquem uma eventual inutilização das mesmas.

Como possuem alimentação própria, possuem funções adicionais às tags passivas. Podem efetuar monitoração e controle independente; tem capacidade para executar diagnósticos no sistema; possuem largura de banda superior às alternativas e podem estar equipadas com mecanismos que lhes permite “escolher” o melhor caminho para comunicação. Como transmitem o próprio sinal em alta frequência, dispensam a instalação de várias antenas para cobrir determinado ambiente, o alcance de sua RF é muito maior que outros tipos de tag.

2.2.1.3 Tag Semi-Ativa

TAGs semi-ativas são híbridas da tecnologia dos dois outros formatos, agrupando vantagens e desvantagens dos dois grupos. Permitem o alcance de dezenas de metros, como a tag ativa. Também possui bateria, no entanto a principal diferença reside no fato de não estar permanentemente ativa, ou seja, é necessário que um sinal RF estabeleça comunicação, com base

na técnica de *backscatter*. É menos dispendiosa que a tag ativa, abrindo um novo leque de alternativas de aplicações.

2.2.2 Leitor

O leitor de RFIDs, ou *reader*, é um aparelho que, ao contrário da limitação dada pelo seu nome, permite ler, interpretar e escrever nas tags. Seu papel principal é realizar a consulta da tag, ligado a uma ou mais antenas, por intermédio de uma interface (normalmente um cabo coaxial), emitindo ondas de radiofrequência, com potência normalmente fornecida pelo aparelho de leitura. A fim de interpretar os protocolos de comunicação utilizados e controlar o transmissor, é necessário, em cada leitor, um microcomputador ou microcontrolador.

A variação de tipos de leitor não chega a ser tão grande quanto a de tags, porém suas características variam desde sua frequência de trabalho até sua mobilidade, interfaces de comunicação e *firmware*. Para possibilitar a comunicação com outros dispositivos, são dotados de variadas portas de troca de dados, como RJ45, Ethernet, USB, porta serial, variando de acordo com o fabricante e tipo de leitor. A Figura 8 é um exemplo de leitor de longa distância.



Figura 8 - Leitor de longa distância

A maioria trabalha com leitura de todas as frequências de tags, ou em faixas para determinado tipo de transponder. Através do *firmware* é possível modificar essa característica, forçando uma espécie de filtro, determinando os parâmetros de leitura, limitando espectros específicos de funcionamento.

Pode diferir em formato e tamanho dependendo de sua aplicação. Assim como a tag, a otimização de seu uso se dá aplicando o melhor conceito de desenho para a aplicação específica em que será implantado. Pode ter mobilidade fixa, anexado a alguma construção ou equipamento (entrada de uma plataforma de carga, empilhadeira), mas também pode ser móvel, semelhante a pistolas ou PDAs (*personal digital assistant* – assistente pessoal digital), de posse de um operador, que faz a leitura sem se prender a um lugar físico.

2.2.3 Firmware

O *firmware* é utilizado principalmente para criar uma espécie de filtro dos dados capturados pelo leitor. É acessível através de um navegador, num IP específico, com interface para estabelecer as configurações necessárias, permitindo personalizar o sistema de acordo com a utilização.

Integra ainda as aplicações das interfaces, processa maciçamente os dados capturados pelo leitor, reconhecendo apenas eventos significativos para as aplicações, além de criar uma interface de gestão e consulta dos leitores, aferidas pelo RFID. Ele apenas seleciona e coleta os dados que lhe são fornecidos, porém não controla.

Em outras palavras, como a maioria dos leitores captam todos os dados em sua área de interrogação, cabe ao *firmware* intermediar o tratamento dessa informação, organizar e transformar em dado útil ao sistema. Ao fim de toda essa interação entre tag e leitor, o sistema se comunica e envia a informação para um banco de dados, processado por um servidor.

2.2.4 Controlador

Dispositivo interno que controla o leitor. Responsável pela leitura de protocolos e interpretar os dados lidos.

Sua complexibilidade varia de acordo com o chip e meio de controle, indo desde um PDA, computador ou qualquer sistema capaz de executar aplicações como servidor do sistema operacional, a fim de acumular dados finais em algum dispositivo de memória.

2.2.5 Network Interface (Interface de Rede)

De acordo com Leal (2008), ‘a *Network Interface* é o terceiro e último componente do *reader*. Este tem como função efetuar a ligação entre a informação que resulta da leitura da tag e um outro elemento básico da arquitetura do sistema RFID *middleware*. A cada solicitação, este

concentra a informação resultante da leitura da tag e o reconhecimento dos eventos (ações no processo), disponibilizando-a para o *middleware*

2.2.6 Antena

Partindo do conceito simples de antena, busca essencialmente obter uma recepção melhor com frequências mais baixas a fim de diminuir a radiação e adaptar a antena para um uso específico. Normalmente são alimentadas pelo próprio leitor, mas podem ter alimentação própria.

Possuem uma ou mais antenas, anexadas no próprio leitor ou em locais remotos, a partir de diversas antenas. Ao inserir um número maior de antenas em um sistema, ocorrem perdas de sinal entre o transmissor e o receptor da antena. Cada antena tem seu projeto para atender seu uso específico, como mostrado na Figura 9.



Figura 9 - A: Antena de parede; B: Antena HF; C: Antena de portal.

2.3 Frequências De Operação

De uma maneira simples, o sistema RFID se baseia em um leitor enviando um sinal de radiofrequência por uma antena, que, ao atingir uma tag em seu campo de interrogação, faz a leitura (juntamente com escrita e alimentação, dependendo da tag). O leitor armazena a resposta e

processa-a em seu controlador, que determina as ações a serem tomadas pelas aplicações envolvidas. A Figura 10 mostra como é a interação da comunicação do sistema RFID.



Figura 10 - Comunicação do sistema RFID

Uma transmissão sem fio, não necessita de contato físico nem ocular. Porém, da mesma forma que essa tecnologia traz benefícios, pode trazer algumas fraquezas. Uma delas é a interferência a ruídos (interferências e distorções), gerando a necessidade de cuidados para garantir a transição dos dados de forma confiável. A variação da frequência de comunicação muda as características de todo o sistema, implicando em vantagens e desvantagens, diretamente ligadas a distância de cobertura, padrões aplicados, níveis de segurança, criando mais uma maneira de personalizar sua implementação, de acordo com a necessidade da aplicação.

Dado esse fator de relevância, a frequência merece um estudo aprofundado, já que define toda relação de comunicação da tag e leitor, o alcance e a resistência da interface de comunicação. Não somente considerando o espectro de frequência utilizado no sistema RFID, também é necessário observar o espectro de todos os sistemas de rádio, pois esses interferem de forma significativa na comunicação RFID.

Então, usa-se, para implementação da identificação por radiofrequência, faixas de ISM (*Industrial Scientific Medical*), frequências reservadas para aplicações médicas, industriais e científicas. Além das frequências ISM, as faixas abaixo de 135 kHz, nos EUA, e abaixo de 400 kHz, no Japão, também são usadas, pois tem potencial para trabalhar com intensidades elevadas de campo magnético, principalmente em sistemas RFID com acoplamento indutivo.

O gráfico da Figura 11 mostra a divisão entre tipos de frequência de acordo com o valor da frequência f , comprimento de onda (λ) e sua classificação. Como descrito anteriormente, cada

faixa tem sua peculiaridade, com vantagens e desvantagens, devido a tamanho de onda e frequência.

As frequências entre 9 e 135 kHz, conhecidas como *long waves*, por não serem reservadas para ISM, fazem parte de uma faixa não muito utilizada para serviços de radiofrequência. Devido a características da onda, o raio de propagação nessa banda pode ter até 1000 km, com custos relativamente baixos. Na Europa, a faixa de 70 a 119 kHz foi reservada para radiofrequência, a fim de impedir interferências, sendo usada, majoritariamente, por dispositivos militares e marítimos.

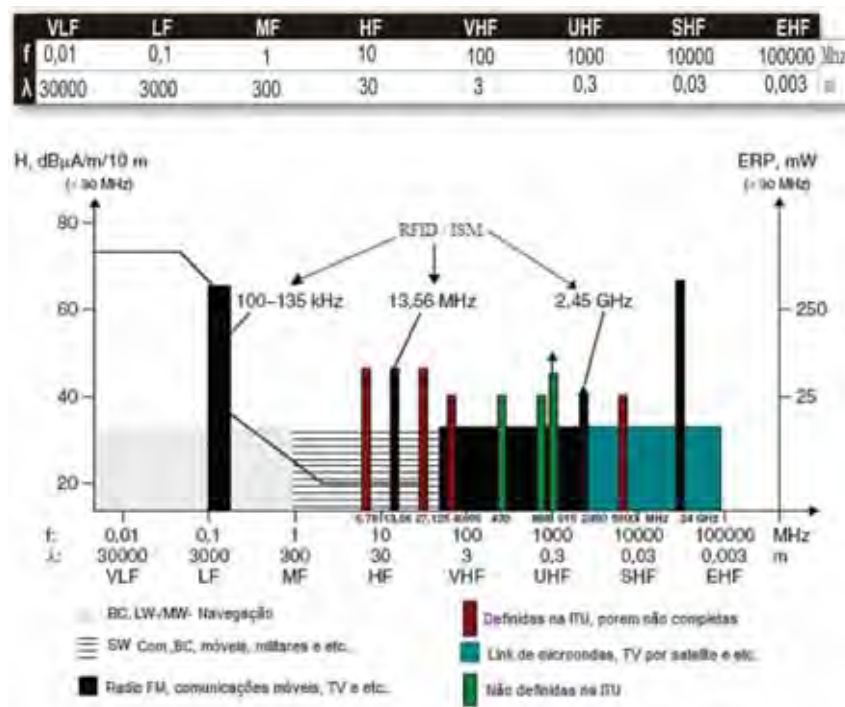


Figura 11 - Comprimento de onda e frequência (Oliveira e Pereira)

As frequências entre 6,765 e 6,795 MHz estão dentro do espectro de ondas) curtas cuja distância de propagação é de alguns quilômetros, cerca de 100 km durante o dia, mas durante a noite é possível gerar transmissões transcontinentais. A variação ocorre devido à variação da própria camada atmosférica e os elétrons contidos nela. Essa faixa de frequência de ondas curtas é bastante utilizada em peso por serviços de rádio e há pretensões de criação de uma faixa destinada a ISM.

As frequências entre 13,553 e 13,567 MHz permitem conexões transcontinentais durante qualquer horário. Localizada no meio da faixa de ondas curtas, usada por rádio e telecomunicações PTP (*peer to peer*), aplicações ISM como sistemas de controle remoto, modelos controlados por radiofrequência, *paggers* e sistemas RFID indutivos.

As frequências entre 26,565 e 27,405 MHz são locadas para a Faixa do cidadão (*CB Citizens Band*) na Europa, EUA, Canada e Brasil, regulamentada pela Decreto/lei número 47/2000. Como essa faixa de frequência foi atribuída desde algum tempo às aplicações industriais, científicas e médicas (ISM), tornou-se pouco propícia a qualquer tipo de comunicação de rádio, pois é sistematicamente interferida por ruídos de maquinaria de forte potência cuja ressonância se situa a 27 MHz. Trata-se da chamada "banda perdida". Em aplicações industriais e hospitalares, deve-se observar todos os equipamentos de alta frequência na vizinhança do sistema de leitura, pois pode ocorrer interferência destes aparelhos hospitalares ou equipamentos industriais, na frequência de operação do RFID.

As frequências entre 40,660 e 40,700 MHz são localizadas na extremidade inferior da faixa VHF, ocupada por sistemas móveis de comunicação, transmissão de televisão, telemetria e controle de modelo rádio controlado. A propagação das ondas é limitada a baixas altitudes, próxima a superfície, sendo menos suscetível a atenuações por obstáculos, como edifícios. Nenhum RFID opera nessa frequência, mesmo com ISM própria, tendo em vista dificuldades técnicas e práticas. O comprimento de sua onda é de 7,5 metros, um sinal significativamente menor, tornando impraticável a construção de tags pequenas e baratas. A opção é utilizar outras frequências.

As frequências entre 430,000 e 440,000 MHz pertencem a faixa UHF (Ultra High Frequency) destinada a radioamadores para troca de áudio e dados em estações terrestres ou satélites. Pode sofrer atenuação por objetos presentes no meio, tem um alcance de 30 a 300 km. Destinada para ISM na faixa de 433,050 a 434,790 MHz, no meio da faixa de radioamadorismo. Usada para várias aplicações como RFID por espalhamento (*backscatter*), telemetria, aparelhos de telefone sem fio, *walkie-talkie*, comunicadores de monitoramento de bebês, alarmes de automóveis. Devido a essa gama de aplicações nessa faixa, não é difícil que ocorram interferências entre equipamentos (Oliveira e Pereira, 2006).

A frequência 869,000 MHz é reservada para aplicações de *Short Range Devices* (SRD), como aeromodelos radiocontroláveis, controle de portão e aplicações similares.

As frequências entre 902 e 928 MHz são utilizadas para RFID por espalhamento, em aplicações fora da Europa. No Brasil foi regulamentado pela ANATEL para RFID UHF as faixas de frequência 902~907,5 MHz e de 915~928 MHz.

As frequências entre 2,400 e 2,4835 GHz são utilizadas para sistemas RFID por espalhamento e outras aplicações ISM, para telemetria e redes *wireless*. Na Europa são muito utilizadas para telecomunicações e radiodifusão. Existem problemas de interferência e sobreposição devido à reflexão da onda e, quando penetra obstáculos, sofre com atenuação.

As frequências entre 5,725 e 5,875 GHz são tipicamente utilizado para sensores de presença, movimento em qualquer tipo de aplicação, seja doméstica ou comercial, como banheiros, portas automáticas e similares. Também é usado para recursos via satélite e sistemas de rádio direcionais para transmissão de dados. Apesar de sua aplicabilidade em sistemas RFID, não existe nenhuma no momento. As faixas de frequência descritas anteriormente são ilustradas na Figura 12 com suas aplicações principais.

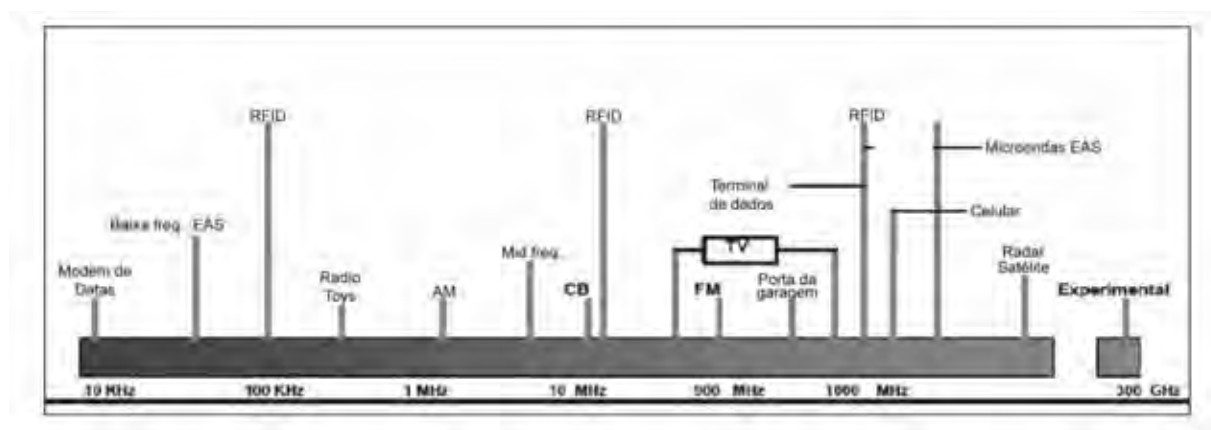


Figura 12 - Faixas de frequências e sua utilização (Oliveira e Pereira, 2006)

Depois desse estudo detalhado sobre cada faixa específica do sistema, pode-se separar as faixas mais utilizadas em quatro grupos distintos por suas características e aplicabilidades. Vale a observação de que o alcance de cobertura não depende somente da energia disponível, mas também da frequência do sistema.

Do Quadro 2, observa-se que as frequências LF (Low Frequency) tem um alcance pequeno (50 cm), baixa velocidade, porém tem uma capacidade elevada de ler objetos metálicos

ou com alta concentração de água. Possuem um custo relativamente maior. As frequências HF (*High Frequency*) operam de 10 a 15 MHz, ou seja, tem uma leitura rápida, e um alcance maior, cerca de 1 metro. São utilizados em *smartcards* e *smartshelves*, livrarias e sistemas similares de estocagem.

Quadro 2 - Tipos de tag de acordo com a sua faixa de frequência

Frequência	Benefícios	Problemas	Aplicações
LF 100 a 500 kHz	Baixo Custo Melhor penetração por objetos não metálicos	Baixo a médio alcance de leitura Velocidade de leitura baixa	Controle de acessos Controle de Inventário
HF 10 a 15 MHz	Baixo a médio alcance de leitura Velocidade de leitura média	Apresenta custos superiores às da banda inferior	Controle de acessos <i>Smartcards</i>
UHF 850 a 950 MHz	Alto alcance de leitura Velocidade de leitura alta	É necessário linha de vista Dispendioso	Identificação de veículos e sistemas de controle de entradas
Micro-ondas 2,4 a 5,8 GHz	Alto alcance de leitura Velocidade de leitura alta	É necessária linha de vista Dispendioso	Identificação de veículos e sistemas de controle de entradas

A faixa UHF opera no mundo de acordo com os valores da Figura 13. Tem um custo similar as HF, porém com um maior alcance de leitura e uma velocidade maior. Apresenta dificuldades de leitura em objetos hostis (metálicos ou de alta concentração de água), assim como a HF.

A faixa de micro-ondas, frequências de 2,4 a 5,8 GHz, está limitada a 1 metro de alcance, porém tem uma velocidade muito maior. Em contrapartida não lê objetos hostis.

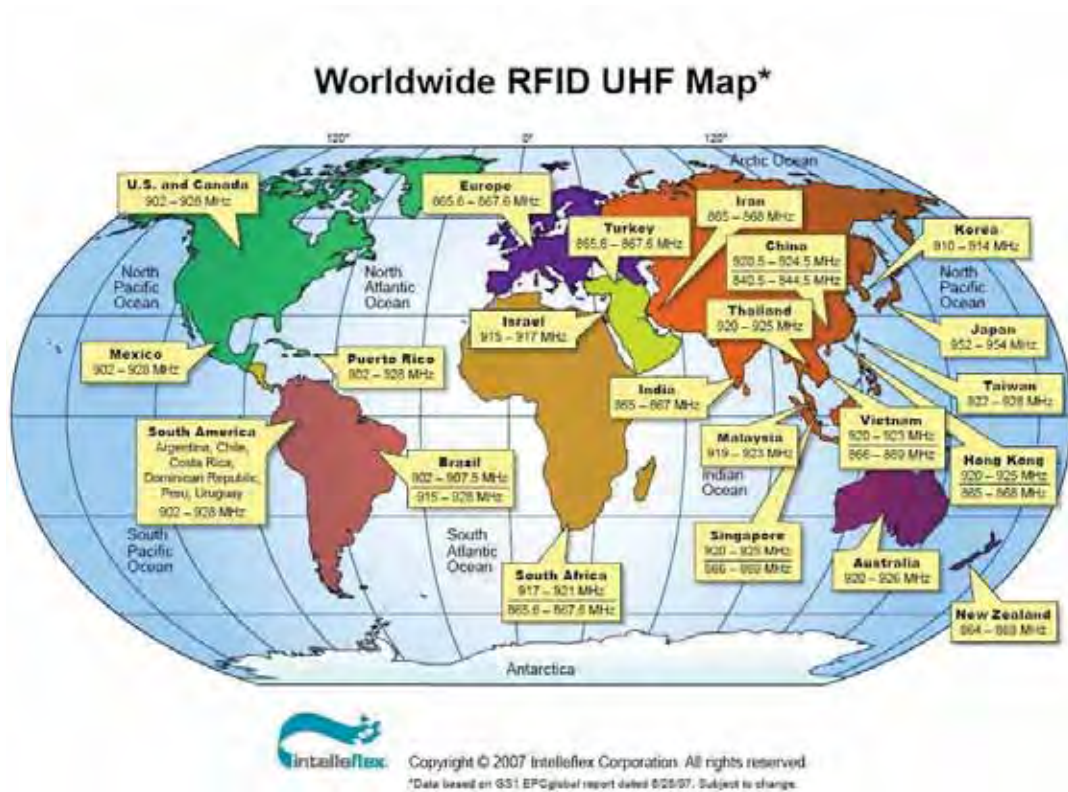


Figura 13 - RFID UHF no mundo (IntelleFlex, 2007)

2.4 NORMAS

2.4.1 ISO/IEC

A ISO (*International Standards Organization*) e a IEC (*International Electro-technical Commission*) se reuniram em um subcomitê (ISO/IEC JTC1) para estabelecer normas em sistemas de RFID, dividindo essas normas para os diferentes tipos de aplicação e frequência em RFIDs passivos. Em aplicações como rastreamento animal e outras que requerem pequena frequência foram criadas a ISO 11784 e ISO 11785. Para cartões de identificação e dispositivos similares, à alta frequência, são utilizadas atualmente as seguintes normas ISO 10536, ISO 14443 e ISO 15693 (DUARTE, 2010/1).

Nos sistemas de RFID foram criadas normas para todas as frequências de operação (baixa frequência até micro-ondas). Dentre as normas criadas, tem-se a ISO 18000, que é dividida em sete partes e especifica as frequências utilizadas nas interfaces aéreas de comunicação. .

- ISO 18000-1: Normas gerais para frequências adotadas mundialmente
- ISO 18000-2: Normas para sistemas RFID com frequência abaixo de 125 kHz
- ISO 18000-3: Normas para sistemas RFID com frequência de 13,56 MHz
- ISO 18000-4: Normas para sistemas RFID com frequência de 2,45 GHz
- ISO 18000-5: Normas para sistemas RFID com frequência de 5,8 GHz
- ISO 18000-6: Normas para sistemas RFID com frequência de 860-930 MHz
- ISO 18000-7: Normas para sistemas RFID com frequência de 433 MHz

2.4.2 EPC Global

Em meados da década de 90, com a massificação do uso de RFID, tornou-se necessária a padronização do sistema, com a finalidade de definir as características de operação e funcionamento de equipamentos, para que diversos fabricantes possam produzir equipamentos intercambiáveis (DUARTE, 2010/1).

No caso do RFID, tem-se a EPC Global Inc. como referência da padronização do sistema. É uma organização global, mantida por indústrias na regulamentação de EPCs (*Electronic Product Code*). EPC agiliza os processos, permite maior visibilidade aos produtos, disponibiliza informações, permitindo rastreabilidade total, não só do processo ou da empresa, mas de cada item numa cadeia de suprimentos.

Devido à versatilidade e variabilidade de um sistema RFID, criou-se o EPC Global. Este é um novo conjunto de normas globais do sistema GS1. GS1 é uma organização que desenvolve e implementa normas mundiais. EPC Global combina a tecnologia RFID com as infraestruturas de rede já existentes com o EPC, com o objetivo de identificar e localizar de forma imediata e automática um item, durante uma cadeia de processos. A soma do EPC Global com o EPC Network cria uma integração de EPC, RFID e tecnologias de Internet, resultando na completa

rastreabilidade de um único item numa cadeia de valor. O principal objetivo da norma não é criar concorrência, mas agrupar todas as classificações existentes e interliga-las ao GS1 EPC.

A tendência dessa padronização é facilitar o comércio eletrônico, eliminar atividades redundantes, aumentar a confiabilidade e rapidez no levantamento de detalhes da cadeia trazendo redução de custos, interligar a comunicação da empresa e seus parceiros com maior facilidade, agilizar relação comprador/vendedor e agrupar produtos de mesmo atributo. Todas essas características trazem à rede, com aplicação da norma uma maior velocidade, agilidade e confiabilidade no levantamento de dados, manejo de itens e operações de logística, levando a uma direta redução de gastos e tempo.

O EPC de um produto um número único, definido através de características do produto. Capaz de identificar até 768 milhões de empresas, 16 milhões de produtos por empresa, 68 bilhões de números de série por produto. A Figura 14 representa a disposição dos parâmetros no código EPC.

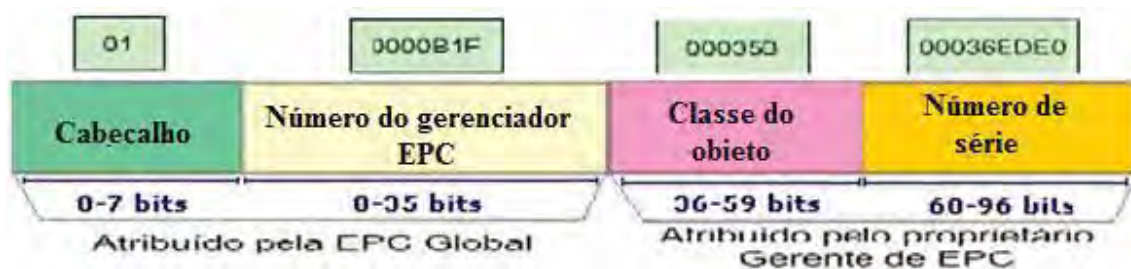


Figura 14 - Lógica EPC

O cabeçalho identifica comprimento, tipo, estrutura, versão e a geração do EPC em questão. Em seguida, o número do gerador EPC é a entidade responsável por manter as partições subsequentes. Classe do objeto identifica o tipo e o número de série determina sua individualidade.

Cada objeto tem um EPC, que se comunica através de uma EPC Network (uma espécie de Internet de objetos). Cada empresa tem um servidor PML (*Product Markup Language*) associado que são regidos por servidores ONS (*Object Name Server*), que nomeiam os objetos. Analogamente a Internet, tem-se os PML atuando como os servidores Web, enquanto que os

ONS atuam como uma especial de servidor DNS. Essa estrutura cria inventários completos de cada produto sem necessidade de qualquer intervenção humana.

Essa norma apresenta ainda classes de 0 a 5, que são bem caracterizadas de acordo com as características do sistema.

As classes 0 e 1 apresentam tags passivas de apenas leitura. A classe 2 tem etiquetas passivas de leitura e escrita e uma maior funcionalidade. A classe 3 tem etiquetas semi-passivas com uma pequena fonte de alimentação. A classe 4 tem etiquetas ativas com funções similares as da classe 3, em adição possuem a capacidade de se comunicar com outras etiquetas da mesma classe. A classe 5 possui etiquetas ativas de leitura que tem funcionalidades similares as da classe 4, mas também possuem a capacidade de energizar etiquetas das classes 1 e 2, e estabelecer comunicação passiva com as etiquetas da classe 3. A Figura 15 ilustra as diferenças das classes dentro da norma EPC.

Como a indústria sempre opta pela simplicidade e pela otimização de custo/benefício, as etiquetas mais utilizadas são as EPC Classe 1. Porém, respeitando a demanda do mercado, tanto em capacidade de armazenamento, como no diferencial de tecnologias já implantadas (como código de barras), o EPC Classe 1 sofreu forte resistência. Isso foi resolvido com o aparecimento da EPC Classe 1, Geração 2 (EPC C.1 G.2). Este apresenta maior capacidade de armazenamento, mais funcionalidade e um grande diferencial, quando comparado com o código de barras. Essa medida levou as indústrias a ampliarem seu uso, fazendo com que o padrão ISO o reconhecesse como padrão internacional.

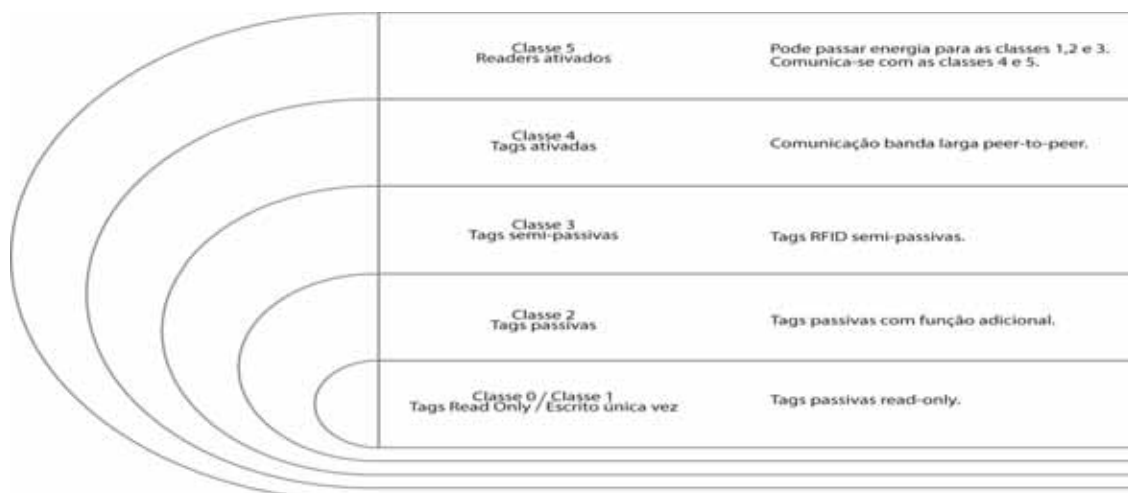


Figura 15 - Classes segundo norma EPC Global (Duarte, 2010/1)

A fim de explorar as normas mais utilizadas pela indústria e comércio, este trabalho descreverá a seguir as classes 0 e 1.

2.4.2.1 Classe 0

Comumente usado no gerenciamento de cadeias de suprimento, devido às características que favorecem esse tipo de aplicação, que requerem uma programação de fábrica do EPC e um *kill code* de 24 bits. Também precisam de confiabilidade na leitura e, que nessa leitura, seja relacionada a certo grupo de tags.

Em função desses requerimentos, essa classe necessita de uma regulamentação de compatibilidade eletromagnética, visando escolha de um algoritmo de anticolisão, que possa ser empregado no UHF, assim como os parâmetro dessa comunicação, compacta e com um nível apropriado de segurança para leitura. O algoritmo anticolisão deve suportar leitura de múltiplos tags por segundo e em seguida é utilizado um algoritmo de escaneamento de arvores binárias, por um método chamado "*reader talks first*". Devido essa comunicação através de ondas pelo ar, se faz necessário uma regulamentação para exposição humana a campos eletromagnéticos.

Um fator muito importante é o tamanho da tag, deve ter uma dimensão que não afete sua eficiência. A otimização disso vem do *backscatter*, que minimiza a força e melhora o desempenho.

Leva-se então à seleção de *design*, que para aplicações RFID é tão importante quanto à tecnologia empregada, pois a escolha de um bom *design* determina o sucesso e a otimização de uma cadeia inteira onde o sistema esta aplicado.

Como as tag são descartadas, seu custo deve ser baixo. Porém, intrínseco a esse custo, deve estar associado uma tecnologia que permite a sinalização e operação da tag, capaz de identificá-la de diversas formas (classe, objeto, domínio, código de versão), e também deve permitir uma alta entrada de dados (*TAGs*/segundo).

Outro fator importante é o alcance de comunicação da tag. O sistema deve suportar um bom alcance de leitura, além de permitir uma tolerância de sistemas similares em sua redondeza, garantindo alta confiabilidade na comunicação.

O sistema, então, tem como objetivo ser compatível com a grande variedade de EPC atuais e futuros, operar grande número de tags sem alterar sua velocidade, possuir tag descartáveis, de baixo custo e adaptáveis às regulamentações de diferentes mercados mundiais.

2.4.2.2 Classe 1

Opera tanto em 13,56 MHz ISM Band, quanto na faixa de frequência de 860 a 930 MHz. A única diferença está em que o primeiro utiliza uma banda ISM na comunicação, já o segundo, a realiza por meio de uma faixa de frequência.

Como na Classe 0, requer prévia programação de EPC e de dados adicionais, necessita de clara leitura pelo leitor, sendo nessa leitura, ser capaz de ser selecionada como parte de um grupo. Também visa descarte após o uso, ou seja, precisa ser de baixo custo.

Essa classe tem uma preocupação sobre a natureza da área de interrogação, não necessariamente sendo o campo mais próximo que irá atuar sobre a tag. Similar à Classe 0, necessita respeitar as regulamentações de exposição humana a campos eletromagnéticos. Os parâmetros de comunicação de interface aérea devem ser compactos e possuir um nível de segurança apropriado para aplicação, assim como o tamanho da antena, que deve ser ajustado da forma a ser mais eficiente, visando consumo baixo com boa capacidade de leitura.

Novamente, análogo à classe anterior, deve possuir confiabilidade alta na transmissão dos dados, utilizando algoritmo de anticóllisão e de escaneamento de árvores binárias. Estes garantem a leitura de várias tags em um mesmo segundo.

Utilizam padrão EPC para alta frequência e deve suportar identificação por diversos grupos, a partir de número de série, domínio, classe, mantendo a velocidade e capacidade de alta entrada de dados por segundo. O sinal deve tolerar interferência de outros interrogadores e campos eletromagnéticos em sua redondeza, sendo capaz de suportar interferências de etiquetas e leitores que seguem padrão ISO de alta frequência.

O grande diferencial desta classe se encontra na presença de um identificador único, corretor e identificador de erros, com uma pequena senha. Esse identificador único é um número EPC válido, já o corretor e detector de erros é um número CRC (*Cyclic Redundancy Check*).

2.4.2.3 Classe 1 Geração 2

Esta classe é uma adequação da Classe 1 para demanda do mercado, trabalhando na faixa de frequência de 860 a 960 MHz. São passivas, utilizam *backscatter* e utilizam ITF (*Interrogator Talk First*). O leitor deve conhecer os requisitos do protocolo utilizado, implementar os comandos definidos pelo protocolo e modular e demodular o conjunto de sinais elétricos definidos na camada de sinalização, conforme as regulamentações estabelecerem.

Os comandos podem implementar qualquer subconjunto de comandos opcionais definidos pelo protocolo, e nunca devem executar comandos que entrem em conflito com o protocolo. Também devem ter capacidade de implementar comandos próprios exigidos pelo protocolo, mas não devem requerer informação a partir desses comandos.

As tags devem conhecer esse protocolo, implementar os comandos principais, modular o sinal *backscatter* refletido assim que receber um comando de requisição e respeitar as regulamentações locais. Como opção, podem implementar subconjuntos de comandos desde que estejam de acordo com o protocolo. Porém a tag não deve modular o sinal sem que esse comando seja requerido, nem implementar quaisquer comandos que entrem em conflito com o protocolo.

Essa classe apresenta maior versatilidade em sua aplicação, trazendo grande diferencial comparado com a principal tecnologia concorrente, o código de barras, causando maior aceitação na indústria e comércio. Devido a essa geração, grande parte das empresas que possuíam RFID ampliaram sua aplicação e muitas que ainda não utilizavam, adotaram como uma opção de melhoria.

2.5 Arquitetura

Segundo Oliveira e Pereira (2006), os sistemas de RFID são classificados em duas principais categorias: 1-bit transponder e n-bit transponder. Os sistemas 1-bit funcionam por fenômenos físicos, subdivididos em 5 outras categorias. Os n-bits tem, de fato, um fluxo de

dados entre o transponder e o leitor, são subdivididos conforme seu mecanismo de transmissão de dados, conforme a Figura 16.

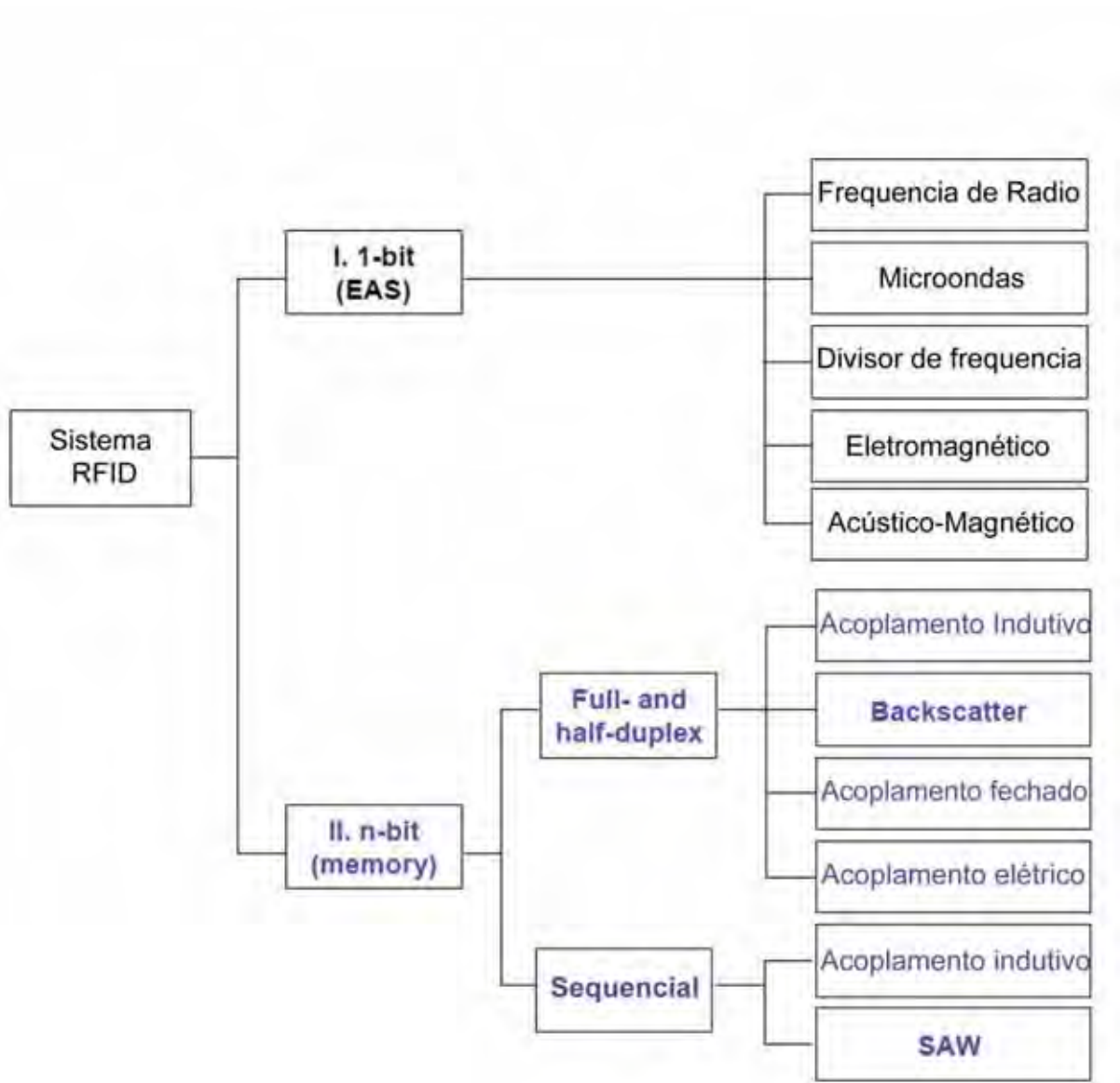


Figura 16 - Classificação da arquitetura quanto ao princípio de funcionamento

2.5.1 Sistema 1-Bit Transponder

Esse sistema trabalha com a tag em dois estados distintos. No estado ativado, a tag está situada na zona de interrogação, ao contrário do estado desativado, no qual a tag está fora dessa zona. Existem cinco tipos de sistema 1-bit, distintos por seu princípio de funcionamento, que serão descritos a seguir.

2.5.1.1 Por Radiofrequência

As tags passivas contêm circuitos ressonantes, que geram um campo eletromagnético alternado em torno de 8,2 MHz. O campo é controlado por meio da potência fornecida pela bobina do leitor, quando este é posicionado na zona de interrogação. Quando a frequência do leitor for a mesma da frequência de ressonância do circuito LC contido na tag, ocorre uma pequena mudança de tensão entre os terminais da bobina (que atua como antena) do leitor. A intensidade dessa tensão depende da distância entre as bobinas, do leitor e da tag, e do fator de qualidade do circuito ressonante desse sistema. A Figura 17 ilustra o modelo simplificado desse sistema.

Essas variações de tensão são pequenas e difíceis de serem percebidas, portanto o sinal deve ser livre de ruídos. A frequência varia de um valor máximo a um valor mínimo e o sistema começa a oscilar e na presença dessa variação, sempre que a frequência do mesmo se iguala a frequência de ressonância se tem uma queda de tensão na bobina do gerador. Essa queda é percebida e utilizada para sinalizar presença de tag. Esse sistema pode ser modelado conforme a Figura 18.

Devido à simplicidade de implementação, esse sistema é muito utilizado em aplicações de baixo dispêndio e de rápido descarte. A destruição da tag se dá na exposição de um campo magnético suficientemente intenso, de modo que a tensão induzida danifica o capacitor contido na mesma.

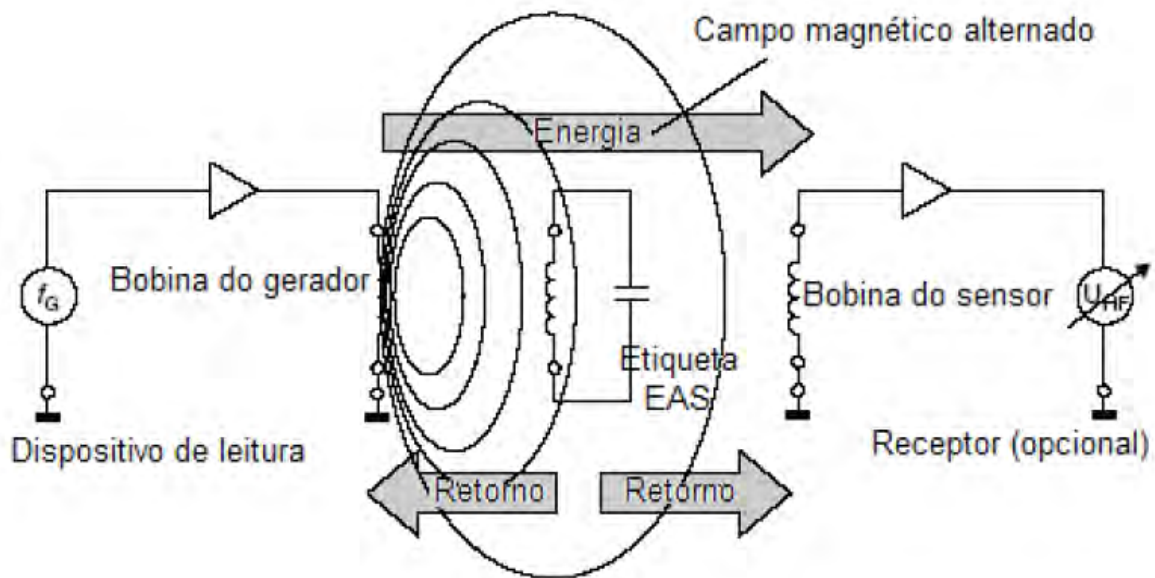


Figura 17 - Comunicação por radiofrequência (Oliveira e Pereira, 2006)

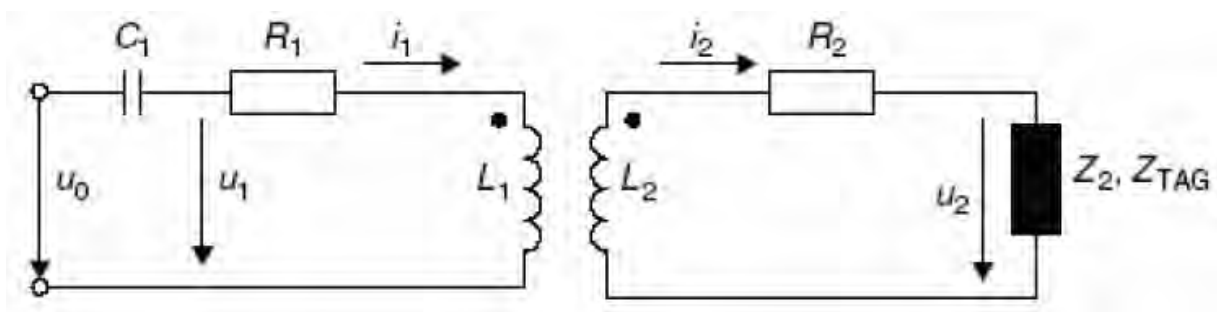


Figura 18 - Modelo do sistema 1-bit por ressonância (Oliveira e Pereira, 2006)

2.5.1.2 Por Micro-ondas

Explora a geração de componentes harmônicos não-lineares, e por isso normalmente utiliza-se diodos capacitivos para armazenar energia, que acabam definindo o número e a intensidade de harmônicos. Nesse sistema tem-se basicamente um encapsulamento de um diodo

conectado a uma antena dipolo, que opera na frequência de uma portadora (geralmente igual a 2,45 GHz, com dipolo de 6 cm). A Figura 19 ilustra o circuito do sistema 1-bit por micro-ondas.

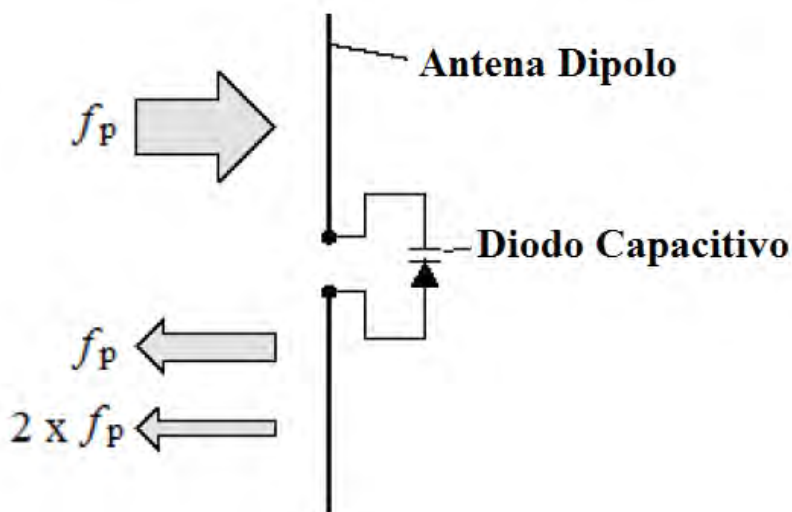


Figura 19 - Circuito do sistema 1-bit por micro-ondas (Oliveira e Pereira, 2006)

Quando a tag está na zona de interrogação, o campo elétrico alternado gera uma corrente no diodo, que radia 2º e 3º harmônico da frequência da portadora, que sinaliza para o leitor a leitura. A segurança e precisão desse sistema é garantida modulando o sinal da portadora em amplitude ou frequência (ASK ou FSK). Como as harmônicas estarão moduladas, o sinal também estará livre de ruídos e interferências do meio externo.

2.5.1.3 Por Divisão De Frequência

A tag possui uma bobina, um circuito ressonante e um microchip com a função de dividir por dois a frequência da portadora e reemitir o sinal para o dispositivo leitor, que identifica e executa a aplicação necessária. Opera na faixa de frequência de 100 Hz a 135,5 kHz e tem um processo semelhante ao sistema de 1-bit por micro-ondas, mas com a garantia da redundância da portadora pela metade. Também utilizado na modulação ASK e FSK com o mesmo intuito, de

melhorar a desempenho do sistema. O modelo do sistema por divisão de frequência é mostrado na Figura 20.

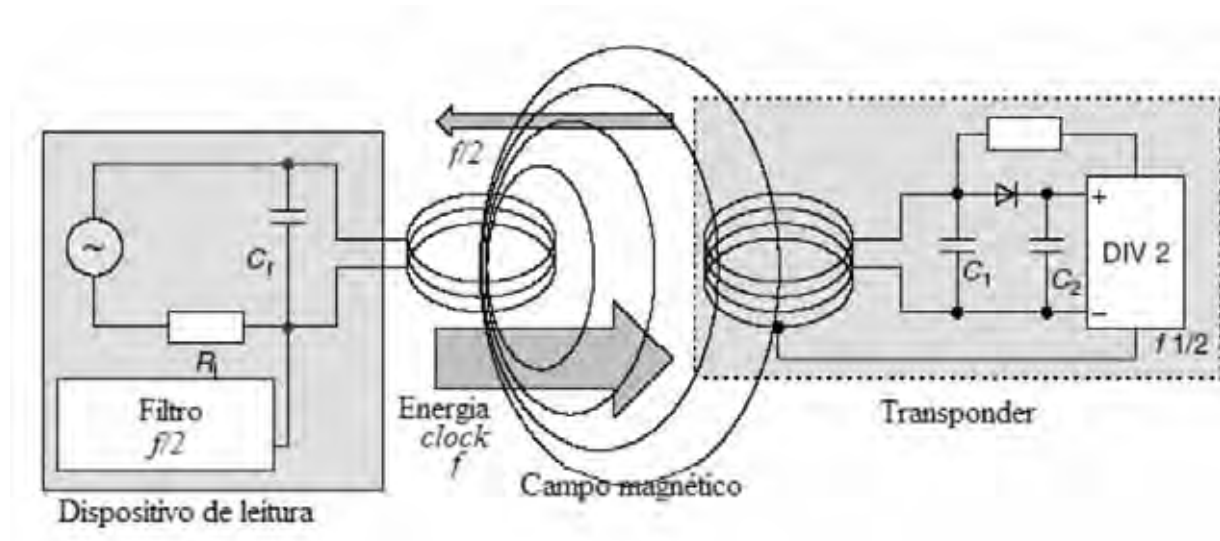


Figura 20 - Modelo de sistema 1-bit por divisão de frequência (Oliveira e Pereira, 2006)

2.5.1.4 Por Efeito Magnético

Utiliza campo magnético na faixa de frequência de 10 Hz a 20 kHz. A tag possui um transponder constituído por uma fina e alongada fita de um material magnético amorfo e utiliza propriedades da curva de histerese, representada da Figura 21.

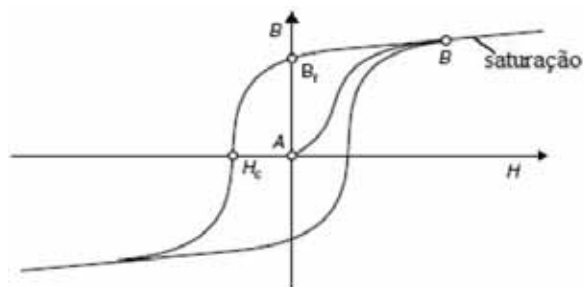


Figura 21 - Histerese do material ferromagnético (Oliveira e Pereira, 2006)

A fita tem sua magnetização periodicamente revertida e a saturação magnética ocorre quando a fita é submetida a um campo magnético alternado. A não linearidade do campo magnético H e da densidade de fluxo B , nas redondezas da saturação, somado a repentina alternância do fluxo B quando H é igual a zero, produz harmônicas na frequência de operação do transponder.

Como já explorado anteriormente, por trabalhar em baixas frequências, esse sistema é o único utilizado para produtos metálicos, dada sua baixa interferência. Porém, para que haja uma leitura, o campo magnético necessita obrigatoriamente estar verticalmente posicionado através da fita magnética, como ilustrado na Figura 22.

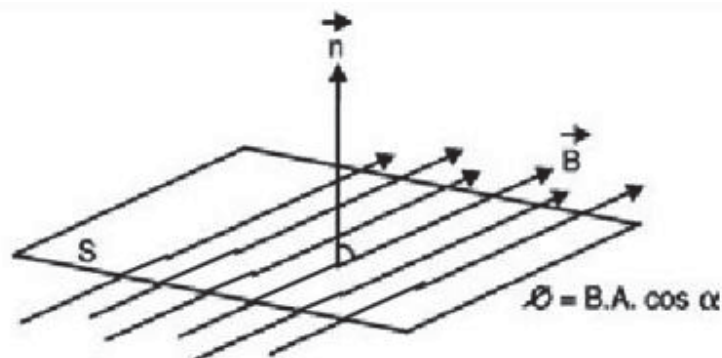


Figura 22 - Campo eletromagnético através da fita magnética (Oliveira e Pereira, 2006)

Esse sistema apresenta leitor e tag de baixo custo, com um transponder muito pequeno, que pode ser ativado e desativado (magnetização e desmagnetização) inúmeras vezes e pode ser embutido em pequenas fissuras do item a ser anexado, agregando valor prático e uma gama de aplicações, como bibliotecas e etiquetas de produtos.

2.5.1.5 Por Efeito Acústico-Magnético

Utiliza uma técnica similar à eletromagnética, porém explora o fenômeno da vibração decorrente das variações intra-atômicas, a magnetostrição. A distância entre os átomos varia com

o campo magnético alternado aplicado na direção longitudinal, e a amplitude desta vibração atinge seu máximo na frequência de ressonância (acústica) da fita de metal magnético amorfo do transponder. Nesse sistema são utilizadas duas fitas, que quando estão na zona de interrogação do transmissor, oscilam devido ao campo aplicado, detectada facilmente pelo leitor. O modelo do sistema por efeito acústico-magnético é mostrado na Figura 23.

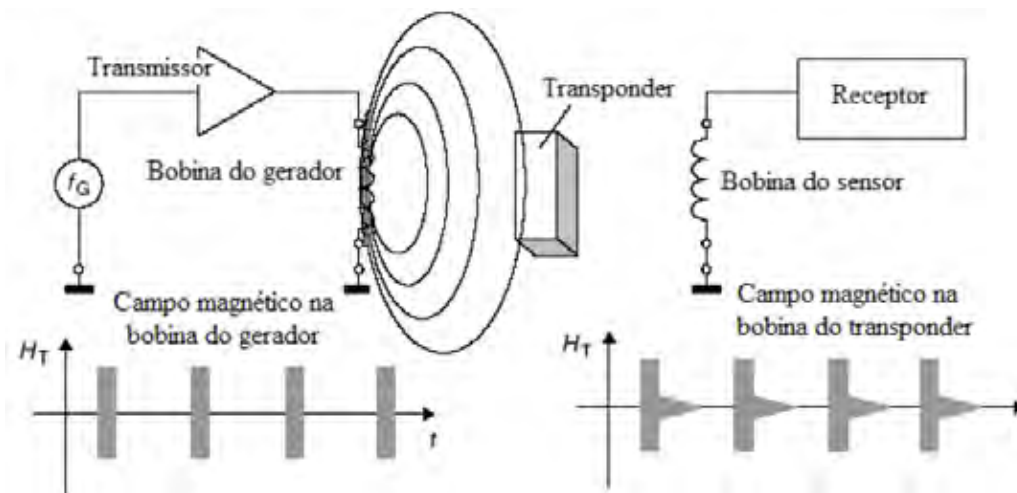


Figura 23 - Sistema 1-bit por efeito acústico-magnético (Oliveira e Pereira, 2006)

Comparado com o sistema eletromagnético, este sistema possui robustez devido a sua desmagnetização, que só ocorre quando exposto a um campo magnético intenso e com um decaimento lento da magnitude do campo aplicado.

2.5.2 Sistemas N-Bit Transponder

Diferente do sistema anterior, que funciona apenas com estados ativado e desativado, este troca informações e estabelece uma comunicação entre o leitor e a tag. Podem ser ativos ou passivos, estabelecendo comunicação *full duplex* (FDX), *half duplex* (HDX) ou sequencial (SEQ), com princípio de funcionamento ilustrado na Figura 24.

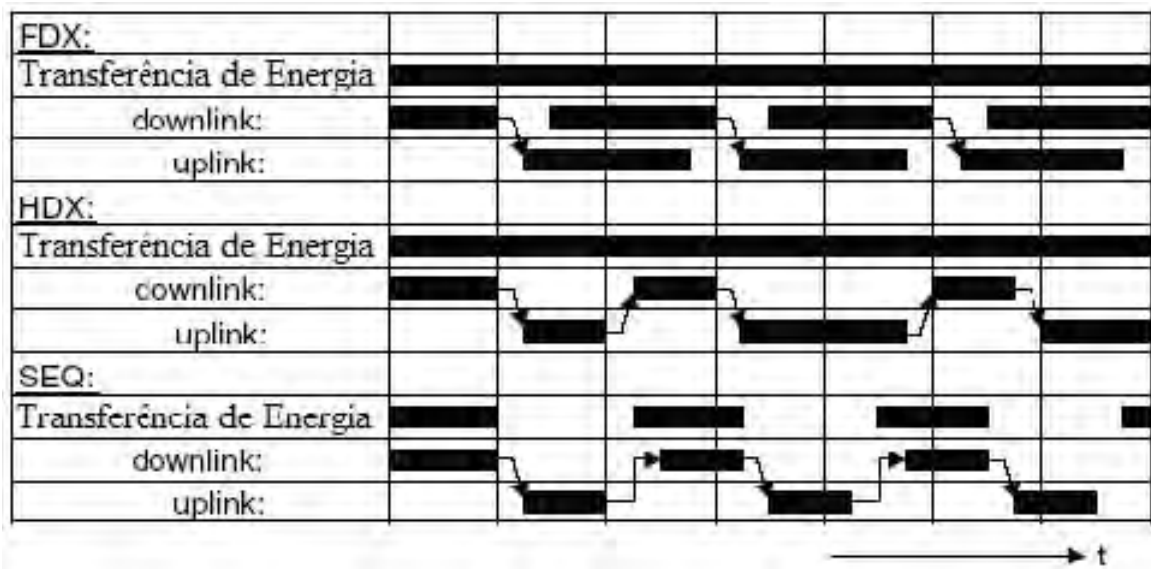


Figura 24 - Sistemas de comunicação (Oliveira e Pereira, 2006)

Em FDX, a informação é enviada e recebida simultaneamente. Nessa forma de transmissão, não existe perda de tempo com troca de sentido da transmissão (*turn-around*), podendo transmitir com maior rapidez que os outros dois tipos.

A transmissão HDX tem a informação enviada nos dois sentidos, mas não simultaneamente. De forma simples, enquanto um elemento envia, o outro recebe a informação, porém essa função será invertida constantemente, desde que haja envio corretos de dados. Caso os dados estejam corrompidos, o emissor enviará os dados novamente, repetindo até que este seja recebido corretamente. Existe um tempo de *turn-around* nesse sistema, necessário para os dispositivos chavearem entre as funções de receptor e emissor.

Em ambos, FDX e HDX, a alimentação se dá de forma contínua. É exatamente essa característica que diferencia a transmissão HDX da SEQ. Na última, o leitor fornece potência necessária para que o dispositivo de leitura complete um ciclo sem potência constante.

Existem diferentes formas construtivas do sistema n-bit. Estas serão exploradas a seguir.

2.5.2.1 Por Acoplamento Indutivo

Maiorias das tags desse modo construtivo são passivas, constituídas de uma bobina que serve de antena e um dispositivo de memória, capaz de armazenar os dados. Nesse sistema, quando o leitor gera um campo eletromagnético de 135 kHz ou 13,56 MHz, a bobina tem uma tensão induzida e retificada, utilizada para alimentar o chip, que devolve para o dispositivo de leitura seu código de identificação, seu ID. As bobinas de transmissão e recepção formam circuitos ressonantes, com respectivos capacitores em paralelo, ajustados em uma frequência de operação do dispositivo de leitura. Esse sistema é representado na Figura 25.

Essa forma construtiva é análoga a um transformador, um acoplamento de duas bobinas, dependente da frequência de operação, número de espiras, área da seção transversal, do ângulo entre elas e, por fim, da distância entre o transponder e do leitor.

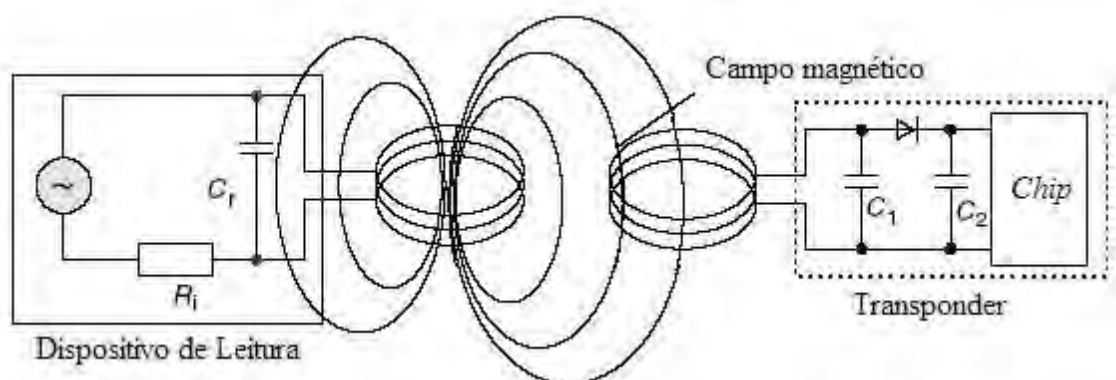


Figura 25 - Sistema n-bit por acoplamento indutivo (Oliveira e Pereira, 2006)

A distância entre as bobinas não pode exceder $0,6 \lambda$ (comprimento de onda), sendo então um sistema de proximidade. Em outras palavras, o sistema funciona quando o transponder se encontra na zona de interrogação e a frequência do dispositivo de leitura corresponde com a frequência de ressonância.

A transferência dos dados é feita por modulação de carga (*load modulation*). Resumidamente, a resposta do sistema de leitura à ressonância pode ser descrita através de um transformador de impedância Z_t em sua bobina (antena). O pulso na carga da antena do

transponder (*TAG*) gera uma alternância na impedância Z_t , consequentemente alterna a tensão no dispositivo leitor. Esse chaveamento é controlado pelos dados contidos na tag.

Porém, devido à baixa magnitude do sinal, o sistema necessário para detectar as flutuações precisaria de circuitos caros e complexos. A alternativa encontrada é utilizar uma sub-portadora, através da comutação da resistência de carga, feita por transistor, na frequência secundária de 212 kHz. O dado é transmitido por modulação digital (ASK, PSK, FSK) ou por modulação da sub-portadora no tempo. O modelo modificado com sub-portadora é representado na Figura 26.

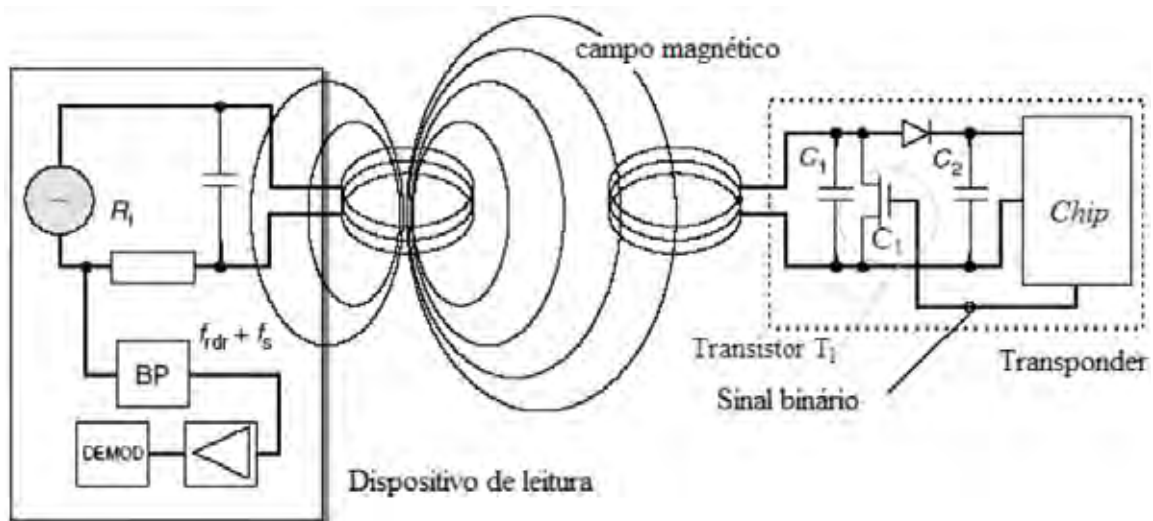


Figura 26 - Alternativa com sub-portadora (Oliveira e Pereira, 2006)

2.5.2.2 Por Acoplamento Eletromagnético

Também chamado de *Backscatter*, opera na faixa UHF e de micro-ondas, possui longo alcance, operam com comprimentos de ondas relativamente curtos, o que diminui o tamanho da antena, garantindo uma boa eficiência.

O leitor transmite uma potência tal para as tags, de forma que esta seja maior ou igual a potência perdida no meio, durante a transmissão, somado com a potência consumida pelo circuito. Mesmo com a fabricação de semicondutores de baixíssimo consumo, para aplicações

com distância de operação maior que 15 m, ou tags com componentes integrados de alto consumo, é necessário a utilização de tags ativas, a fim de suprir o alto consumo e realizar a comunicação sem perdas de dados. Uma maneira econômica de aplicação de tag ativa se dá com o uso de operações *stand-by*. A tag somente é ativada quando se encontra na região de interrogação (por um pulso inicial do leitor), e só então ocorre a transmissão de dados.

Utiliza parte do princípio de radares, em que ondas eletromagnéticas são refletidas por objetos de dimensões maiores que a metade do comprimento da onda emitida e que a eficiência dessa reflexão é descrita pela seção transversal de espalhamento e dos objetos em ressonância com a frequência da onda que os atinge. O circuito desse sistema é ilustrado na Figura 27.

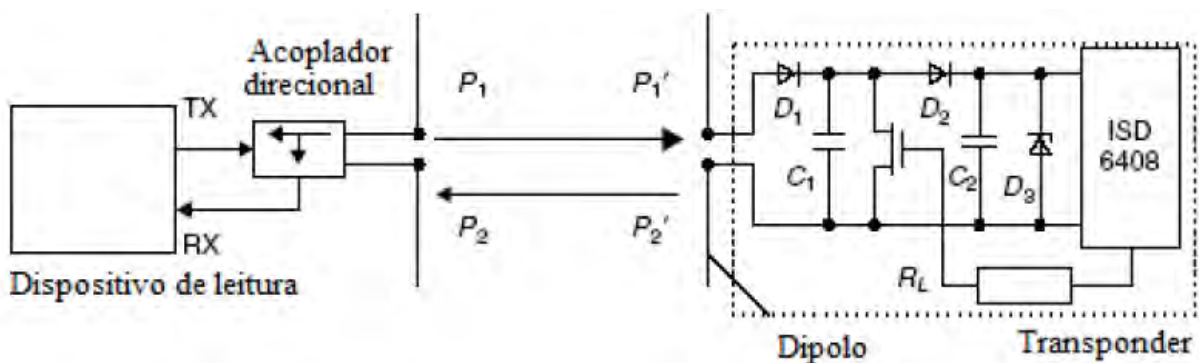


Figura 27 - Sistema n-bit por backscatter ou acoplamento magnético (Oliveira e Pereira, 2006)

Então, da potência emitida, parte se perde no meio, parte alcança a antena da tag, que retifica a tensão por meio de dois diodos e, posteriormente, é utilizada para retirar o dispositivo do *stand-by*, ou para alimentá-lo em curtas distâncias. A antena da tag reflete uma potência que chaveia uma carga, em paralelo com a bobina do dispositivo de leitura, de acordo com os dados de transmissão, ou seja, a amplitude da onda refletida do transponder para o leitor é modulada em *backscatter*.

2.5.2.3 Por Acoplamento Magnético

Sistemas de proximidade conhecidos como *touch and go*, projetados para distâncias de 0,1 a 1 cm, com local de inserção da tag. Novamente serve a analogia do transformador, sendo o primário correspondente a bobina do dispositivo de leitura. Ao se introduzir a tag no dispositivo de leitura, sua bobina (secundário do transformador) se alinha à bobina do leitor, que recebe uma corrente alternada de alta frequência, gerando um campo magnético de alta frequência no secundário. Na prática, essas frequências são de 1 e 10 MHz (reduzem as perdas no sistema, juntamente com o material de fabricação, o ferrite) e a modulação é feita por carga com sub-portadora.

A tensão induzida na tag é retificada e utilizada na sua alimentação. Devido à alta eficiência no fornecimento de potência, esse sistema é muito utilizado em aplicações que necessitam de tags com dispositivos de memória e microprocessadores, como *smartcards*.

2.5.2.4 Por Acoplamento Elétrico

Similar ao sistema por acoplamento magnético, porém nesse caso o dispositivo gera um campo elétrico de alta frequência em uma placa condutora, um eletrodo plano, como mostrado na Figura 28. Essa tensão, de cerca de centenas ou milhares de volts, de alta frequência gera um campo entre o eletrodo e o terra, e são geradas através de um circuito ressonante. A tag é inserida na zona de interrogação e entre seus dois eletrodos é induzida uma tensão elétrica.

O circuito possui um divisor de tensão entre as capacitâncias do leitor e tag e da carga de entrada da tag. A corrente nos eletrodos é pequena, tornando indiferente o material utilizado na fabricação, então para aumentar ou diminuir a distância de leitura é necessário variar a capacitância ligada ao terra.

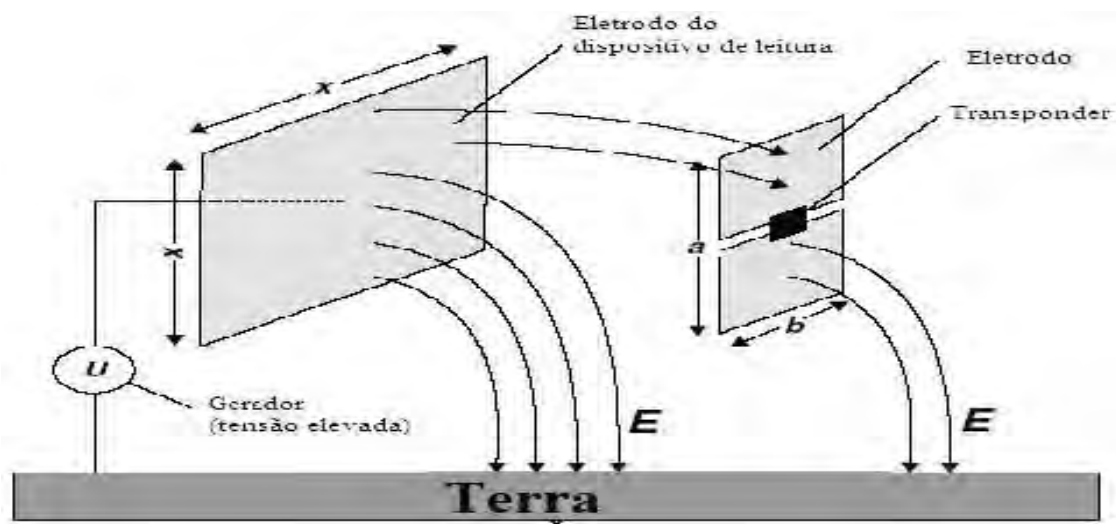


Figura 28 - Eletrodos do sistema n-bit por acoplamento elétrico (Oliveira e Pereira, 2006)

A tag no na zona de interrogação do leitor tem sua resistência de entrada atuando como um ressonante, juntamente com a capacitância entre os dispositivos. Por meio de um chaveamento de uma carga interna no transponder é gerada uma modulação de amplitude da tensão presente no indutor do dispositivo de leitura. Essa modulação do resistor é feita com base nos dados que serão transmitidos para o dispositivo de leitura, ou seja, uma modulação de carga. O modelo simplificado deste sistema esta ilustrado na Figura 29.

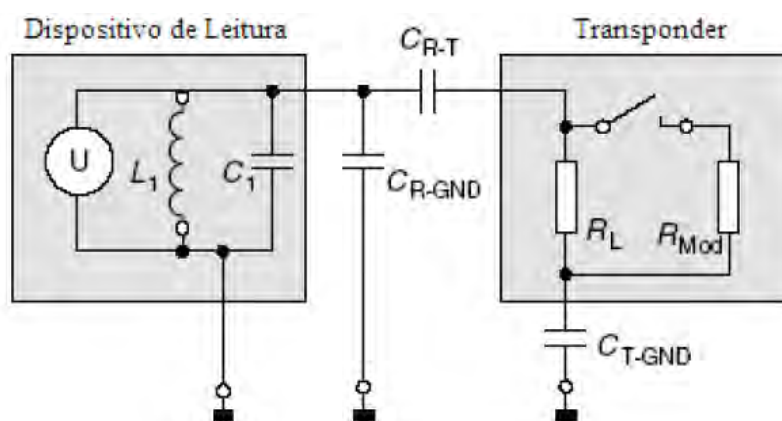


Figura 29 - Sistema n-bit por acoplamento elétrico (simplificado) (Oliveira e Pereira, 2006)

2.5.3 Sistemas Sequenciais

Em sistemas sequenciais a transmissão de dados e energia ocorre de forma alternada. A saída num instante de tempo depende do valor da entrada no mesmo instante e em instantes anteriores. Podem ser síncronos, em que a transição depende de um sinal de *clock*, ou assíncrono, não existindo sinal de referência para transmissão.

O processo sequencial consiste em três operações distintas: carga, leitura e descarga. Na carga, o leitor carrega o capacitor da tag; na leitura, esta emite os dados para o leitor; por fim, na descarga, um dispositivo *end of burst detector* indica o fim da leitura e descarrega por completo o capacitor, como pode-se observar no gráfico da Figura 30.

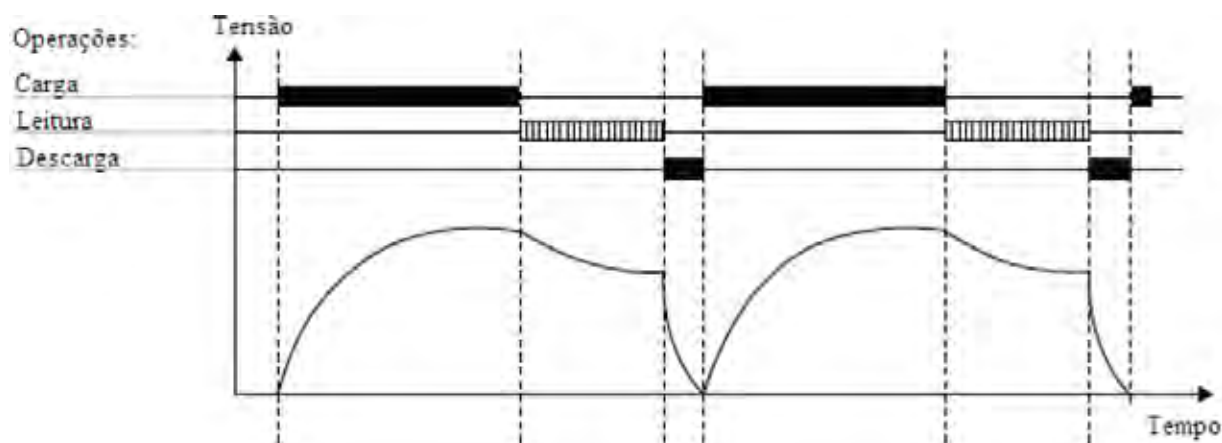


Figura 30 - Ondas em suas respectivas operações (Oliveira e Pereira, 2006)

2.5.3.1 Por Acoplamento Indutivo

O acoplamento é criado entre as bobinas do transponder e do leitor, análogo a um transformador. Opera com frequências abaixo de 135 kHz, que gera, por efeito do campo magnético variável, uma tensão induzida na tag, retificada e usada para alimentar o chip da tag.

Devido a características construtivas, a capacitância da tag pode variar (tolerância dos componentes). A variação dessa capacitância prejudica a eficiência da transmissão de dados, que necessita de equivalência ou alta proximidade do valor, quando comparado à capacitância do dispositivo de leitura. Em virtude disso, a tag possui um capacitor *trimming*, que compensa essa diferença.

Na operação de carga, o leitor alimenta o capacitor da tag, que armazena energia suficiente para utilizá-la na transmissão de dados. Em seguida, na operação de leitura, o transmissor entra em *stand-by*, enquanto há resposta da tag com os dados requeridos. Na operação de descarga, o transponder descarrega o resto da energia armazenada no capacitor.

Devido à ausência de uma fonte de alimentação, a modulação do sinal se dá pela adição de um capacitor em paralelo ao circuito ressonante, ativado no instante do fluxo de dados. A atuação desse capacitor gera um deslocamento na frequência, ou uma modulação FSK. O diagrama de blocos de um exemplo de um transponder sequencial é ilustrado na Figura 31.

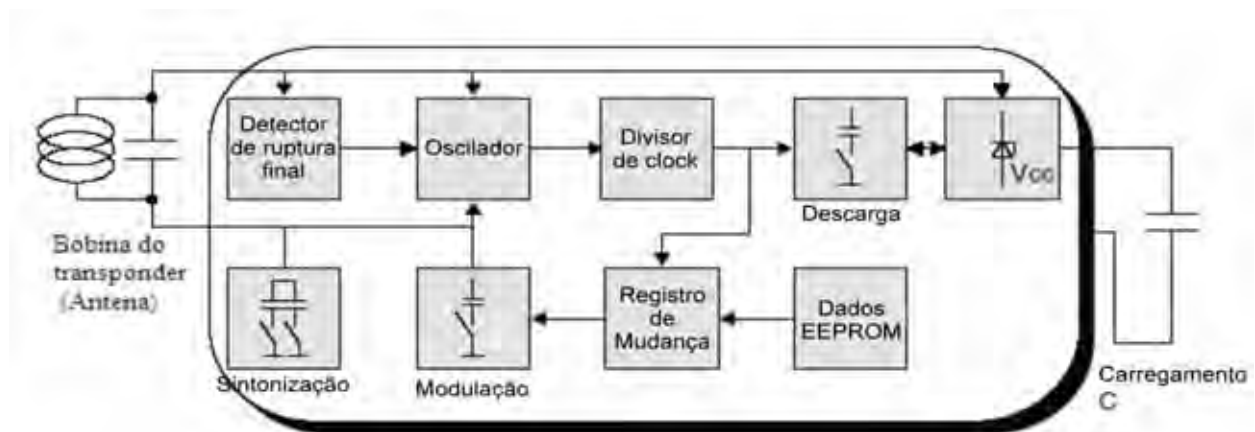


Figura 31 - Diagrama do transponder sequencial da Texas Instruments (Oliveira e Pereira, 2006)

2.5.3.2 Sequential Saw (Surface Acoustic Wave)

O sistema SAW, onda acústica em superfície, é baseado no efeito piezoelétrico e na dispersão superficial elástica da onda acústica em baixas velocidades. Geralmente trabalham com

frequências altas, de 2.45 GHz, construídos em dispositivos criados com transdutores eletroacústicos e refletores, que podem ser criados em uma estrutura plana de eletrodos no substrato piezoelétrico (normalmente de lítio).

A conversão do sinal elétrico em ondas (e vice-versa) é feita por um transdutor interdigital. Este é posicionado na extremidade de um piezelétrico, com uma antena dipolo ligada ao barramento.

Os dados são codificados entre 16 e 32 bits, transferidos na taxa de 500 kbps e a distância da leitura depende unicamente da potência do pulso de exploração. Tem um funcionamento similar ao do código de barras, a informação é representada pela reflexão de uma sequencia binária de dígitos, mas nesse caso, é feito por radiofrequência, não por leitura ótica. O pulso de exploração de alta frequência gerado pelo leitor é convertido em onda acústica, percorrendo longitudinalmente o substrato, com frequência correspondente a do pulso de amostragem.

A onda percorre o material e parte dela é refletida pelas tiras reflexivas e parte é absorvida pelo substrato. A parcela refletida atinge o transdutor interdigital, que as converte numa sequencia de alta frequência, transmitidos pela antena ao leitor.

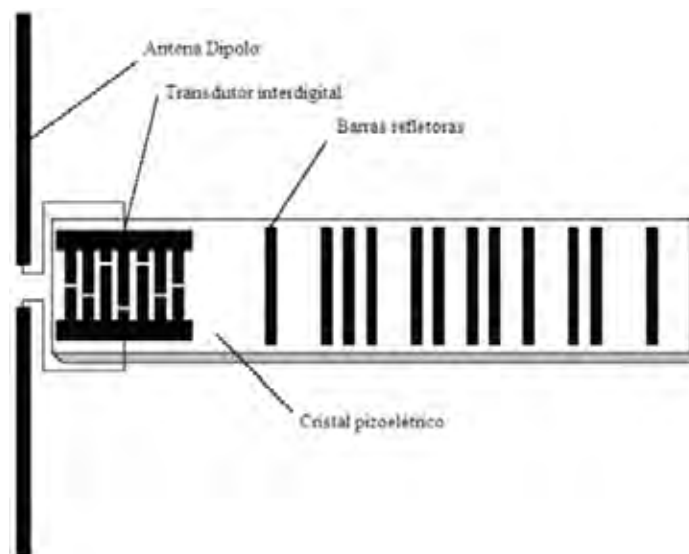


Figura 32 - Arranjo simplificado do dispositivo sequencial SAW (Oliveira e Pereira, 2006)

Por fim, o leitor recebe esses pulsos, o número corresponde a quantidade de tiras existentes no substrato e interpreta o atraso, sendo este proporcional a distância de separação entre as tiras, como pode-se observar na Figura 32.

3 CÓDIGO DE BARRAS

Segundo (Oliveira e Pereira, 2006), seus primeiros usos datam da metade do século passado, quando em 1948 a Philadelphia's Drexel Institute of Technology começa a utilizar o código de barras, exemplificado na Figura 33. Em constante evolução e aprimoramentos, em 1970 são definidas as primeiras padronizações, a adoção de *Universal Product Code* (UPC) e desenvolvidos equipamentos com menores custos e maior eficácia na leitura (distância e ângulo). Na Europa foi expandido através do *European Article Numerical Association* (EAN).



Figura 33 - Exemplo de código de barras (Oliveira e Pereira, 2006)

Na década seguinte, 1980, apenas 10% dos varejistas tem a tecnologia em seus produtos. Já em 1984 esse número cresce para 33%, até ser adotado por quase todo setor.

3.1 Princípio Do Código De Barras

Consiste num código binário, representado por um conjunto de barras paralelas pretas e aberturas brancas, arranjados de acordo com um padrão pré-determinado para representar os elementos de dados associados.

A leitura é feita pela varredura ótica do laser na sequência composta por barras largas e estreitas e aberturas, através de reflexão do feixe, que pode interpretar o resultado alfanumericamente ou numericamente. Cada um dos dígitos é representado por sete barras ou espaços. Como se pode observar na Figura 34, a barra representa o dígito 1 e o espaço em branco, o dígito 0.

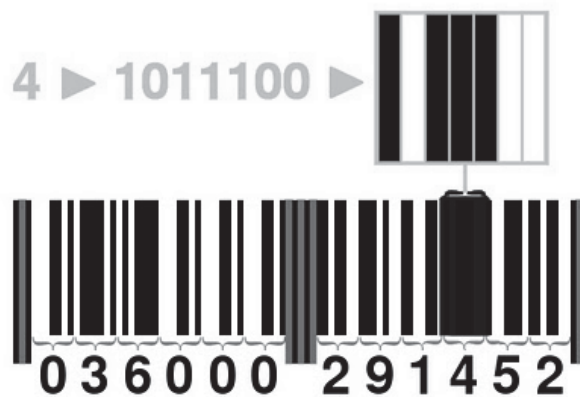


Figura 34 - Código binário inserido na codificação de barras (Oliveira e Pereira, 2006)

O código surgiu nos Estados Unidos com o UPC, mas a versão Europeia, considerada uma evolução, é mais popular. Composta por 13 dígitos responsáveis por identificar país, companhia, número do item do fabricante e um dígito de verificação.

Quadro 3 - Disposição dos dígitos no padrão EAN

Identificado do país		Identificador da empresa					Número de série do produto					Código de verificação
X	X	Y	Y	Y	Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	V

No Brasil, o padrão mais popular é EAN-8, similar ao padrão EAN ilustrado no Quadro 3, pois consegue trabalhar com espaços limitados, caso de muitas embalagens no nosso país. Nesse caso, os três dígitos iniciais representam o prefixo EAN/UCC, licenciado pela GS1. Os quatro

itens posteriores são definidos pela GS1 e referenciam o produto. O último dígito é um código verificador.

A massificação do uso dessa tecnologia trouxe benefícios direto a varejistas, com melhorias em toda sua cadeia de processo, principalmente na fatura de produtos. O custo dessa aplicação não passa do custo de uma simples impressão, e por ser preto e branca, o tipo mais simples e barato de impressão.

A simplicidade do sistema e a grande facilidade do uso cria uma automatização e controle de grande número de itens e manejo mais eficiente e exato, eliminando erro humano, como um erro de digitação. Também se vê uma tecnologia flexível tanto em dimensões como no material e tipo de aplicação.

A leitura é feita via *scanner*, com uma distância de atuação pequena, individual e sem obstrução entre leitor e código.

3.2 Comparativo com Rfid

O uso de código de barras está enraizado em todos os setores da indústria e comércio, fazendo dela uma tecnologia acessível e barata. Por se tratar de uma simples impressão em preto e branco, seu custo baixo se torna ainda mais atrativo aos olhos do público. Ao longo de seus 25 anos de uso, se mostrou eficiente e versátil, apesar das limitações consideráveis, quando comparada com RFID.

Relativa ao campo de visão, o código de barras necessita de uma linha direta livre, sem obstrução em seu meio, ou deterioração da própria etiqueta. Em termos práticos, o laser precisa alcançar a etiqueta e precisa que esta não esteja danificada, suja ou prejudicada. Na indústria é comum ambientes hostis, cheios de partículas sólidas, substâncias corrosivas e prejudiciais. Isso torna a etiqueta vulnerável. No RFID a sua grande fraqueza está na integridade da antena, pois sem elas, não existe comunicação nenhuma.

Observando o código de barras, é notável que não somente são impressas as barras, mas também um código numérico para leitura humana. Dessa forma, mesmo com dano da etiqueta,

tem-se recuperação imediata da informação inserida. Isso se dá devido a quantidade de informação que um código de barras carrega.

Já na tag, essa informação pode chegar a alguns kilobytes, correspondendo a milhares de caracteres. Essa capacidade de armazenamento e processamento de dados permite a criação de um banco de dados na própria tag, auxiliando a rastreabilidade do produto e de inúmeros atributos, individualizando cada item.

O RFID não precisa desse campo de visão para ler a informação contida na etiqueta, sendo capaz de penetrar a maioria dos materiais utilizados na indústria. Essa propriedade permite com que a tag esteja dentro de invólucros, tanto de proteção, ou do próprio produto, não sendo necessário sua violação ou manejo direto para leitura.

Uma grande diferença se dá no fluxo dessa informação, mostrado na Figura 35. No código de barras a informação é apenas lida e não pode ser alterada. Já no RFID o fluxo se dá em ambos os sentidos, permitindo uma atualização em tempo real da informação contida na tag. Essa capacidade de comunicação também se refere a leitura perante grande volume de itens, com a capacidade de fazer leitura simultânea de até 1000 itens por segundo, ao contrário do código de barras que apresenta leitura individual.



Figura 35 - Fluxo de dados das tecnologias

A palavra de ordem a escolha de qualquer tecnologia concorrente é o custo-benefício. Como já discutido, pela simplicidade e grande aceitação, o código de barras tem um custo baixíssimo. Mesmo com as previsões de redução de preços de tag, nunca serão tão baratas quanto uma etiqueta de código de barras. Por outro lado, o código de barras nunca será capaz de fornecer as vantagens que o RFID possui de diversas formas. A longo e médio prazo, o RFID se mostra como um sistema atraente e com custo menor, considerando perdas e eficiência do sistema em que esta inserido.

Uma prática comum é de um sistema híbrido de RFID e código de barras, onde um completa o outro. Na falha da comunicação de radiofrequência, o código de barras entra como substituto.

O Quadro 4 demonstra de forma clara os pontos e as características onde essas duas tecnologias divergem.

Quadro 4 - Diferenças entre código de barras e RFID

	Código de barras	RFID
Tecnologia	Luz Ótica	Radiofrequência
Meio	Contato visual direto	Sem necessidade de contato físico, direto. Pode ser lido através de vários materiais.
Dados	Com 14 campos disponíveis. Capaz de armazenar letras números e símbolos.	Uma tag possui 96 campos. Armazena todo tipo de dado.
Robustez	Não é eficiente em ambiente insalubres	Permite a codificação em ambientes hostis (diferentes aplicações)
Processamento	Não permite inclusão e manipulação de dado	Permite inclusão de dados, manipulação, processamento e criptografia.
Reposta	Maior tempo de resposta	Menor tempo de reposta

Leitura	Leitura individual	Permite leitura de inúmeras tags simultaneamente
Custo	Mais barato	Mais caro
Confiabilidade	Maior risco no erro de leitura	Menos risco na leitura de dados

4 RFID APLICADO EM ESTOQUES

4.1 Estoque

De acordo com Santini (2008), a partir da revolução industrial, o crescimento de concorrência, demanda e produção fizeram com que as operações de compras e estoques ganhassem uma grande importância. O período marcou grandes modificações no sistema fabril e nos ambientes de estoque. Grandes máquinas substituíram o trabalho artesanal, elevando a produção, tornando os estoques centros de custos notáveis e alvos de estudos, a fim de uma organização, seja qual fosse.

Estoque pode ser definido como a quantificação de itens ou recursos tangíveis, em movimento ou não, que se encontram em poder da organização, num determinado tempo. A formação de um espaço reservado para estoque se dá devido ao desequilíbrio entre a demanda e o fornecimento, por ser impossível prever com clareza a demanda dos diferentes setores da empresa.

A principal dificuldade se dá em conciliar da melhor maneira possível os diferentes objetivos de cada departamento, sem que haja prejuízos nas operações. Para empresa, o principal objetivo está nos lucros, sendo então a gestão dos estoques uma forma de maximizar os recursos da empresa, através do aumento da eficiência operacional e do atendimento satisfatório do cliente.

Hoje a administração desses ativos é conceituada e estudada num sistema integrado em que diversos subsistemas próprios interagem para influir no resultado final do todo. Uma boa gestão desse material determina o suprimento dos materiais em tempo certo, na quantidade necessária, com a qualidade requerida e no menor custo possível.

Com estoque, a empresa pode vender seus produtos mais seguramente, atendendo a necessidade de clientes que precisam de compras imediatas. A fábrica pode produzir sem levar em conta a demanda ou oscilações de mercado momentânea, possibilitando diminuição de custos por produção de grandes lotes, que diretamente mantém os níveis de força de trabalho estáveis. A movimentação de grandes lotes garante descontos nos transportes.

Na compra de grandes lotes de matéria prima, a empresa pode entrar em negociações com os fornecedores e criar um bom relacionamento com este, garantindo preços reduzidos e serviços melhores. Com um bom planejamento, havendo previsão de aumento de preços dos consumíveis na linha, a empresa pode antecipar a compra da matéria-prima e mantê-la em estoque. Essa ação pode garantir atendimento aos clientes sem aumento dos preços. A mesma lógica pode ser aplicada na própria empresa, criando estoques para possíveis eventualidades negativas, como greves ou danos na planta, mantendo o suprimento do produto por meio do inventário armazenado.

A demanda do custo pode ser dividida entre três categorias, sendo estas o custo com manutenção, compra e falta.

O custo de manutenção de estoque é todo dispêndio financeiro necessário para manter o inventário por um determinado período de tempo, incluindo imposto, seguro, armazenagem física, deterioração, obsolescência, danos, furtos e custos de oportunidade de capital.

Os custos de compras podem ser associados ao processo de aquisição das quantidades requeridas para a reposição do estoque. Ou seja, todos os gastos relacionados a compras, abrangendo o processamento de pedidos, contatos com fornecedores, preparação do lote, atendimento, manuseio, recepção, transporte e o próprio preço do item comprado.

O custo de falta é um pouco mais abstrato. Trata daqueles que ocorrem na demanda de algum item que está em falta, que pode acarretar numa perda de venda, cliente e/ou multa. Em muitos casos, compras emergenciais são feitas em fornecedores diferentes com preços elevados, causando uma má compra sob visão gerencial.

Embora seja um conceito fundamental em qualquer organização, não pode deixar de ser visto como um capital imobilizado, um capital que poderia estar sendo investido. Um controle de estoque inteligente pode agregar vantagem competitiva operacional.

4.2 Gestão De Estoques

De acordo com Santini (2008), o controle de um estoque numa empresa tem uma importância significativa tanto pelo valor dos itens em seu inventário, quanto no ciclo

operacional em que está inserido. O controle, ou gestão de estoque, tem como objetivo planejar as quantidades que entram e saem, o tempo que decorre entre essas ações, as épocas e os pedidos e recebimentos.

Por assim dizer, o custo do produto é o resultado do valor da mercadoria, acrescido de outras despesas na logística do estoque, além de gastos que a empresa realiza para colocar o material em condições de venda.

A partir do custo dessa mercadoria e do valor de mercado, surge a necessidade de avaliar o menor valor para avaliar o estoque. Um problema aparece com o fato de uma constante atualização do estoque, deixando-o com produtos de diferentes datas e custos unitários variados.

O objetivo principal do controle dessa movimentação de mercadorias e de estoque é aperfeiçoar o investimento na área, aumentando o uso eficiente dos meios internos de uma empresa, além de minimizar as necessidades de capital investido em estoque. Um alto giro mostra uma melhor utilização do capital, reduzindo capital de giro e aumentando retorno sobre o investimento.

Hoje são utilizadas algumas técnicas para essa gestão, como Classificação ABC, que separa os itens em três categorias. Classificados como A são itens que correspondem a 20% da quantidade total, mas chegam a 80% em termos de valor. Os itens B representam 30% em quantidade e tem 15 % do valor. Os itens C têm 50% em quantidade total no estoque, porém apenas 5% em valor. Essa técnica cria um foco restritivo bem claro sobre os itens, controlando itens com maior valor e menor quantidade, demandando um menor esforço para itens de grande quantidade e pouco valor dentro do centro de gestão.

O fluxo dentro do estoque pode ser realizado por UEPS (último que entra será o primeiro a sair) ou PEPS (primeiro que entra será o primeiro que sai). O custo médio define a média de produtos que entraram e saíram, clarificando a valorização ou desvalorização do produto no estoque levando em consideração as cotações do mercado.

Agregar tecnologias a gestão do estoque torna a prática facilitada e otimizada. Largamente aplicado, o código de barras cria um sistema de controle automatizado, porém não evita discrepâncias entre a quantidade representada no registro contábil e no meio físico.

4.3 RFID no Controle de Estoque

Uma das grandes vantagens se dá em ter a quantidade física existente e a quantidade informada no sistema de informações equivalentes, adequando o balanço e procedimentos de inventários de maneira mais harmônica, sem aproximações e adequações.

Além de essas adequações demandarem tempo e dinheiro, não garantem eficácia, sendo os sistemas de informações apenas utilizados para se ter uma ideia de como está seu estoque. Extravios, perdas, erros de sistema ou humanos, podem gerar as discrepâncias entre os números.

O estoque também possui em si um certo índice de desperdícios, em função de perecibilidade, validade de produtos, que por algum motivo caem no esquecimento ou, por alguma deficiência no sistema de gestão, acabam não sendo utilizados na ordem que deveriam, por falta de visibilidade ou informação adequada.

O código de barras ainda é a tecnologia predominante no controle, movimentação e armazenamento de itens. Como já dito, essa tecnologia tem limitantes importantes, como a leitura unitária do item, ou a necessidade de campo de visão do leitor com a etiqueta. Esses limitantes implicam numa restrição de tempo e menor da agilidade no controle do estoque.

O RFID organiza essas informações de forma inteligente e com a mínima margem de erro possível. Essa aplicação possibilita que a produção, vendas, datas de validade e a localização de um produto seja controlada de forma segura e com amplas vantagens em relação ao código de barras. A contagem de estoque, por exemplo, pode ser instantânea. A localização dos itens ainda em processo de busca, a melhoria no reabastecimento do estoque e a identificação de itens com validade vencida também são grandes diferenciais.

Além dessa coleta de dados automatizada, coletiva e com o produto em movimento, o sistema permite que gestores acessem informações do que está acontecendo ao longo da cadeia de suprimentos e reportem essas informações aos setores interessados. Isso garante integração de dados diferentes entre elos distintos da cadeia e gerar informações claras e precisas para um melhor planejamento operacional.

O RFID praticamente eliminará extravios ou falta de itens no estoque, pois é possível localizar qualquer produto, dentro do ambiente controlado, em tempo real. Na chegada de materiais não haverá necessidade de esperar que um carregamento termine para, só assim,

começar o inventário. Basta que leitores sejam instalados, de modo que com a chegada do caminhão, seja feita essa contagem de forma automática.

O planejamento pode trabalhar com valores exatos em suas programações de produção, visando apenas a melhor utilização dos insumos e materiais, sem a necessidade de preocupações com interrupções do fluxo da produção devido à falha no gerenciamento de estoque.

Essa aplicação encontra alguns desafios para sua implantação pelas empresas. Uma delas se encontra na reestruturação de seus processos, com novos equipamentos, como leitores, e a adequação de seus produtos, com a inserção de rótulos, na implantação de *softwares*, integrando e configurando o compartilhamento de dados. Outro empecilho se dá em ser uma tecnologia nova, sendo assim, há ausência de estudos mais aprofundados para sua aplicação.

Ultrapassadas essas barreiras, a empresa só tende a ganhar com os inúmeros benefícios e aplicações que o RFID pode trazer. A tecnologia leva não somente um aparato consigo, mas uma filosofia de melhoria contínua dentro da empresa.

4.3.1 Fluxo Na Cadeia De Suprimentos

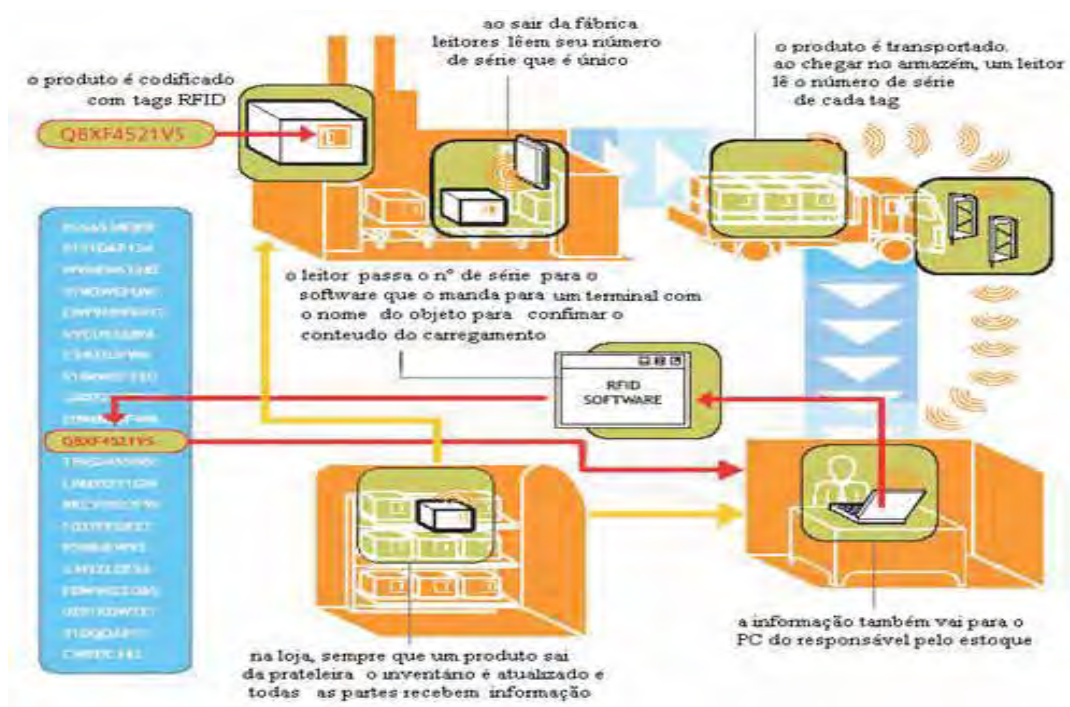


Figura 36 - Item rastreado por RFID Santini (2008)

Segundo Sikander (2005), o fluxo da cadeia de suprimentos se torna mais ágil preciso e simples, com a presença da tecnologia RFID, além da possibilidade de rastrear o item em qualquer espaço monitorado da cadeia, ilustrado na Figura 36.

4.3.1.1 Entrada e Saída do Estoque

A entrada do estoque é a primeira operação, a cadeia toda depende dela; efetua o controle de quantidade, valorização, pesagem, processos de embalagem e marcação para destinar à cadeia. A atividade de entrada se torna ainda mais complexa, visto que essa pequena parte da cadeia pode receber dezenas de fornecedores, com matérias e produtos diferentes, que requerem de atenções distintas em sua logística.

Erros humanos no manuseio de *sku's* (*Stock Keeping Unit* - os diferentes itens do estoque, estando normalmente associado a um código identificador), caixas e paletes são frequentes e complicados de se eliminar, criando uma necessidade de um sistema que integre grandes volumes de informação e crie uma automatização na tarefa. Uma maior fluidez e eficácia são atingidas quando se aumenta o número de *sku's* e/ou número de entregas, mas com um menor volume, partindo de conceitos de *just in time*. Ou seja, o centro de gerenciamento opera com baixos níveis de estoque em paralelo a um serviço otimizado. Essa situação pode gerar números enganosos e previsões divergentes da realidade, gerando, na melhor das hipóteses, ativos parados, e na pior, produtos fora do período de validade.

O código de barra cria essa automatização, com um leitor e validação, à medida que o produto entra no estoque. Apesar das desvantagens citadas, esse prévio controle automatizado facilita o grande volume de diferentes produtos, porém serve apenas como marcador de entrada, pois seus dados não podem ser alterados e o acompanhamento não ocorre em tempo real. Além disso, o código de barras depende bastante da manipulação humana, o que pode ser fonte de erros.

A tecnologia RFID diminui a intervenção humana, facilitando o procedimento e sua fluidez. Há redução de volume de trabalho no recebimento de lotes, garantindo ganhos temporais

e minimizando erros (que podem ser corrigidos ao longo da cadeia, devido ao acompanhamento). Essa aplicação cria um monitoramento e rastreabilidade desde a entrada do produto.

4.3.1.2 Dentro do Estoque

No armazenamento o operador pode efetuar leituras dos produtos, obtendo informações precisas de onde este item deve ser armazenado, além de detalhes como quantidade, validade e destino futuro. Essas informações podem ser consultadas em tempo real, permitindo aos controladores de estoque conferirem se os itens foram armazenados de acordo com o planejamento, ou até mesmo reprogramar a saída do mesmo, dependendo da maneira como foi posicionado.

Essa gestão e manutenção envolvem um trabalho árduo e, sem auxílio da tecnologia, impreciso. A contagem dos itens pode ser feita de maneira instantânea. Leitura de múltiplos itens garante que informações estejam atualizadas no momento em que forem necessárias.

Essa automatização no controle elimina quase por completo o erro humano, reduz significativamente os custos de logística e também os desperdícios.

Para produtos perecíveis, há possibilidade de controlar seu vencimento. Caso um estoque chegue ao limiar de sua expiração, pode-se fazer com que o giro deste produto ou item aumente, sem prejudicar a produção, evitando desperdícios tanto do item, como de algum produto produzido com o uso deste.

4.3.1.3 Custos Relacionados com Colaboradores

Como essa tecnologia realiza inventários e garante rigor nos itens estocados, não existe necessidade de colaboradores realizando essas tarefas com a periodicidade com que é feito em qualquer outro sistema.

Os custos de inventário e adequação de itens diminuirão, devido à redução de erro humano, redução da má utilização de equipamentos de *scanners* (código de barras) e eliminação de algumas tarefas realizadas por colaboradores. Estes colaboradores poderão ser deslocados para realizar outras tarefas, de maior importância e que agregam maiores valores à cadeia de processos, podendo até mesmo aumentar a produtividade.

5 ESTUDO DE CASO

O estudo foi feito em uma empresa multinacional que possui um setor no Brasil, dentre muitos outros, que trabalha com máquinas de diagnósticos *in-vitro* e os dados utilizados foram retirados de seu setor financeiro e logístico. Antes de serem instaladas em clientes, as máquinas passam por um centro de reformas, no qual são realizadas as manutenções necessárias e feitos testes de desempenho, para que esta seja avaliada de acordo com normas da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e da própria empresa.

Ao entrar no estoque, máquinas e consumíveis passam por uma triagem manual, são inseridas no sistema por um operador, em seguida, aguardam para que sejam colocadas no lugar destinado a elas.

Após esse primeiro procedimento, o controle é feito visualmente. As máquinas são escolhidas para reforma de forma aleatória. Somente existe limite de tempo de atendimento após a entrada da máquina no processo de reforma propriamente dito, ou seja, uma máquina pode permanecer no estoque, esperando reforma, por semanas, enquanto outras podem ser atendidas com um dia de estoque.

Para os consumíveis o problema é ainda mais grave, pois estes possuem data de expiração. O controle é feito sem qualquer tipo de método. Em alguns desses casos, os itens são alocados à medida que chegam à prateleira, deixando muitos produtos caírem no esquecimento e chegarem ao fim de sua data de validade. Por serem importados, esses consumíveis já possuem um período curto para seu uso, o que torna ainda mais crítica a gestão de estoques.

Outro problema recorrente é que o controle dos consumíveis depende totalmente do técnico que faz a manutenção das máquinas, pois cabe a eles avisarem ao gestor do estoque, a baixa quantidade de um determinado item, ou seja, o próprio técnico é responsável por avisar o gestor do estoque caso constata a escassez de um item específico no momento em que irá utilizá-lo. A falha humana, esquecimento ou displicência, faz com que alguns itens cheguem ao fim, sendo isso apenas notado quando exista a necessidade de seu uso. A ausência desses itens cria um buraco no procedimento, causando atrasos no reparo de máquinas, trabalhadores ociosos e ativos da empresa, que poderiam estar gerando lucros em clientes, parados.

Muitas dessas dificuldades podem ser sanadas, ou ao menos diminuídas, com a automatização da informação do estoque. A entrada do item é um momento crítico para o levantamento dos dados, porém quando estes dados são processados com as informações já existentes no estoque, formam uma poderosa ferramenta no controle inteligente. Pode-se afirmar que os dados do inventário do estoque devem ser precisos para que não haja discrepâncias do que está sendo planejado e do que acontecerá de fato.

A instalação de uma aplicação RFID pode sanar todos esses problemas e agregar qualidade além da requerida. Na entrada do estoque, um leitor faz a leitura de todos os itens dentro do *container*, simultaneamente, como mostrado na Figura 37. A leitura discrimina máquinas de consumíveis, insere os dados no sistema de informação e pode alinhar o novo inventário, seguindo uma lógica pré-programada.

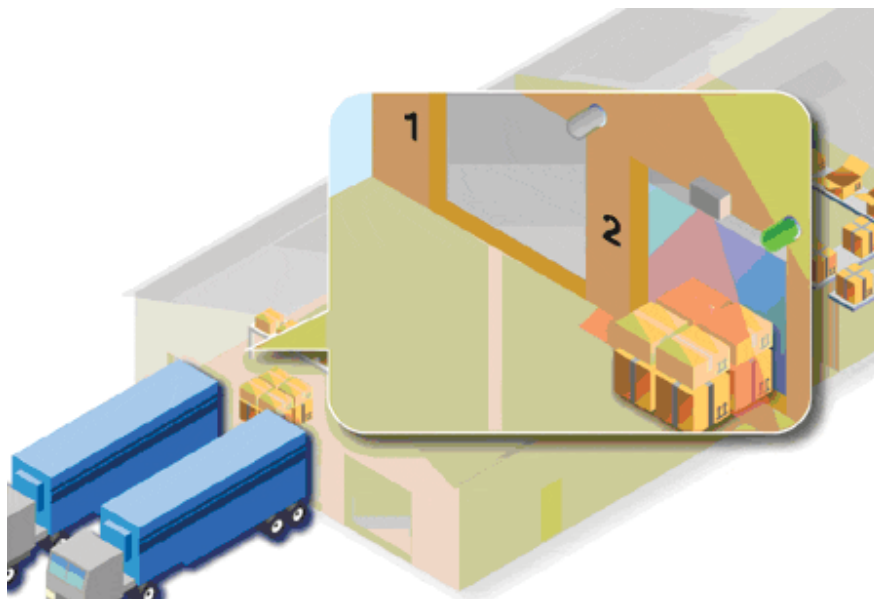


Figura 37 - Entrada do item no estoque(Corporação Microsoft, 2006)

A entrada da máquina tem um papel importante para a logística da empresa, já que esses equipamentos saem do centro de reformas e vão direto para os clientes. A definição da prioridade de sua reforma não pode ser feita aleatoriamente, nem tão pouco por ordem de chegada, mas de acordo com a demanda de contratos. Os dados coletados pelo leitor podem ser tratados e

trabalhados juntamente com o banco de dados da empresa, analisando contratos e sugerindo prioridades.

A posição de uma determinada máquina no estoque também é um fator importante, que pode constar e ser trabalhado com o RFID. O tempo demandado na procura de certos itens, de maneira visual, pode ser eliminado, assim como o erro humano na leitura de números de séries extensos. O operador já terá em seu sistema a localização da máquina, pois este foi determinado desde a entrada, de acordo com a leitura de sua tag. Em seguida, o colaborador apenas deve verificar se a máquina corresponde a da sua procura, com auxílio de uma pistola leitora (custo entre R\$800,00 e R\$2.000,00 a unidade). Tal operação, que antes poderia demandar tempo, agora se torna quase instantânea.

Outra grande vantagem está na rastreabilidade dos itens na área de pesquisa. Por se tratar de um procedimento regulamentado pela ANVISA, existe apenas uma porta de entrada e uma porta de saída. Com a instalação de leitores em ambas as portas, com custo unitário de R\$700,00, tudo que entra ou sai do centro de reformas é informado pelo sistema, acompanhado de detalhes, como data, horário e qual a máquina que foi retirada ou inserida no estoque. Dessa forma pode-se evitar furtos e extravio de qualquer natureza.

Com os consumíveis, a logística se dá de forma similar, mas com suas particularidades. A entrada pode seguir o mesmo procedimento, inicialmente ocorre a leitura na porta de entrada, conseguindo-se atingir todas as tags simultaneamente, mas individualizando cada item. Os consumíveis são caros, então a saída pode ser controlada da mesma forma, evitando extravios de qualquer natureza.

A diferença se dá no controle dentro do estoque, nas próprias prateleiras. O leitor não tem a capacidade de saber a quantidade do conteúdo dentro do frasco, porém tem a capacidade de dizer as unidades existentes de cada item em tempo real, além de saber quais estão em uso ou não. Esse dado pode ser aproveitado para que o gestor do estoque saiba exatamente quanto de cada produto existe e em qual prateleira ele está. Isso acarreta num controle mais refinado de estoque, sendo que as informações obtidas pelo sistema, que são exatas, podem ser utilizadas em ferramentas específicas de qualidade, controle de estoque e mapeamento de cadeia, como Kanban.

Já na entrada da máquina na área de manutenção, pode-se entrelaçar as duas informações. O técnico registra a entrada da máquina a partir da leitura do sistema de RFID. Ocorre então uma

comunicação com o banco de dados do gestor, que mostra que a máquina está no início de seu trabalho e o mesmo já fornece a informação do *lead-time* de trabalho armazenado em seu banco de dados. Com o passar do tempo, peças e consumíveis são utilizados para manutenção e validação da máquina, e estes também são lidos por uma pistola (*handheld*) de RFID, como mostrado na Figura 38, cada vez que forem inseridos no processo da máquina. Por fim, a máquina possui dados de peças que foram utilizadas, seus respectivos lotes, assim como das substâncias que foram utilizadas em seu processo de validação.

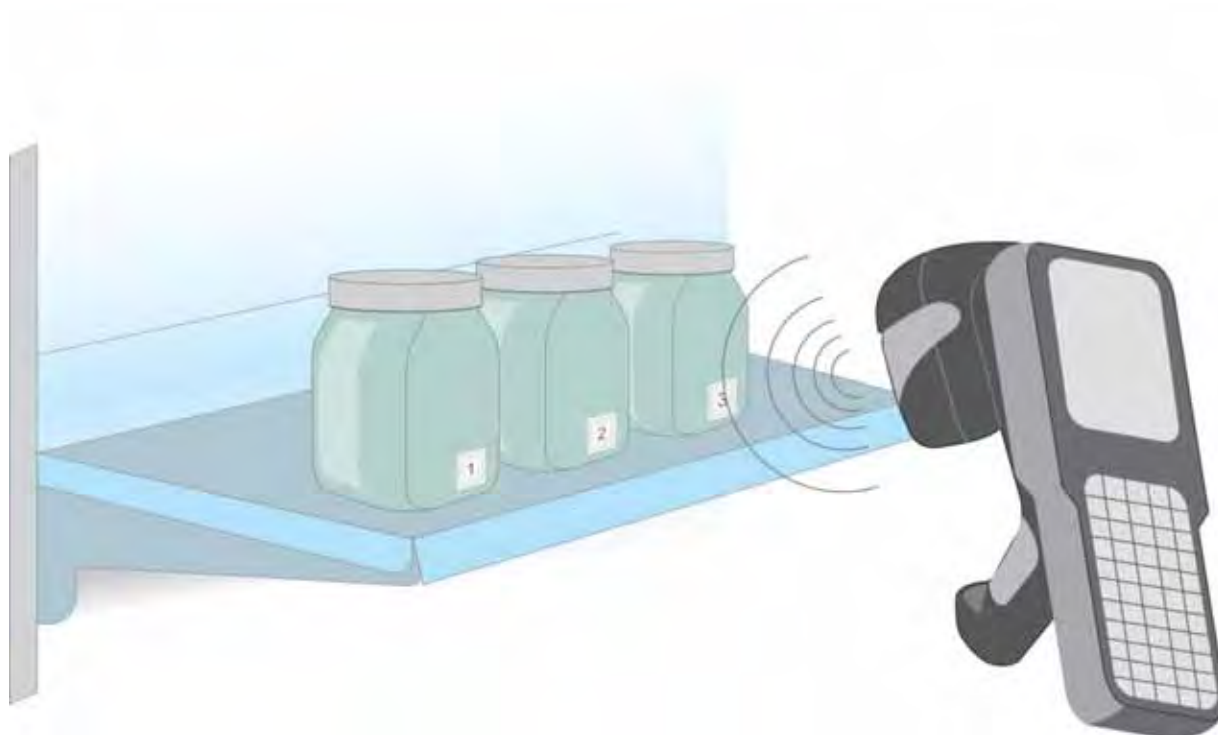


Figura 38 - Handheld lendo itens da prateleira no estoque

O procedimento descrito, quando automatizado, pode facilitar na consulta de dados para análise e planejamentos futuros. Também são informações úteis quando se detecta alguma falha ou discordância, sendo possível rastrear se o problema foi oriundo de um lote de peças, uma substância em particular ou apenas falha de logística.

O caso apresentado deve possuir duas tags distintas. Nas máquinas, estas podem ser ativas, num sistema n-bit por acoplamento eletromagnético, padrão EPC. Essa escolha se dá devido ao alto alcance de leitura e robustez do acoplamento indutivo, além da possibilidade de inclusão de chips de processamento e memória, úteis em processos tão dinâmicos quanto esses.

A tag ativa possui uma bateria de vida útil de cinco anos, período similar a média de tempo que as máquinas permanecem com clientes antes de serem enviadas ao centro de reformas, ou seja, quando esta estiver em manutenção, a tag do RFID pode ter sua bateria trocada, resolvendo o problema dessa desvantagem. Outro limitante é o preço, de aproximadamente R\$20,00 por peça, porém levanto em conta o valor das máquinas em que este será inserido, acaba sendo praticamente desprezível, além de trazer todos os benefícios citados.

Os consumíveis apresentam valores consideráveis, porém possuem uma alta rotatividade, sendo inviável uma tag cara. A opção que mais se adequa é o sistema de 1-bit por radiofrequência passivo. Esse se assemelha a uma etiqueta normal, como mostrado na Figura 39. Seu custo chega a alguns centavos de real por pedaço, podendo ser reduzido com uma compra em grande quantidade.



Figura 39 - RFID passiva

Considerando o sistema físico do RFID, têm-se dois leitores na porta do estoque, oito *handhelds* (uma para cada técnico e uma para o colaborador que recebe os itens no estoque), cerca de 3.000 máquinas com tags ativas e, considerando uso médio de uma máquina a cada validação, cinco etiquetas para frascos de consumíveis. Uma consideração é a de máquinas por trimestre que passam pelo centro de reformas, sendo cerca de 16 a meta estipulada pela equipe, porém é comum que essa meta chegue a 18.

O sistema precisará de computadores para interface de dados, um servidor para efetuar a comunicação dos dados e processamentos, além de um *software* seguro e robusto, sendo o MySQL uma sugestão para banco de dados, por ter essas características e um custo baixo.

Considerando os consumíveis das 18 máquinas, tem-se um total de 11 reais em etiquetas passivas/mês, cerca de R\$ 30000,00 para implantação de etiquetas ativas em todas as máquinas no Brasil, cerca de R\$ 4000,00 para os leitores e cerca de R\$ 15000,00 para os computadores e servidor, resultando num total de aproximadamente R\$ 49000,00 para implementação inicial, fora os custos mensais para manutenção do sistema.

O custo da hora trabalhada de um técnico é de aproximadamente 50 reais. Como cada um deles trabalha em média 160 horas por mês, tem-se então um custo mensal de R\$ 64000,00 considerando os 8 funcionários. Esse valor não considerou horas extras, práticas comuns no centro de reforma. Em média são 16 horas extras por mês, que custam de 1,5 a 2 vezes o valor normal. Somando com o valor anterior, resulta em cerca de R\$ 67000,00 de custo com os 8 funcionários. A fim de obter o custo real de cada hora de trabalho do centro de reparos, tem-se R\$ 67000,00 divididos em 176 horas, chegando-se a um custo do centro de reparos de R\$ 380,00 por hora.

O tempo ocioso em média, devido a atrasos de entrada de máquinas, falta de materiais no estoque e outros procedimentos falhos ligados ao estoque chegam há 15 horas por mês. Ou seja, a má prática de estoque gera um custo de R\$ 5700,00 mensal.

Levando em conta esses números apresentados, a implementação do RFID tem um *payback* de menos de 9 meses, sendo o custo de manutenção muito menor que os custos de desperdício apresentados. Vale ressaltar que para calcular este *payback* considerou-se apenas o tempo ocioso dos funcionários. Caso fossem considerados outros ganhos com a implantação do sistema poder-se-ia obter um tempo ainda menor de *payback*. Considerando as recomendações de *payback* industrial, que gira em torno de 2 anos, tem-se uma confirmação de que o sistema RFID atende esse requisito e é uma aplicação altamente recomendável para estoques.

6 CONCLUSÃO

A tecnologia de RFID foi apresentada de forma objetiva, com seus vários aspectos e singularidades, desde o princípio de funcionamento até as regulamentações que regem seu padrão. De forma clara foi mostrado que o RFID não é o sucessor do código de barras, mas uma tecnologia complementar à sua aplicação, podendo até mesmo existir sistemas híbridos para diminuir a chance de falhas. Nos sistemas mais simples de RFID, a única diferença entre as tecnologias está na necessidade de contato visual entre leitor e etiqueta.

Com base no que foi apresentado, vê-se tecnologia de RFID uma interessante flexibilidade, sendo este adaptável para inúmeras aplicações de qualquer natureza. Neste trabalho, o estudo de caso mostrou uma dessas aplicações, a gestão de estoque de uma empresa.

A capacidade de rastrear os produtos dentro de uma cadeia de fornecimento proporciona maior controle e integridade de dados. Tal capacidade tende a ajustar o ciclo de um determinado item em uma empresa, desde sua entrada até sua saída através de um processo específico, detectando sua falta ou mesmo seu excesso na cadeia produtiva, em tempo real.

A confiabilidade dos resultados obtidos em um controle de estoque com RFID supera qualquer tipo de desvantagem que esse sistema possa apresentar. Esse custo se paga com o próprio retorno financeiro do estoque, proveniente principalmente da diminuição de desperdício, adequação do estoque e melhor uso da mão de obra.

O sucesso da instalação do RFID só é vislumbrado quando se há uma perspectiva de ganho no negócio, não de implementação tecnológica pura dentro da empresa. O custo de implantação desta tecnologia normalmente apresenta um *payback* de curto prazo em processos que dependem do bom funcionamento do estoque, como mostrado no estudo de caso. Este sistema proporciona não somente uma diminuição de desperdício de horas trabalhadas da mão-de-obra disponível, por redução de ócio, erros humanos e retrabalho, mas também uma diminuição no desperdício de materiais em volume inadequado ou vencidos em estoque.

REFERÊNCIA

SANTINI, Arthur Gambin, **RFID: Conceitos, Aplicabilidade e Impactos**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

LEAL, José Manuel Perdigão Silva, **RFID: O Futuro da Gestão de Stocks na Grande Distribuição**, Universidade de Lisboa, 2008.

OLIVEIRA, Alessandro de Souza; PEREIRA, Milene Franco, **Estudo da Tecnologia de Identificação por Radiofrequência**, Universidade de Brasília, 2006.

SYBASE, **Estudo da Arte**, RSC (RFID Solutions Center), 2006.

SIKANDER, Javed, **Cadeia de Suprimentos no Varejo com Recursos RFID**, Microsoft Corporation, 2005.

DUARTE, Otto Carlos M. B., **RFID – Radio Frequency Identification**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010/1

BALLOU, Ronald H., **Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 1993.

Corporação Microsoft, **O Valor de Negócio da Tecnologia RFID**, 2006.

LIMA, Selma Regina; SILVA, Angelica de lima, **Atualização do RFID nas Operações Logísticas**, Faculdade Anhanguera de Limeira, 2010.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

GOLDING, Paul; TENNANT, Vanessa, **Using RFID Inventory Reader at the Item-Level in a Library**, University of Technology, 2010

BERNARDO, Claudio Gonçalves, **A Tecnologia RFID e os Benefícios da Etiqueta Inteligente para os Negócios**, IPT/USP, 2004.

DOBKIN, Daniel M., **A Radio-Oriented Introduction to RFID – Protocols, tags and Applications**, WJ Communications, 2005

Nyoman Adhiarna; Jae-Jeung Rho. **Standardization and Global Adoption of Radio Frequency Identification (RFID): Strategic Issues for Developing Countries**, IEEE Communication

HUNT, V. D.; PUGLIA, A.; PUGLIA, M., **A Guide To Radio Frequency Identification**". Wiley-Interscience, 2007

YURI, Flávia. **Sabão em pó com chip**. Revista Info Exame. Edição 219. Junho de 2004

Dobkin, Daniel M., **A Radio-Oriented Introduction to RFID—Protocols, Tags and Applications**, Summit Technical Media, 2005

Bernardo, Cláudio Gonçalves, **A Tecnologia Rfid e os Benefícios da Etiqueta Inteligente para os Negócios**, IPT / USP, 2004