

LEVI FERREIRA LIMA JUNIOR

**A TECNOLOGIA DE RFID NO PADRÃO EPC E SOLUÇÕES
PARA IMPLEMENTAÇÃO DESTA TECNOLOGIA EM
EMPILHADEIRAS**

Monografia do curso de pós-graduação lato sensu
MBIS - Master Business Information Systems
apresentado à Pontifícia Universidade Católica de
São Paulo para a obtenção do título de
especialista.

São Paulo

2006

LEVI FERREIRA LIMA JUNIOR

**A TECNOLOGIA DE RFID NO PADRÃO EPC E O ESTUDO DE
SOLUÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DESTA TECNOLOGIA
EM EMPILHADEIRAS.**

Monografia apresentada à Pontifícia Universidade
Católica de São Paulo para a obtenção do título de
especialista.

Orientadores:

Prof. Lawrence Koo

Prof. Dr. Alexandre Campos Silva

São Paulo

2006

Agradecimentos

À Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, pelo apoio de infra-estrutura fornecido durante o curso MBIS.

Ao meu orientador Lawrence Koo, pela paciência e compreensão durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Ao meu amigo Wilson José da Cruz Silva, pelo auxílio e revisão do trabalho contribuindo para enriquecer o conteúdo deste trabalho.

À Seal Sistemas e Tecnologia e seus colaboradores pelo fornecimento de dados, documentação e informação sobre a tecnologia de **RFID**. Em especial, à Fernando Claro que possibilitou a minha entrada no MBIS e auxílio na análise do conteúdo do trabalho.

Aos meus pais, Levi Ferreira Lima e Izabel Angélica Lopes Lima que sempre me incentivaram e me apoiaram em todas minhas iniciativas durante toda minha vida.

FICHA CATALOGRÁFICA

Lima, Levi Ferreira Junior

A tecnologia de **RFID** no padrão **EPC** e o estudo soluções para a implantação desta tecnologia em empilhadeiras. São Paulo, 2006. 88p.

Monografia programa de pós-graduação MBIS – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Departamento de Computação.

1. Introdução. 2 A Tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (**RFID**). 3. O padrão **EPC**. 4. Aplicações de **RFID** para a área de logística. 5. Implantações de **RFID** para soluções embarcadas. 6. Conclusão. 7. Referência Bibliográfica

Resumo

A utilização da tecnologia de identificação por radio frequência (**RFID**) é datada da década de 40, mas a grande exposição da tecnologia como solução para automação na captura de dados se desenvolveu no final dos anos noventa, com a criação da idéia de um padrão único para esta tecnologia, o **EPC** (*Eletronic Product Code*)

Com este novo foco, a tecnologia de **RFID** esta voltada para as aplicações que atendam toda cadeia de suprimentos, de acordo com o padrão **EPC** e assim desenvolver novas soluções com esta tecnologia.

O presente trabalho tem como objetivo mostrar o panorama geral da tecnologia de **RFID** em relação ao mercado e, de forma mais focada, analisar as dificuldades de implantação de sistemas de **RFID** para soluções embarcadas em empilhadeiras.

Com os resultados desta análise é formato um procedimento de boas práticas que visa diminuir os problemas de implantação e aumentar as possibilidades de sucesso para este tipo de solução.

Abstract

The use of the technology of identification for radio frequency (**RFID**) is dated of the decade of 40, but the great exposition of the technology as solution for automation in the capture of data it developed in the end of the Nineties, with the creation of the idea of an only standard for this technology, the **EPC** (Electronic Product Code).

With this new focus the **RFID** technology this directed toward the applications to take care of all supply chain, in accordance with standard **EPC**, making to appear thus new solutions with this technology.

The present work has as objective to show the general vision of the technology of **RFID** in relation to the market, and of focus form more it analyzes the difficulties of implantation of systems of **RFID** for solutions embarked for forklifts

With the results of this it analyzes formats an good practices procedure that it aims at to diminish the implantation problems and to increase the possibilities of success for this type of solution.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	II
LISTA DE ABREVIATURAS	III
1 INTRODUÇÃO	1
2 A TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA (RFID)	4
2.1 Histórico do RFID	4
2.2 Sistema de RFID	6
2.3 Componentes do sistema de RFID	7
2.4 Antenas.....	8
2.4.1 Diretividade.....	9
2.4.2 Polarização	10
2.4.3 Ganho	10
2.5 Tag.....	11
2.5.1 Inlay	12
2.5.2 Encapsulamento	13
2.6 Leitores.....	13
2.6.1 Mobilidade	14
2.6.2 Protocolo	15
2.6.3 Regulamentação de Radio Frequência	16
2.6.4 Processamento de Sinais Digitais.....	17
2.6.4.1 Leitores com DSP Lógicos.....	17
2.6.4.2 Leitores com Placa de DSP	18
2.7 Sistema de alimentação dos tags	18
2.7.1 Sistemas Ativos	18
2.7.2 Sistemas passivos	19
2.8 Faixa Frequências Utilizadas	20
2.8.1 Sistemas de baixa frequência (LF)	21
2.8.2 Sistemas de Alta Frequência (HF).....	22
2.8.3 Sistemas de UHF.....	23
3 O PADRÃO EPC	24
3.1 Os padrões da tecnologia de RFID	24
3.2 O EPC	26
3.3 Estrutura do padrão EPC	26
3.4 Classes do padrão EPC	27
3.4.1 EPC Classe 0	28
3.4.2 EPC Classe 1	28
3.4.3 EPC Classe 1 GEN2	29
3.5 A rede EPC	30
3.6 Os níveis de implantação do EPC	33
3.6.1 Nível Palete	34
3.6.2 Nível caixa-mestre.....	34
3.6.3 Nível Item.....	34
3.7 Codificação do Sistema GS1 para EPC	35
3.8 A utilização do padrão EPC pelo mundo	35
3.9 Os desafios para a implantação de um sistema RFID no padrão EPC	39

4 APLICAÇÕES DE RFID A ÁREA DE LOGÍSTICA.	42
4.1 Introdução	42
4.2 Separação de Pedidos (Picking) com RFID .	43
4.3 Inventário com RFID	44
4.3.1 Inventário de Ativos com RFID	44
4.3.2 Inventário de produtos com RFID .	45
4.4 Recebimento, Expedição e Movimentação de Produtos com RFID .	47
4.5 Controle de acesso para veículos	51
4.6 Controle de contêineres e vagões.	53
4.7 Portais (Leitores Fixos) ou Solução embarcada?	54
5 IMPLANTAÇÕES DE RFID PARA SOLUÇÕES EMBARCADAS EM EMPILHADEIRAS.	56
5.1 Empilhadeiras	56
5.2 Embarcando equipamentos.	58
5.3 Sistemas de RFID para Empilhadeiras	59
5.3.1 O Leitor	61
5.3.1.1 Vibração.	61
5.3.1.2 Alimentação	62
5.3.1.3 Cabeamento Lógico	63
5.3.1.4 Cabos Antenas	63
5.3.1.5 Movimentação vertical dos garfos	64
5.3.1.6 Transporte de cargas	65
5.3.1.7 Exposição ao meio ambiente	65
5.3.1.8 Fixação dos equipamentos	65
5.3.2 A antena	66
5.3.2.1 Vibração.	66
5.3.2.2 Cabos Antenas	67
5.3.2.3 Movimentação horizontal dos garfos	68
5.3.2.4 Transporte de cargas	68
5.3.2.5 Exposição ao meio ambiente	69
5.3.2.6 Fixação dos equipamentos	69
5.3.3 Manutenção da empilhadeira	69
5.4 Empilhadeira do Futuro	71
5.5 Solução eficiente para empilhadeiras atuais.	72
6 CONCLUSÃO	73
BIBLIOGRAFIA	76

Lista de Figuras

Figura 1: Antena.....	8
Figura 2: Estrutura do TAG	11
Figura 3: Leitor de RFID (IV7, <i>Intermec</i>).....	14
Figura 4: Regulamentação para sistemas de rádio frequência definida pelo ITU.....	16
Figura 5: Espectro de Frequências	21
Figura 5: A divisão das classes no padrão EPC	28
Figura 6: Arquitetura da Rede EPC (GS1 Brasil, 2005)	31
Figura 7: Descrição dos componentes da Rede EPC (GS1 Brasil, 2005)	33
Figura 8: Direcionadores de importância (IBM, 2006).....	40
Figura 9: Movimentação de um depósito operando com RFID	51
Figura 10: Exemplos de empilhadeiras	56
Figura 11: Empilhadeira do Futuro, apresentada este ano em Dallas - EUA (<i>Intermec</i> , 2006)	71

Lista de Tabelas

Tabela 1:Comparativo RFID versus Código de Barras	6
Tabela 2: Matriz de problemas versus componentes afetados	60

Lista de Abreviaturas

DSP *Digital Signal Processing*

EDI *Electronic Data Interchange*

EPC *Electronic Product Code*

ERP *Enterprise Resource Planning*

ETSI *European Telecommunications Standards Institute*

FCC *Federal Communications Commission*

IFF *Identify Friend or Foe*

MES *Manufacturing Execution Systems*

PDA *Personal Digital Assistant*

RF *Radiofrequência*

RFID *Radio Frequency Identification*

WMS *Warehouse Management Systems*

1 INTRODUÇÃO

Com o grande aumento no interesse mundial sobre a tecnologia de **RFID**, principalmente em aplicações como o padrão **EPC** é necessário que sejam estudados como estas aplicações estão sendo desenvolvidas e quais são os principais desafios que devem ser vencidos para implantações de sucesso com esta tecnologia.

O setor aonde mais se espera pelo amadurecimento das soluções **EPC** é sem dúvida nenhuma é no setor de logística, no qual os ganhos com as implantações desta tecnologia vão muito além da substituição da tecnologia de automação de captura de dados (do código de barras pelas etiquetas de radio frequência) tendo como principal objetivo aumentar a integração de toda cadeia logística, de forma a fornecer ferramentas que possibilitem total rastreabilidade e controle dos produtos que circulam na cadeia.

Com esta visão, vários pilotos e projetos modelos foram e estão sendo desenvolvidos nos últimos três anos, com o intuito de promover a tecnologia e fazer medições dos ganhos que podem ser obtidos na cadeia logística com a inclusão do **RFID** para estas operações.

Um dos principais resultados destes projetos iniciais mostra que devido a grande inovação trazida por este tipo de tecnologia, mostra que para se atingir o sucesso nestas implantações a escolha correta dos equipamentos e a formatação da solução são fatores decisivos para casos vencedores. Desta forma a visão de simples produto para esta tecnologia ainda esta muito distante de ser atingida, sendo que a implantação desta sempre estará ligada à área de projetos além de envolver alterações dos processos atuais de forma que se adequem a utilização do **RFID**.

No setor de logística as variantes para soluções de **RFID** são extensas. Desde a unidade de movimentação que será identificada (Palete, Caixa ou unidade), a interação de endereçamento feita através de código de barras ou mesmo etiquetas de radio frequência, chegando à complexa decisão para definir qual a melhor opção para

implantação do sistema de **RFID** se operando através de portais ou instalado os equipamentos nos veículos de movimentação logística (principalmente empilhadeiras).

Este presente trabalho irá estudar a tecnologia de **RFID** mostrando o desenvolvimento desta e do padrão **EPC** até os dias atuais, focando principalmente nas aplicações logísticas com foco no estudo de viabilidade de implantações para ambientes embarcados em empilhadeiras.

O estudo irá mostrar os principais desafios e dificuldades deste tipo de implantação, mostrando soluções que tornem viáveis este tipo de solução para a realidade das operações brasileiras. Para atingir o objetivo deste trabalho a divisão dos capítulos ficou desta forma:

Capítulo 2 - A Tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (RFID): mostra todo aspecto técnico da tecnologia de **RFID**, mostrando as diferentes frequências de operação e funcionalidades que cada uma delas oferece;

Capítulo 3 - O padrão EPC: estuda a organização do padrão **EPC**, detalhando toda a arquitetura desenhada para a rede de informações que irá sustentar e distribuir a informação dentro da cadeia de suprimentos.

Capítulo 4 - Aplicações de RFID para a área de logística: destaca as principais aplicações de **RFID** para o setor de logística, mostrando também cases e implantações de sucesso com análise dos resultados obtidos nestes casos.

Capítulo 5 - Implantações de RFID para soluções embarcadas: traz um estudo detalhado sobre os principais desafios e dificuldades encontradas para uma implantação de uma solução embarcada, focando principalmente na implantação desta tecnologia para empilhadeiras apresentando uma solução para as dificuldades neste capítulo detalhadas.

Capítulo 6 – Conclusão: apresenta os resultados obtidos no trabalho mostrando alternativas que facilitem a implantação de soluções embarcadas em empilhadeiras, principalmente para o mercado nacional.

2 A TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA (RFID)

2.1 Histórico do RFID(*Wikipedia 2006*)

A tecnologia de **RFID** (Radio Frequency Identification) tem suas raízes nos sistemas de radares utilizados na Segunda Guerra Mundial. Para avisá-los com antecedência de aviões enquanto eles ainda estavam bem distantes. O problema era identificar dentre esses aviões qual era inimigo e qual era aliado. Os alemães então descobriram que se os seus pilotos girassem seus aviões quando estivessem retornando à base iriam modificar o sinal de rádio que seria refletido de volta ao radar. Esse método simples alertava os técnicos responsáveis pelo radar que se tratava de aviões alemães. (esse foi, essencialmente, considerado o primeiro sistema passivo de **RFID**).

Mas foram os Ingleses que desenvolveram o primeiro sistema de **RFID** ativo o **IFF** (*Identify Friend or Foe*). Foi colocado um transmissor em cada avião Britânico sendo que quando esses transmissores recebiam sinais das estações de radares no solo, começavam a transmitir um sinal de resposta, que identificava o avião como Friendly (amigo).

Os **RFID** funcionam no mesmo princípio básico. Um sinal é enviado a um transponder, o qual é ativado e reflete de volta o sinal (sistema passivo) ou transmite seu próprio sinal (sistemas ativos).

Nas décadas de 50 e 60 cientistas e acadêmicos dos Estados Unidos, Europa e Japão realizaram pesquisas e apresentaram estudos explicando como a energia **RF** poderia ser utilizada para identificar objetos remotamente.

Companhias começaram a comercializar sistemas anti-furto que utilizavam ondas de rádio para determinar se um item havia sido roubado ou pago normalmente. Era o advento das Tags (etiquetas) denominadas de “etiquetas de vigilância eletrônica” as

quais ainda são utilizadas até hoje. Cada etiqueta utiliza um bit. Se a pessoa paga pela mercadoria, o bit é posto em off ou 0. E os sensores não dispararão o alarme. Caso o contrário, o bit continua em on ou 1, e caso a mercadoria sai através dos sensores, um alarme será disparado.

Em 1973, Charles Walton, um empreendedor da Califórnia desenvolve um transponder passivo usado para destravar uma porta sem a utilização de uma chave. Um cartão com um transponder embutido comunicava com um leitor/receptor localizado perto da porta. Quando o receptor detectava um número de identificação válido armazenado na etiqueta **RFID**, a porta era destravada através de um mecanismo.

Na década de 1970, o laboratório nacional de Los Alamos nos EUA teve um pedido do departamento de energia para desenvolver um sistema para rastrear materiais nucleares. Um grupo de cientistas idealizou um projeto onde seria colocado um transponder em cada caminhão transportador, o qual corresponderia com uma identificação e potencialmente outro tipo de informação, como, por exemplo, a identificação do motorista.

No começo da década de 90, engenheiros da IBM desenvolveram e patentearam um sistema de **RFID** baseado na tecnologia **UHF** (*Ultra High Frequency*). O **UHF** oferece um alcance de leitura muito maior (aproximadamente 10 metros sobre condições boas) e transferência de dados mais velozes. Mas a tecnologia era muito custosa comparada ao pequeno volume de vendas, e a falta de interesse internacional.

O **RFID** utilizando UHF teve uma melhora na sua visibilidade em 1999, quando o **Uniform Code Council**, o **EAN internacional**, a **Procter & Gamble** e a **Gillette** se uniram e estabeleceram o Auto-ID Center, no instituto de tecnologia de Massachusetts.

O Objetivo do Auto-ID Center era desenvolver uma rede de comunicação dentro da cadeia logística baseada em sistemas de **RFID** com a tecnologia de UHF. Com os sucessos nas pesquisas e desenvolvimento do Auto-ID Center várias outras grandes empresas se associaram ao Auto-ID center, dentre elas *Wal-Mart*, *Metro*, *Target* ,

HP, Unilever, e em 2002 o Auto-ID finalizou a especificação do **EPC** (“Electronic Product Code” – Código Eletrônico de Produto) e de toda rede de informação que deve ser formada para que as informações gravadas nos tags de **RFID** estejam disponíveis a todos.

2.2 Sistema de RFID

Como a própria sigla mostra **RFID** (*Radio Frequency IDentification*) esta tecnologia de identificação utiliza ondas de rádio frequência para se comunicar com o Tag e capturar os dados que irão identificar o objeto portador do mesmo.

Desta forma o **RFID** pode ser visto como a tecnologia substituta do código de barras, tecnologia esta desenvolvida na década de 60 e atualmente essencial para identificação de qualquer produto comercializado. Mas o **RFID** tem muito mais a agregar a todo o mercado do que a simples identificação que o código de barras pode prover.

Tabela 1:Comparativo RFID versus Código de Barras

	Código de Barras	RFID
Capacidade de armazenagem	Até 1000 caracteres	Até 64 mil caracteres
Possibilidade de Escrita	Não	Sim
Múltiplas Leituras Simultaneamente	Não	Sim. Até 300 Tags simultaneamente
Visada direta	Sim	Não
Custo	Baixíssimo	Médio
Maturidade da Tecnologia	Total	em desenvolvimento

Como pode ser visto na tabela 1, as vantagens do **RFID** sobre o código de barras são várias e, além disso, estas vantagens proporcionam novas funcionalidades para a identificação, funcionalidades estas que não existiam com o código de barras.

Com a expansão do **RFID** é necessário que se entenda como funciona esta tecnologia que está tão presente nos debates tecnológicos dos dias de hoje. Um sistema de **RFID** é formado basicamente de três componentes: **as antenas, os tags e o leitor**. Resumidamente o funcionamento deste sistema ocorre da seguinte forma:

- **O leitor é conectado a antena e é gerado o sinal de radio frequência;**
- **Quando um tag entra na área de cobertura do sinal gerado pelo leitor, ele recebe energia e aciona os seus circuitos;**
- **Os circuitos do tag são energizados pelo leitor, acionam a leitura dos dados do tag e os enviam para o leitor;**
- **Este por sua vez processa as informações e guarda o identificador do tag.**

O processo acima detalhado resume a funcionalidade do sistema de **RFID**, mas para que este processo funcione adequadamente vários fatores têm que ser avaliados a fim de garantir que todos os passos acima aconteçam corretamente.

2.3 Componentes do sistema de RFID

Os três componentes envolvidos em um sistema de **RFID** possuem características próprias e que deve ser escolhidas de acordo com as necessidades e desafios impostos pela aplicação na qual se deseja utilizar a tecnologia de **RFID**.

Cada um dos componentes contribuem para a performance total do sistema. Desta forma, para se atingir um sistema otimizado, é necessário conhecer todas as características e comportamento dos componentes de forma a compor as melhores junções entre estes, proporcionando assim o melhor resultado global do sistema.

Como pode se ver, a implantação da tecnologia de **RFID** requer muito conhecimento sobre sistemas de radio frequência, além de um estudo detalhado sobre a aplicação na qual se deseja adotar o **RFID**. Isto ocorre devido a grande variedade de alternativas que esta tecnologia proporciona.

2.4 Antenas

A antena é o elemento do sistema de **RFID** responsável pela propagação do sinal de **RF** gerado pelo leitor. É o componente mais simples e de baixo custo global de todo sistema.



Figura 1: Antena

Devido a grande variedade de antenas disponível no mercado, uma vez que antenas são elementos passivos que dependem apenas da frequência de operação sendo assim todas as antenas de mercado, desde que trabalhem na frequência utilizada, podem ser usadas em um sistema de **RFID**. Com esta grande variedade de opções é neste componente onde são feitos os ajustes para solução de problemas do sistema de **RFID**.

Mas para utilizar os diversos tipos de antenas é necessário conhecer as principais grandezas físicas que caracterizam as antenas e influenciam no comportamento do sistema. Estas grandezas são: **diretividade, polarização e ganho**.

2.4.1 Diretividade

A diretividade é a característica física da antena que define a direção de propagação do sinal de **RF** emitido pela mesma. Através da análise da diretividade é definida a área de cobertura das antenas.

Desta forma existem várias classificações para as antenas de acordo com a sua diretividade. As antenas podem ser classificadas da seguinte forma:

a) *Antenas diretivas*: antenas nas quais o campo de **RF** é propagado em um feixe bem restrito, delimitando uma pequena área, mas com uma intensidade maior. Antenas diretivas são utilizadas para aplicações onde o tag e a antena estarão em posições definidas e distantes entre eles e não haverá alteração desta posição.

b) *Antenas Omnidirecionais*: antenas nas quais o campo de **RF** é propagado a 360 graus em relação à antena, ou seja, o sinal de **RF** é propagado para todas as direções, só que a energia do campo é dissipada em todas as direções diminuindo assim a intensidade do campo. Este tipo de antena deve ser utilizada em aplicações nas quais o tag pode estar de qualquer lado da antena, só que devem passar mais próximas da antena.

c) *Antenas Painel*: grande maioria das antenas utilizadas para sistemas de **RFID** é deste tipo. Estas antenas propagam sinal de **RF** em meio hemisfério (um campo de aproximadamente 160 graus). Estas são as antenas utilizadas para a montagem de portais.

2.4.2 Polarização

A polarização de uma antena é uma característica muito importante para aplicações de **RFID**, principalmente para sistemas passivos. A definição para polarização é algo muito complexo que exige um alto grau de conhecimento na área de engenharia de antenas. Para facilitar a utilização desta característica para um projeto deve-se relacionar os dois tipos principais de polarização as suas principais aplicações. Estes dois tipos são: polarização linear e polarização circular.

a) Polarização linear: antenas com este tipo de polarização têm uma maior concentração de energia do campo de **RF**. Mas para utilizarmos esta antena à orientação do tag e da antena devem ser a mesma. De uma forma geral a orientação do tag esta relacionada com sua maior dimensão física. Em relação ao formato das antenas lineares elas possuem, normalmente, um aspecto retangular. Este tipo de antena deve ser usado quando a orientação do tag em relação à antena não muda, e quando é necessário campos de energia mais fortes (quando existem produtos que absorvem o sinal de **RF**).

b) Polarização circular: antenas com polarização circular têm uma menor concentração de campo, mas por sua vez independem da orientação do tag. O aspecto físico de uma antena com polarização circular na maioria dos casos é uma forma quadrada ou circular. Sendo assim este tipo de antena é indicado para aplicações não se pode controlar a orientação do tag através de processos

2.4.3 Ganho

Esta é característica mais simples das antenas. O Ganho é o nível de amplificação de sinal que uma antena vai acrescentar no leitor de **RFID** para fazer com que o sinal de **RF** alcance o tag com níveis suficientes para atender as necessidades do sistema.

Quanto maior o ganho da antena maior será a densidade de energia que irá alimentar o tag aumentando assim à distância em que o leitor pode identificar o tag. A unidade de medida utilizada para determinar o ganho de uma antena é o decibel (dB). As antenas mais comuns de **RFID** possuem em torno de 6 dB de ganho.

2.5 Tag

É o elemento de identificação do sistema de **RFID**. O tag recebe várias outras denominações como: etiqueta inteligente, transponder entre outras, sendo que tag é o nome mais comum para este componente. O tag é composto por três componentes básicos: antena, circuito integrado e encapsulamento. Da junção destes três componentes é formado o tag.

A composição entre a antena e o circuito integrado (CI) recebe o nome de *inlay* sendo que este pode ser encontrado no mercado para aquisição. Devido à alta tecnologia envolvida na montagem do *inlay*, a grande maioria dos fabricantes de tag trabalha no desenvolvimento da melhor combinação *inlay* e encapsulamento para atender cada aplicação.

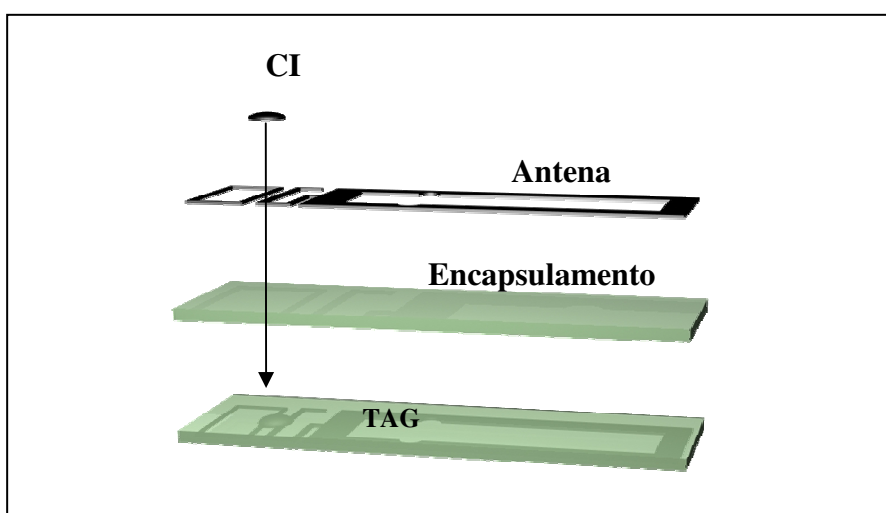


Figura 2: Estrutura do TAG

A construção do tag também está amarrada à definição do sistema como um todo. Existem sistemas de **RFID** passivos e ativos sendo que a principal diferença entre eles está no tag. Sistemas ativos possuem tags com bateria, componente este que aumenta o custo e as dimensões dos tags.

Já os tags para sistemas passivos não possuem bateria o que reduz custos e dimensões. Para as aplicações de movimentação logística onde um dos objetivos da implantação de **RFID** é a tentativa de substituição em longo prazo dos códigos de barras, o sistema que mais é aplicado é o sistema passivo. Estes dois sistemas serão detalhados neste estudo.

2.5.1 Inlay

O *inlay* é a junção entre o circuito integrado e a antena. Devido ao processo de junção entre antena e chip ser muito complexo, a montagem do *inlay* é realizada por poucas empresas que dominam esta tecnologia e hoje estão investindo cada vez mais para diminuir os custos envolvidos para poder entregar para o mercado *inlays* de baixo custo para que os fabricantes dos tags possam expandir as opções, atendendo assim uma maior variedade de aplicações.

O circuito integrado fabricado para sistemas de **RFID** possui funcionalidades básicas: sistema de armazenamento de energia, acesso à memória e transmissão das informações. Os principais fabricantes de circuitos integrados para **RFID** atualmente são: *Alien Technology, Impinj Co, Philips, Symbol, Texas*.

O outro componente do *inlay* é a antena. Normalmente é neste componente que está o diferencial de desempenho do tag em relação aos vários modelos que são fabricados. Como por exemplo, tags com duas antenas independentes da polarização da antena utilizada. Não existem fabricantes apenas de antena, na realidade os fabricantes de *inlay* são os responsáveis pela fabricação e projeto da antena. Os principais fabricantes de *Inlay* do mercado atual são: *Alien Technology, Impinj Co, RafSec, Symbol, Texas*.

2.5.2 Encapsulamento

É na escolha do encapsulamento que esta o grande diferencial entre fabricantes de tags e desenvolvedores de soluções para as aplicações de **RFID**. O encapsulamento é o componente que deve ser definido na aplicação para possibilitar que o *inlay* produzido consiga resistir ao meio físico, aderir ao item a ser identificado, suporte mecânico, acomodação para bateria e sensores (no caso de sistemas ativos) receber identificação externa, proteção contra impactos, superfície para impressão e muitas outras características que somadas a identificação por radio frequência transforma o tag em um identificador com diversas funcionalidades.

Além de todas as funcionalidades que o encapsulamento precisa ter, é muito importante que o encapsulamento seja inerte aos sinais de **RF** utilizados pelo *inlay*. O *inlay* deve ser encapsulado com materiais e processos que não deteriorem ou prejudiquem as funcionalidades de identificação do tag. Por exemplo, tags para identificação de veículos em linha de produção precisam resistir ao calor e a produtos químicos, mas o encapsulamento para este tipo de tag nunca poderá ser de metal, mesmo este material resistindo ao calor e aos produtos químicos ele irá interferir nas transmissões entre o tag e o leitor de **RFID**.

2.6 Leitores

São os elementos de interface entre os tags e os sistemas. Os leitores são equipamentos de transmissão e recepção de sinais de rádio frequência que controlam a comunicação com os tags enviando comandos e captando as respostas devolvidas pelos tags depois de cada comando enviado. São os elementos com maior valor do sistema, sendo que a correta escolha dos leitores será fator decisivo para o sucesso da implantação do sistema de **RFID**.

Como todos os outros componentes do sistema, os leitores possuem várias características que, de acordo com a aplicação desejada, devem ser avaliadas para que os equipamentos escolhidos agreguem as características que mais atendam a

necessidade do projeto. Os leitores podem ser classificados de acordo com os seguintes parâmetros: mobilidade, protocolos, licença de operação e processamento de sinais.



Figura 3: Leitor de RFID (IV7, Intermec)

2.6.1 Mobilidade

Um leitor de **RFID** pode ser classificado de acordo com sua mobilidade pelos seguintes tipos: móvel, fixos e embarcados.

Os *leitores móveis* são aqueles que estão conectados a **PDA**, coletores de dados ou notebooks e são utilizados para aplicações onde é necessário ir até o item identificado e realizar a leitura do tag. Leitores móveis são muito aplicados aos processos de conferência e inventário. Devido à fonte de alimentação reduzida (normalmente compartilham a bateria do equipamento no qual estão conectados) a desempenho de leitura é menor e a distância de leitura também é menor.

Já os *leitores fixos* são aqueles que possuem interface direta para microcomputadores ou mesmo interfaces de rede e conectam-se diretamente com a rede de computadores local. Estes leitores possuem desempenho otimizado e proporcionam as maiores distâncias de leitura.

São utilizados para aplicações nas quais os objetos identificados passam por eles e estes automaticamente capturam as informações dos tags e enviam para os sistemas que necessitam da informação. São responsáveis pela maior parte das aplicações para **RFID**. Os leitores fixos são utilizados para portais, prateleiras inteligentes, controle de objetos em esteiras, apontamento automático de linha de produção entre outras.

Leitor embarcado é a nova tendência do mercado de **RFID**, principalmente para aplicações logísticas. Grande parte das movimentações de cargas nos depósitos, centros de distribuição, portos e pátios é feita com máquinas de movimentação, como empilhadeiras e guindastes, e o ideal seria juntar as funcionalidades de movimentação destes equipamentos com a identificação automática proporcionada pelo **RFID**.

Para isto já estão no mercado pelo menos dois modelos de leitores que podem ser montados diretamente nestas máquinas de transporte. A grande dificuldade de implantação de um sistema de **RFID** em ambientes embarcados é o foco principal deste estudo.

2.6.2 Protocolo

Devido a grande diversidade de protocolos de comunicação existente comunicação entre tags e leitores, os leitores podem ser de dois tipos: Multiprotocolos ou Protocolo único.

Leitores multiprotocolo são aqueles que conseguem trabalhar com vários tipos de protocolos de tags diferentes aumentando a diversidade de tags que o leitor pode se comunicar. Normalmente este tipo de leitor possui um desempenho um pouco inferior se comparado aos leitores de protocolo único.

Leitores de protocolo único trabalham apenas com um tipo de protocolo de tag. Desta forma eles só podem operar com um único protocolo de comunicação e se um

tag que utiliza outro protocolo é apresentado para o leitor ele não conseguira identificar este tag. Leitores de protocolo único normalmente possuem melhor desempenho de leitura do que os leitores multiprotocolos.

2.6.3 Regulamentação de Radio Frequência

Como os leitores de **RFID** são equipamentos que trabalham com sinais de **RF** é necessário que eles trabalhem sob normas que controlam o espectro de frequência de cada região do globo. Estas normas são definidas pelo **ITU** (*International Telecommunication Union*) que divide o globo em três regiões para normatização do uso de radio frequência. Esta divisão esta detalhada na figura 4.



Figura 4: Regulamentação para sistemas de rádio frequência definida pelo ITU

Desta forma, estes leitores têm que atender as regulamentações de cada região. De acordo com isto existem dois tipos de leitores: leitores com regulamentação regional e leitores com regulamentação global.

Leitores que possuem regulamentação regional só podem operar nos países que operam com as regras estipuladas pela regulamentação que o leitor foi desenvolvido. Por exemplo, um leitor com regulamentação **FCC** só pode ser operado nos países da

Região 2 que estão sob a regulamentação do **FCC**, enquanto que um leitor com regulamentação **ETSI** só pode operar na Região 1.

Os leitores com regulamentação global podem ser utilizados em qualquer parte do globo uma vez que via configuração é possível selecionar a regulamentação a qual o leitor esta obedecendo naquela configuração.

No Brasil o órgão que regulamenta a utilização do espectro de radio frequência é a **ANATEL**. Mesmo o Brasil estando na Região 2 e as especificações da Anatel serem compatíveis com as do **FCC**, um leitor de **RFID**, para operar no Brasil, deve ser homologado pela **ANATEL**.

2.6.4 Processamento de Sinais Digitais

O dispositivo mais contundente dentro da arquitetura de um leitor de **RFID** é o sistema de processamento digital de sinais ou **DSP** (digital signal processing). Os **DSP** dos leitores de **RFID** compõem a parte mais complexa destes, sendo que os melhores leitores são aqueles que possuem os **DSP**'s mais agressivos. Este sistema tem por função codificar e processar todas as informações que serão transmitidas pelo canal de **RF** da forma mais fiel e confiável possível. . Em relação ao **DSP** dos leitores é possível encontrar leitores com **DSP** lógicos e leitores com Placas de **DSP**.

2.6.4.1 Leitores com DSP Lógicos.

Neste tipo de leitor o **DSP** é um software que é processado pela placa principal do leitor sendo 100% do processamento dos sinais realizados por software. A principal vantagem deste tipo de leitor é que quando uma nova versão de **DSP** é desenvolvida, a única alteração a ser feita é a atualização do software.

As desvantagens são: devido ao processamento ser realizado em um software ele é mais lento do que se realizado por um circuito dedicado a esta função, sendo que para evitar esta lentidão este tipo de leitor normalmente possui como hardware placas de computadores da família Pentium 4 ou equivalente, assim sendo tem-se a segunda desvantagem: leitores com **DSP** lógico possuem um custo mais elevado.

2.6.4.2 Leitores com Placa de DSP

Neste tipo de leitor todo processamento digital é realizado por uma placa dedicada a esta função. Este tipo de leitor possui uma performance mais rápida se comparado a um leitor com **DSP** em software utilizando-se a mesma plataforma. A principal desvantagem deste tipo de leitor é que quando o fabricante implanta alterações na **DSP** é necessário alteração de hardware no leitor.

2.7 Sistema de alimentação dos tags

De acordo com o sistema de alimentação dos tags, os sistemas de **RFID** são classificados como ativos ou passivos. Os **sistemas ativos** são aqueles nos quais os tags possuem uma bateria que alimentam os circuitos de transmissão e auxiliam no processo de comunicação com o leitor. Já nos **sistemas passivos** os tags não possuem bateria e toda energia utilizada na comunicação e alimentação dos componentes do tag é provida pelo leitor de **RFID**.

2.7.1 Sistemas Ativos

Os sistemas ativos recebem este nome porque os circuitos dos tags possuem bateria que fornece energia para este se comunicar com o leitor. Os primeiros sistemas de **RFID** eram ativos. Atualmente este tipo de sistema ainda é muito utilizado para aplicações específicas aonde os tags passivos não atendem as necessidades.

As principais características dos sistemas de **RFID** ativos são;

- Grandes distâncias de leitura (até 300 metros);
- Possuem dimensões elevadas se comparadas com as de um tag passivo (devido à presença da bateria);
- Capacidade de utilização de sensores pelos tags;
- Alta velocidade de resposta (até 220 Km/h);
- Tempo de vida útil determinado (até dez anos);
- Custo elevado.

Existem aplicações onde apenas os tags ativos atendem as necessidades por estas demandadas. As principais delas são: **Controle de ativos de alto valor, controle de pedágios para veículos, controle de temperatura para caminhões frigoríficos.**

2.7.2 Sistemas passivos

Já nos sistemas passivos os tags recebem a energia para alimentar seus circuitos do sinal de **RF** emitido pelo leitor. Esta tecnologia de absorção de energia para alimentação dos tags proporciona que os tags passivos tenham tamanhos reduzidos e vida útil teoricamente infinita. É nesta tecnologia que estão concentrados os grandes investimentos e projetos de **RFID** que movimentam o mercado atual.

As principais características dos tags passivos são:

- Distância de leitura de até 10 metros;
- Possuem dimensões reduzidas, podendo ter a espessura de uma folha de papel;
- Vida útil teoricamente infinita;
- Mais suscetíveis a interferências eletromagnéticas;

- Baixo custo (estudos calculam que as etiquetas para itens na cadeia logística atinjam 5 centavos de dólar até 2008).

2.8 Faixa Frequências Utilizadas

A frequência de um sinal é a grandeza que indica a velocidade de repetição de um fenômeno periódico. Para transmissões de rádio a frequência é uma das grandezas mais relevantes, pois é através dela que é possível estudar o comportamento dos sistemas em relação ao ambiente no qual o sistema será instalado.

Cada um dos componentes de um sistema de **RFID** varia de acordo com a faixa de frequência definida para a solução do sistema, sendo que atualmente as aplicações para **RFID** operam principalmente nas seguintes faixas de frequências: **LF**, **HF**, **UHF**. Cada uma destas faixas de frequência possui comportamento e características diferentes, sendo que para cada aplicação de **RFID** deve ser avaliada qual a melhor faixa de frequência para a necessidade.

Além disso, o espectro de frequência é um meio físico limitado, no qual vários sistemas têm que coexistir sem que ocorram interferências entre sistemas que ocupem a mesma faixa de frequência. A figura 5 mostra resumidamente o espectro de frequências disponível para utilização de mercado

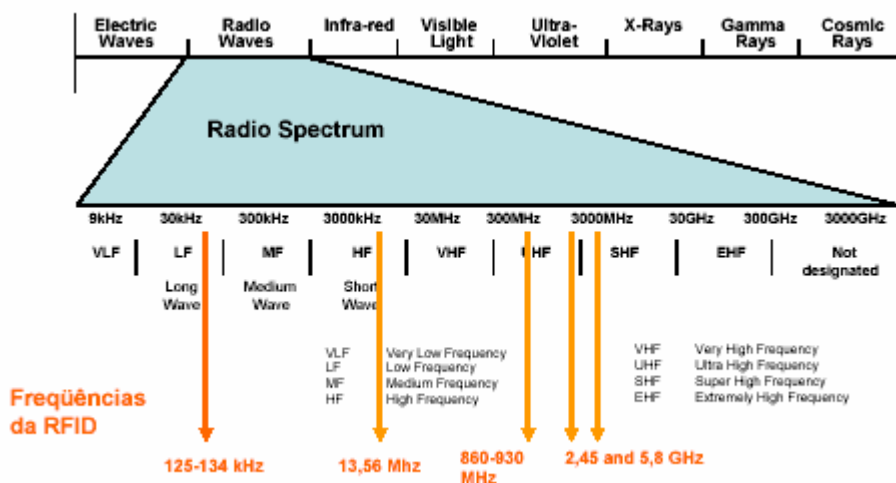


Figura 5: Espectro de Frequências

Os sistemas de **RFID** estão delimitados na sua grande maioria a três faixas de frequências:

- **LF (Low Frequency)** – Faixa de operação de 125 kHz até 134 KHz. São denominados sistemas baixa frequência.
- **HF (High Frequency)** – Faixa de operação de 13,56 Mhz. São denominados sistemas de alta frequência
- **UHF (Ultra Frequency)** – Faixa de operação de 860 MHz até 960 MHz. São denominados sistemas de UHF.

2.8.1 Sistemas de baixa frequência (LF)

Para que um sistema seja classificado como um sistemas **RFID** LF ele deve operar na faixa de frequência de 125KHz até 134 KHz. Nesta faixa de frequência encontramos os sistemas de **RFID** mais antigos e estáveis do mercado sendo que as principais características dos sistemas que operam nesta faixa de frequência são:

- Baixa taxa de transferência de dados (leva até 100 ms para a leitura de um tag de 16 caracteres);

- Leitura de apenas um tag por vez;
- Só existe com sistema de alimentação passivo;
- Pequenas distâncias de leitura (máximo de 30 cm);
- Não sofre absorção pelos líquidos;
- Baixo desempenho próximo a metais;
- Leitores de baixo custo e tags de alto custo;
- Tags de tamanho elevado;
- Aplicações: Identificação de gado, controle de acesso, identificação de atletas.

2.8.2 Sistemas de Alta Frequência (HF)

Para que um sistema seja classificado como um sistema **RFID** HF ele deve operar na faixa de frequência de 13,56 MHz. Os sistemas de HF são sistemas já estáveis que estão no mercado a mais de vinte anos. A faixa de frequência de 13,56MHz é conhecida como banda ISM (*Industrial, Scientific, Medical*) sendo que é uma faixa de frequência que não necessita de licença para operar. As principais características dos sistemas que operam nesta faixa de frequência são:

- Boa taxa de transferência de dados (leva até 20 ms para a leitura de um tag de 16 caracteres);
- Leitura de múltiplos tags por vez (40 tags por segundo);
- Só existe com sistema de alimentação passivo;
- Médias distâncias de leitura (máximo de 1 metro);
- Não sofre absorção pelos líquidos;
- Baixo desempenho próximo a metais;
- Leitores de alto custo e tags com custo médio;

- Tags de várias dimensões;
- Tags com várias funcionalidades de memória (password, criptografia);
- Possui padrões estabelecidos como o ISO 15636 e **EPC**;
- Aplicações: Controle de acesso, identificação de itens, chaves de ignição de veículos, controle de alimentos e identificação de pacientes.

2.8.3 Sistemas de UHF

Para que um sistema seja classificado como um sistema **RFID** UHF ele deve operar na faixa de frequência de 860 até 960 MHz. São os sistemas de **RFID** UHF que estão gerando a maior expectativa e motivação para as implantações de **RFID**. Esta faixa de frequência também é classificada como banda ISM. Além disso, as características eletromagnéticas desta faixa de frequência contribuem para a implantação de **RFID** para toda a cadeia logística e outras aplicações. As principais características destes sistemas são:

- Distância de leitura de até 10 metros (para tags passivos) e 100 metros (para tags ativos);
- Protocolo de anti-colisão, até 1000 tags/segundo.
- Absorção da energia pelos líquidos
- Acoplamento Reflexivo
- Alta taxa de transferência de dados
- Bom desempenho perto do metal
- Tags de menor tamanho.
- Utilizado para: Controle da cadeia logística, controle de falsificação, Identificação de veículos, Identificação de ferramentas, Padrão mundial **EPC**.

3 O PADRÃO EPC

3.1 Os padrões da tecnologia de RFID

Como toda tecnologia que precisa se expandir e transformar-se em produtos com amplitude global, os sistemas de **RFID** possuem vários padrões que foram desenvolvidos no decorrer das décadas para normatizar a estruturação dos dados, os protocolos de comunicação entre leitor e tag, definições de memória e tipo de tag.

Durante muito tempo os padrões de **RFID** eram quase como padrões proprietários nos quais o consumidor ficava preso ao aderir a tecnologia e praticamente criava-se ali uma relação de dependência com o fabricante da tecnologia.

Os primeiros sistemas de **RFID** eram totalmente proprietários e devido à complexidade envolvida neste desenvolvimento, era importante se reter informações sobre o funcionamento e composição do sistema.

Com o avanço e popularização do **RFID** para o mercado consumidor começou a surgir à necessidade de se padronizar as interfaces de comunicação com os tags e a estrutura de memória dos mesmos, para que um cartão de acesso com **RFID** que fosse feito por um fabricante europeu pudesse ser utilizado com travas de portas feitas nos Estados Unidos.

Desta forma a divisão de **RFID** da *Texas Instruments* criou um dos primeiros padrões de **RFID** do mercado, o sistema de 125/134kHz. Este sistema é muito utilizado até hoje para controle de gado, controle de veículos e cartões de acesso.

A *Texas* foi a empresa que desenvolveu o sistema e abriu as informações para o mercado, desta forma vários fabricantes de leitores e tags hoje podem fabricar seus produtos de forma totalmente compatível com o sistema da *Texas* e toda a base instalada destes equipamentos.

Com o avanço do **RFID** dentro da área de captura automática de dados, mais padrões foram surgindo e foi necessário que um órgão normatizador começasse a controlar estes padrões. Esta tarefa foi agregada pela ISO que passou a regulamentar os padrões de sistema de **RFID**. Os primeiros sistemas de **RFID** regulamentados pela ISO foram os sistemas de **RFID** HF como o ISO15693 e ISO15443 padrões atualmente bem definidos e muito utilizados.

Com o crescente desenvolvimento de sistemas de **RFID** para UHF e o enorme interesse do mercado nesta tecnologia devido as vantagens por ela apresentada, a ISO trabalhou forte junto aos principais desenvolvedores desta tecnologia nos anos 90 ela já havia desenvolvido o padrão ISO18000-6B que definia o primeiro padrão para sistemas de **RFID** de UHF.

Observando que a tecnologia de **RFID** operando na faixa de UHF poderia atender as necessidades da cadeia logística, vários desenvolvedores de tecnologia começaram a desenvolver padrões de **RFID** que operassem nesta faixa de frequência de forma a atender as exigências deste nicho de mercado e foram surgindo a partir do ano 2000 vários “padrões” de **RFID** UHF que aspiravam ser o padrão que ia normatizar toda a cadeia logística.

Para agilizar este processo e unir os esforços de forma a se atingir um objetivo em comum de forma rápida e direta, foi criado o Auto ID center, centro de pesquisa e desenvolvimento da tecnologia de **RFID** que tinha como objetivo criar um padrão para as operações de **RFID**, mas não só no que se diz respeito ao protocolo de comunicação entre leitores e tags ou na forma de armazenagem de dados dentro dos tags, mas sim a criação de uma nova rede de troca de informações entre **indústria – distribuição - varejo - consumidor** de forma a disponibilizar informações dos produtos em qualquer ponto da cadeia. Nascia ai o **EPC** (*Eletronic Product Code*).

3.2 O EPC

A criação do Auto ID Center em 2000 foi o primeiro passo para a estruturação da maior revolução na identificação de produtos na cadeia logística desde o surgimento do código de barras em 1970. O Auto ID Center foi criado por fabricantes de tecnologia, o MIT (Instituto de Tecnologia de Massachussets nos Estados Unidos) e grandes usuários (empresas de bem de consumo, governo, exército e o varejo).

Deste centro de pesquisas foram realizados diversos estudos com as principais tecnologias disponíveis no momento, aspectos técnicos e comerciais foram avaliados por parte dos usuários e assim foram levantadas as principais necessidades e recursos que foram julgados pertinentes a identificação dos produtos e, depois de dois anos de estudos e esforços, foi definido que o padrão que será utilizado nas operações logísticas do mundo será o *EPC – Eletronic Product Code* ou código eletrônico de produto.

Em 2002 a GS1 se junta ao grupo do Auto ID Center para dar origem ao órgão que hoje controla toda implantação da Rede **EPC** e de toda padronização dos sistemas de **RFID/EPC**, a **EPCglobal**, organização subsidiária da GS1 que trata da Rede **EPC**.

3.3 Estrutura do padrão EPC

O padrão **EPC** não define apenas a interface entre tags e leitores, mas sim toda uma nova estrutura de comunicação entre a cadeia logística mundial e a tecnologia de **RFID**, toda a conversão do sistema de código de barras GS1 (antigo Sistema EAN.UCC) para **EPC** e todos os ajustes da tecnologia para a criação de um padrão único.

Durante a definição do padrão **EPC** existiam duas tecnologias que apresentavam resultados muito satisfatórios para as necessidades levantadas pelo Auto ID center. A primeira delas foi denominada como **EPC Classe 0** baseada na tecnologia de **RFID** da empresa **Matrics** (hoje *Symbol*). A segunda era o **EPC Classe 1** baseada na tecnologia de **RFID** da empresa **Alien Technology**. Tendo cada uma destas tecnologias suas vantagens e desvantagens a solução mais rápida para colocar o padrão em vigência foi a divisão do padrão em classes.

Além das classes existiam outros componentes que formavam o que é conhecido de Rede **EPC**. Foi desenhada toda uma estrutura de comunicação que irá levar e disponibilizar esta informação para cada elo da cadeia e todas as trocas de informações serão feitas de forma imediata e simultânea.

3.4 Classes do padrão EPC

Conforme foi descrito, duas tecnologias estavam sendo comercializadas e atendiam as necessidades de mercado, cada uma com suas limitações, quando ocorreu a criação da **EPCglobal**. Estas duas tecnologias eram o **EPC Classe 0** e o **EPC Classe 1**. Os primeiros pilotos e projetos com **RFID UHF** foram realizados com estas tecnologias, sendo que uma das principais causas da criação da estrutura de Classes foi devido a estas iniciativas que precisavam ser atendidas dentro do padrão e até a criação de um padrão único.

A divisão das classes foi feita de acordo com as funcionalidades estipuladas, o protocolo de comunicação utilizado e forma de alimentação dos tags. A figura 1 mostra todas as classes criadas pela **EPCglobal**.

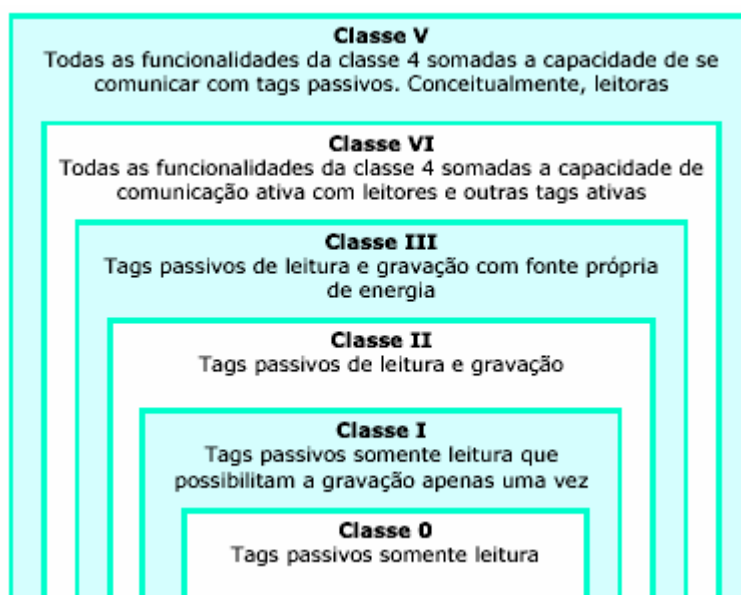


Figura 6: A divisão das classes no padrão EPC

3.4.1 EPC Classe 0

Padrão de **RFID** UHF desenvolvido pela empresa *Matrics* (hoje *Symbol*). Utiliza tags apenas de leitura. Os tags já vem programados com um número único de fabrica e não pode ser alterado. Possuem alta performance de leitura com capacidade de até 1000 tags por segundo, também apresenta grandes distâncias de leitura até 10 metros. Com capacidade para até 64 bits tinha na incapacidade de gravação sua pior deficiência.

3.4.2 EPC Classe 1

Padrão de **RFID** UHF desenvolvido pela empresa *Alien Technology*. Aproveitou a nomenclatura da concorrente para lançar o **EPC** Classe 1. Este protocolo possui performance inferior ao Classe 0 (capacidade de leitura de 300 tags por segundo e distância de leitura de até 8 metros) mas com uma vantagem significativa, era possível gravar a informação no tag em campo. Esta gravação só podia ser feita uma vez, mas já permitia que o cliente informasse o que seria gravado no tag. A

capacidade de memória de um tag **EPC** Classe 1 pode chegar até a 96 bits. A grande maioria dos pilotos utilizaram o **EPC** Classe 1 como padrão escolhido.

3.4.3 EPC Classe 1 GEN2

A criação de um padrão tem como principal objetivo unificar os desenvolvimentos para resolver problemas de incompatibilidade entre fabricantes e desta forma reduzir custos e aumentar escala de produção. A utilização de dois padrões, **EPC** Classe 0 e **EPC** Classe 1, não iria proporcionar as vantagens de uma padronização nem atenderiam completamente as necessidades levantadas pela **EPCglobal**.

O padrão Classe 0 tinha a melhor performance de leitura só que não permitia gravação. Já o Classe 1 permitia gravação dos dados mas tinha uma performance inferior ao Classe 0. Além destas limitações as necessidades da cadeia logística eram:

- Para alguns casos leitura superior a 10 metros,
- Baixa interferência entre leitores,
- Maior densidade de tags (mais de 1500 tags por segundo)
- Padrão único para o mundo todo
- Capacidade de escrita e leitura quantas vezes fosse necessário

Com estes dados foi criado o padrão que hoje domina todo o merca do de **RFID** para novos produtos e que será o padrão utilizado para a implementação da rede **EPC**, o padrão **EPC** Classe 1 Geração 2 ou simplesmente GEN2. As principais características deste padrão são:

- Distância de leitura de até 10 metros;
- Operação em ambientes com vários leitores próximos;

- Densidade de tags de até 1600 tags por segundo;
- Padrão mundial e compatível com todos os fabricantes;
- Leitura e gravação;
- Capacidade de memória do tag de até 400 bits.

Desde a finalização do padrão em setembro de 2005 todos os esforços e investimentos das empresas de tecnologia estão focados no padrão GEN2. Todos os projetos já implantados com Classe 1 e Classe 0 deverão ser substituídos gradativamente por equipamentos GEN2.

3.5 A rede EPC.

A criação da **EPC** global tinha como objetivo não simplesmente definir um padrão de comunicação entre leitores e tags, mas sim criar uma nova rede de comunicação que agregasse valor a cadeia logística criando assim um evento que irá revolucionar a troca de informações dentro da cadeia assim como ocorreu com o código de barras e os **EDI**.

O conceito da Rede **EPC** tem como modelo a estrutura da Internet para fornecer informações sobre cada produto em uma rede mundial de acesso público, com troca de informações entre parceiros para melhorar o controle de estoque, as reposições de frente de caixa, as movimentações logísticas, processos de manutenção, ajustes na produção entre outras vantagens.

A implantação física da Rede **EPC** ainda está sendo planejada, mas já tem todos os processos e componentes definidos para facilitar a finalização do plano e implantação. Com a definição da Rede **EPC** pronta é possível analisar o funcionamento da rede através do estudo da estrutura dela (figura 06). Todo o

processo irá se iniciar na fabricação do produto, chegando até o consumidor final em um ultimo estágio.

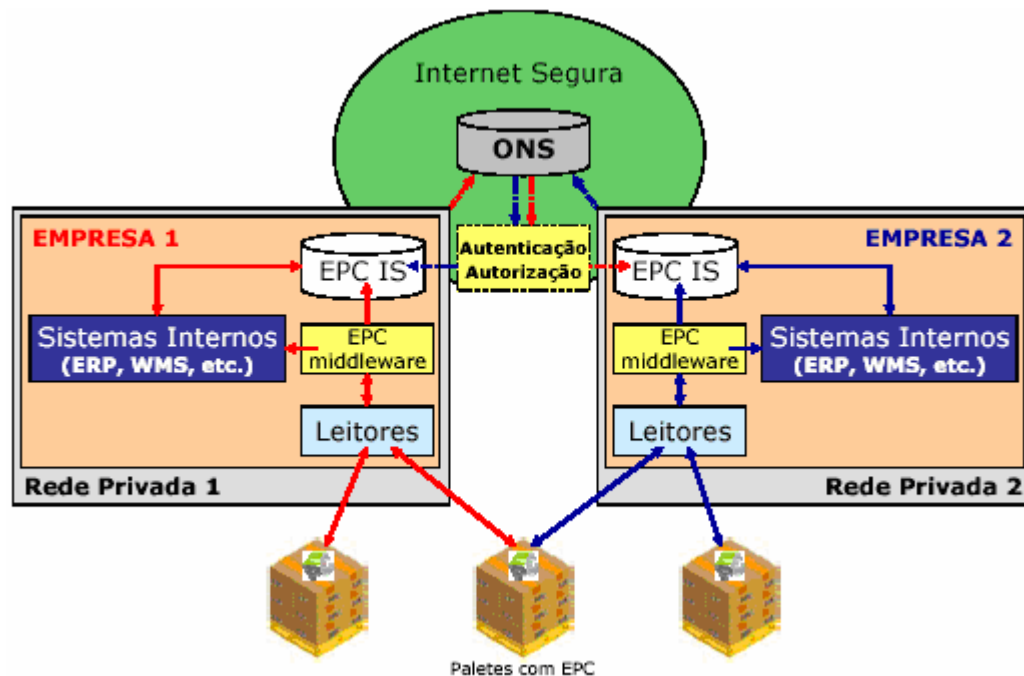


Figura 7: Arquitetura da Rede EPC (GS1 Brasil, 2005)

A idéia da Rede **EPC** é que todos os produtos fabricados possuam além do código do produto (GTIN-Número global de item comercial), como no código de barras do Sistema GS1 (antigo Sistema EAN.UCC) , possuam também um número de série para identificação individual do item. Então não mais serão produzidos x itens do produto A, mas sim os seguintes produtos do modelo A : produto x1, x2, x3. Desta forma a rastreabilidade de um item será total.

Com o produto produzido e seu **EPC** gerado e gravado no **tag** ele irá passar dentro da unidade de fabricação sendo monitorado por leitores de **RFID** espalhados por todo o processo desde a saída da produção até armazenagem dentro da fabrica. Toda interface entre *leitores de RFID* e os sistemas de controle de estoque, produção e faturamento (**WMS, MES e ERP**) será feito através do **EPC ALE Filtering & Collection (EPC Middleware)**..

Todo item produzido terá seu **EPC** gravado em um servidor de informações sobre o produto. Este servidor será o repositório local de informações sobre os produtos produzidos naquela unidade. Este servidor recebe o nome de **EPC-IS**. Através do **EPC-IS** toda unidade poderá saber quais produtos foram produzidos, em qual parte do processo ele se encontra e quais produtos estão prontos para embarcar ou não.

Quando o distribuidor executar um pedido para o fabricante, além dos processos de **EDI** normais, com a rede **EPC** ele irá receber via **EPC-IS** da unidade do fabricante uma lista de **EPCs** que estão sendo enviados para ele. Neste momento o **EPC-IS** do distribuidor receberá a carga de **EPCs** e quando os produtos entrarem na sua unidade, os leitores de **RFID** instalados nas docas de entrada do depósito realizarão a conferência de se todos os itens recebidos são os que foram enviados eletronicamente.

Se por algum motivo uma das cargas recebidas não estiver indicada dentro dos arquivos recebidos, com um leitor móvel, um operador vai até a carga incorreta identifica o **EPC** do mesmo e via servidor **ONS**, servidor este conectado a internet, a origem daquele **EPC**, com todas as informações de rastreabilidade que demorariam horas para ser levantadas através do processo normal. Os componentes que formarão esta rede de informações são as chaves para o funcionamento desta nova estrutura (figura 7)

Número EPC	Identificador global e único, que serve como um ponteiro para realizar consultas sobre um objeto que ele identifica.
Etiqueta EPC (tag)	Portador de dados do EPC que se comunica com as Leitoras por RF. É constituído por um chip e por uma antena.
Reader/ Leitora	Dispositivo de captura de dados; portátil ou fixo (instalado), que conecta-se à rede EPC.
EPC middleware	Software que controla as leitoras. Pode funcionar como um repositório local de números EPCs e informações associadas.
ONS	<i>Object Name Service</i> ; recurso distribuído que “conhece” aonde as informações associadas ao número EPC podem ser encontradas (assim como o DNS para a internet).
EPC-IS	<i>EPC Information Service</i> ; Serviço de Informações de EPCs que mantém todos os dados relativos a um EPC. (utiliza o PML que é o vocabulário definido em XML, para permitir consultas e obter dados relacionados aos números EPCs).

Figura 8: Descrição dos componentes da Rede EPC (GS1 Brasil, 2005)

É claro que a situação assim descrita ainda está apenas no papel, mas mais breve do que se imagina esta situação será observada em toda a cadeia de suprimentos.

3.6 Os níveis de implantação do EPC

Outra ferramenta para acelerar a adoção do **EPC** foi a definição de níveis para a implantação do **EPC** para os itens da cadeia de suprimentos. Devido ao custo elevado de uma etiqueta se comparada com a maioria dos bens de consumo (as etiquetas no padrão **EPC** variam de R\$1 até R\$14, mas os planos é que em 2008 esta etiqueta esteja custando R\$0,12) foi necessário criar níveis para a aplicação de tags nos produtos.

Os níveis definidos foram: palete, caixa mestre e item, sendo que cada nível atingiria um tipo de produto ou maturidade de utilização da tecnologia.

3.6.1 Nível Palete

Os tags são aplicados para produtos de baixo valor e tem como unidade de controle de produção e transporte o palete. É o primeiro nível de uma implantação de **RFID** no padrão **EPC**, uma vez que o custo da etiqueta vai ser dividido por todos os produtos do palete além de facilitar a implantação dos equipamentos e sistemas de **RFID** uma vez que em um palete existem muitos produtos e uma única etiqueta identificará todos estes itens.

Para que uma implantação nível palete ocorra é necessário que processos de associação da informação dos produtos aos tags dos paletes sejam criados para evitar perda de confiabilidade na implantação.

3.6.2 Nível caixa-mestre

Aplicado para produtos de valor médio. Neste caso a identificação ocorre por grupo de produtos como, por exemplo, cada caixa de sabão em pó com 10 itens recebe um único tag. Com este nível de identificação o controle do produto é muito maior, mas agora o custo da etiqueta é dividido apenas pelos produtos dentro da caixa.

A evolução natural para quem iniciou a implantação do **EPC** no nível palete é o nível caixa. Atualmente a grande maioria dos projetos de **RFID** no padrão **EPC** se encontra neste nível.

3.6.3 Nível Item

É o cenário buscado por todos, aonde cada produto irá ter sua identificação única e poderá ser rastreado por toda cadeia de forma individual. Devido ao alto valor dos tags este nível ainda não pode ser aplicado à maioria dos produtos dos bens de

consumo e alimentos, mas pode sim ser aplicado a itens de alto valor agregado como eletrodomésticos, pneus, automóveis e todos de alto valor que necessitam de uma identificação.

3.7 Codificação do Sistema GS1 para EPC

O passo mais importante que irá concatenar toda identificação de código de barras com **RFID** no padrão **EPC** é a conversão da base de dados que todos hoje possuem para códigos de barras para números **EPCs** que serão gravados nos tags provendo assim total aderência entre os sistemas de informação que já existem e são baseados em código de barras e os novos que serão baseados no padrão **EPC**.

3.8 A utilização do padrão EPC pelo mundo

Conhecido o **EPC** e suas principais características é necessário entender como o mundo hoje esta estudando, entendendo e implantando sistemas de **RFID** baseados no padrão **EPC**, para que seja possível e viável a implantação da rede **EPC** na forma com que ela foi concebida. Com base em dados de conhecimento público é notório que as grandes empresas estão investindo cada vez mais na implantação de sistemas de **RFID** no padrão **EPC**.

O caso mais conhecido é do **Wal-Mart**, maior varejista do mundo, que obrigou que até o fim de 2005 seus 100 maiores fornecedores aplicassem tags **EPC** Classe 1 ou Classe 0 no nível palete e caixa mestre. Para o final do ano de 2006 esta lista subiu para 400 o número de fornecedores que terão que atender as exigências do Wal-mart.

Recebendo os produtos de seus 100 maiores fornecedores com tags o Wal-mart esta utilizando leitores de **RFID** para várias aplicações tanto dentro de suas lojas como em seus centros de distribuição.

Para os centros de distribuição o recebimento dos paletes e caixas mestres destes fornecedores é feito através da leitura das unidades identificadas uma a uma e é dada a entrada destes no centro. Quando estes itens são enviados para as lojas do *Wal-Mart* a saída destes produtos também é controlado por **RFID**.

Os fabricantes de produtos de alto valor agregado já estão enviando os itens com tags. Com estes produtos o *Wal-Mart* já está implantando a idéia de prateleira inteligente, sistema que tem como objetivo informar para o varejista a situação de seu estoque nas prateleiras de forma a otimizar cada vez mais a reposição de produtos e o controle dos estoques.

Um dos casos de maior sucesso entre o *Wal-Mart* e um fornecedor ocorre com a Gillette. A Gillette, empresa do grupo P&G, fornece um de seus produtos de maior valor agregado com um tag. As gôndolas deste produto nas lojas do *Wal-Mart* possuem vários leitores de **RFID** configurados de tal forma a fornecer a funcionalidade de prateleira inteligente.

Quando os produtos são colocados na prateleira eles já são contabilizados como disponíveis para o consumidor. Conforme os produtos vão sendo retirados pelos consumidores, o sistema de controle de estoque é automaticamente informado da baixa do estoque e antes que o produto acabe na prateleira um repositor de produtos já leva a quantidade necessária para reposição do produto. Além da Gillette outros fornecedores também estão participando da identificação de seus produtos no nível de itens.

No início de 2005 o *Wal-Mart* encomendou um estudo sobre os ganhos adquiridos pelo uso de **RFID** para controle dos estoques. A universidade do Arkansas realizou este estudo e em maio de 2005 apresentou o resultado do estudo. Foi constatado que em comparação com o processo padrão com código de barras, a implantação de **RFID** reduziu em 16% as perdas por falta de estoque dentro das lojas.

Outra iniciativa que esta de grande porte que esta impulsionando o mercado de **RFID** no padrão **EPC** é a idéia da loja do futuro do **Metro Group**. O *Metro Group* é o maior varejista alemão e definiu como objetivo em 2004 a criação da loja do futuro.

Esta loja conceito utiliza as tecnologias mais avançadas do mundo no que se refere ao mercado varejista. Carrinhos de compra com visores de LCD, propagandas on-line nas gôndolas de produtos, todos os produtos identificados com **RFID**, caixas operando tanto com **RFID** como com código de barras. Mas sem dúvida nenhuma a tecnologia que é o diferencial e esta sendo avaliada pelo grupo alemão é a implantação de **RFID** no nível de itens para todos os produtos comercializados pelo *Metro*.

Os estudos desenvolvidos pelo *Metro* estão fornecendo dados para todo o mundo de como uma implantação de **RFID** de sucesso precisa de alterações de processos e de investimentos em tecnologia. Como exemplo, para a utilização de conferência automática das compras com **RFID**, todos os carrinhos de compra da loja são de plástico para evitar interferências do metal com a comunicação entre tag e leitor.

No Brasil as duas principais iniciativas de implantação de **RFID** vieram de grandes fornecedores. A primeira iniciativa ocorreu em 2003 quando a **Unilever Brasil** realizou um piloto para estudo da tecnologia de **RFID** com o padrão **EPC** para o controle de paletes dentro da operação interna da movimentação de paletes de sabão em pó.

O projeto abrangia duas unidades da Unilever no Brasil, uma a fabrica aonde era produzido o produto e outra o centro de distribuição para onde os produtos eram enviados. Os paletes recebiam um tag e eram controlados durante todas as operações de movimentação dentro das unidades sendo que toda as informações alimentavam em tempo real o **WMS** da Unilever.

Este projeto foi o primeiro projeto da América Latina com o padrão **EPC** e trazia uma solução inovadora, a instalação de leitores de **RFID** em empilhadeiras. Toda a

movimentação dos paletes era controlada automaticamente sem interferência do operador sendo que todas as operações de transferências e movimentação de materiais eram realizadas no momento em que a empilhadeira carregava o palete.

O outro projeto que movimentou o mercado brasileiro foi o projeto de **HP do Brasil**, que implantou na linha de produção de impressoras jato de tinta a identificação das impressoras com **RFID**. Este projeto teve início em 2004 e atualmente todas as impressoras jato de tinta fabricadas na unidade do Brasil são identificadas com tags de **RFID**. Este tag é encapsulado na forma de etiqueta, sendo que o tag além da função de identificador de radiofrequência possui também a função de identificação visual do produto, com o número de série impresso e com código de barras.

Este projeto foi pioneiro no mundo no estudo da codificação de produto respeitando as conversões da GS1 e também foi pioneiro no estudo da adoção do GEN2. Desde o início do projeto a codificação dos tags foi feita respeitando a estrutura do padrão GEN2.

Os tags eram aplicados nas impressoras no início da linha de produção. Durante todo o processo de manufatura da impressora várias informações eram gravadas dentro do tag, como número de série, dados de produção.

Além do processo produtivo todas as movimentações de armazenagem e expedição dos produtos também são controladas pelos tags de **RFID**.

Os projetos com o padrão **EPC** estão aumentando cada vez mais, mas ainda é necessário justificativas muito relevantes para implantações de **RFID** com dimensões que atendam as exigências do padrão e forneçam resultados satisfatórios com agregação de valor para toda a cadeia de suprimentos.

3.9 Os desafios para a implantação de um sistema RFID no padrão EPC

O mais importante para se iniciar um projeto de **RFID** com o padrão **EPC** para atender as necessidades levantadas pelo **EPCGlobal** é ter como premissa que esta não será uma implantação simples e pura de uma nova tecnologia e sim um conjunto de alterações que deverão ser feitas para que se atinja o sucesso da implantação.

As chaves para o sucesso da implantação de um projeto de **RFID** no padrão **EPC** são: mudanças profundas nos processos atuais, escolha correta dos produtos que serão utilizados para controle no projeto e, enquanto os preços não diminuem, buscar novas formas de agregar valor a implantação fazendo com que o custo do projeto seja diluído mais facilmente.

Uma pesquisa da *Global Commerce Initiative* levantou quais são os oito direcionadores que justificam a implantação de um projeto **EPC**. Através do site survey e de entrevistas foram levantados dados para compor qual dos direcionadores irão dar sustentação para a implantação do projeto. Os direcionadores definidos foram:

- *benefícios diretos*: redução de custos operacionais, aumento da eficiência dos depósitos, etc
- *capacidade de leitura de um produto*: condições físicas de cada produto que proporciona leitura deste produto ou não, como a presença de metal ou líquidos.
- *margem do produto*: quanto maior for a margem do produto, mais fácil se justifica a implantação do projeto.
- *Considerações sobre a produção*: o projeto deve aproveitar da estrutura produtiva já existente
- *Considerações sobre a estratégia da empresa*: a implantação deve aderir da forma mais ampla possível a estratégia de negócio da empresa.

- *Configuração das unidades de transporte*: produtos que trabalham com caixas mestre são mais fácil de serem utilizados como objeto do projeto.
- *Canal primário de distribuição*: elo diretamente envolvido com os resultados do projeto
- *Rota para o mercado*: os canais de distribuição estão diretamente ligados aos resultados obtidos no projeto

Definidos estes direcionadores, vários executivos foram consultados para determinar qual destes direcionadores eram mais importantes para definir se o projeto de **RFID** no padrão **EPC** irá seguir em frente ou não.

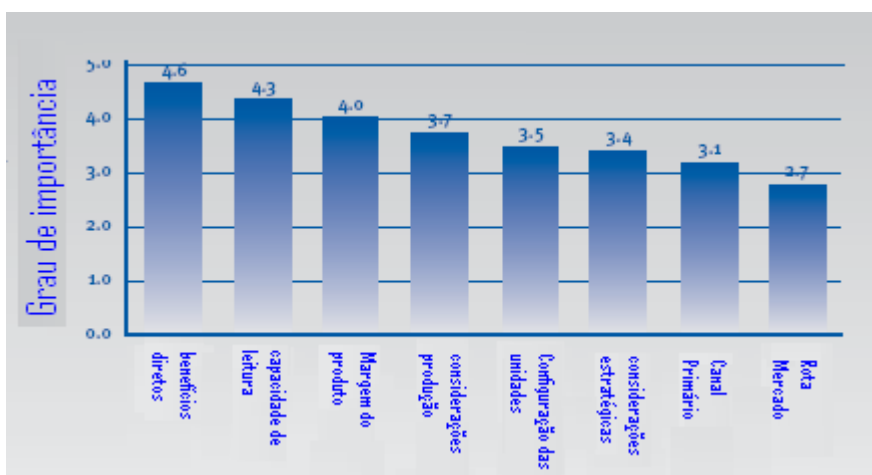


Figura 9: Direcionadores de importância (IBM, 2006)

O resultado da pesquisa mostra que para justificar um projeto, os benefícios diretos obtidos pelo projeto é o direcionador considerado mais importante para esta decisão seguido pela capacidade de leitura dos produtos.

Baseada neste estudo, a IBM montou um novo framework que ajuda o desenvolvimento de um projeto de **RFID** de tal forma que o sucesso do projeto seja alcançado mais rapidamente, facilitando assim a aceitação geral do projeto e a disseminação na tecnologia.

Para a definição do piloto, os produtos foram divididos em três categorias: **EPC Advantaged**, **EPC Testable** e **EPC Challenged**. Esta divisão visa determinar pilotos com objetivos baseados nos produtos avaliados, desta forma as expectativas e resultados são muito mais controlados e de fácil análise.

Produtos classificados como **EPC Advantaged** são aqueles que possuem alta capacidade de leitura, grandes benefícios diretos e baixos custos em relação aos produtos. Para o **EPC Advantaged** os resultados esperados são melhorias no processo, ROI, redução de custos etc.

Os produtos **EPC Testable** são aqueles que possuem boa capacidade de leitura, alguns benefícios diretos com algumas vantagens nos custos. Resultados para este tipo de produto devem ser utilizados para análise dos resultados, a fim de juntar informações para transformar esta aplicação futuramente em um **EPC Advantaged**.

Já os produtos **EPC Challenged** são aqueles que estão fora da curva de facilidades e sua implantação tem como resultado esperado o levantamento de problemas apresentados, dados para geração de relatórios sobre os resultados a fim de disseminar esta informação nas comunidades de pesquisa para a tentativa de resolver estes problemas.

4 APLICAÇÕES DE RFID A ÁREA DE LOGÍSTICA.

4.1 Introdução

A logística será um dos ramos que mais se beneficiará com a adoção do **RFID** de forma padronizada e em larga escala. Desta forma, a utilização do padrão **EPC** para este ramo agrega estas duas características que prometem revolucionar a cadeia logística.

Toda a movimentação dentro de um centro de distribuição é controlada com o objetivo de se executar todo o processo da forma mais eficiente possível. Para que isto ocorra os processos internos de movimentação e armazenagem dos produtos são controlados pelo sistema de gerenciamento de depósito, o **WMS** (Wharehouse Management System).

Este tipo de sistema mapeia logicamente o depósito de forma que toda carga física recebida, movimentada ou expedida do depósito esta sendo controlada pelo **WMS**. O **WMS** também gerencia a estrutura de armazenagem do depósito bem com a decisão de qual unidade do produto vai ser expedida (usando como parâmetro de decisão, data de fabricação, lote, data de recebimento ou outro parâmetro definido de acordo com o produto armazenado).

Para um estudo mais detalhado de como o **RFID** pode gerar ganhos significativos para as operações logísticas deve-se apresentar estas operações de forma detalhada, mostrando as vantagens que o **RFID** pode trazer para estas.

Partindo deste ponto, as operações mais comuns da logística que serão analisadas neste estudo são: Separação de pedidos (Picking), Inventário, Recebimento/Movimentação/Expedição, Endereçamento, Controle acesso para Veículos e Controle de contêineres e vagões.

4.2 Separação de Pedidos (Picking) com RFID.

A separação de pedidos propriamente dita é uma das atividades logísticas na qual o ganho do **RFID** será primeiramente notado uma vez que a separação é o evento que comumente esta ligada diretamente ao processo de expedição. Atualmente os principais processos de separação utilizam código de barras para esta operação de forma eficiente para os padrões atuais.

O processo consiste em cada operador recebe uma lista de separação de acordo com a estrutura de pedidos da empresa, sendo que nesta lista o operador tem os produtos que por ele devem ser separados para atender aquela lista. Desta forma ele se dirige para cada endereço indicado na lista, retira o produto, lê o código de barras, e dá baixa na lista. Quando ele efetua esta operação para todos os itens da lista, a separação da lista esta encerrada, o operador leva os produtos separados para uma área na qual estes serão enviados para o destino em questão. De uma forma resumida e simplista este é um processo de separação.

Com a utilização do **RFID**, todos os produtos serão identificados com os tags, sendo que o operador deverá retirar cada produto e efetuar a leitura do tag com o leitor de **RFID** de forma similar ao que ele realizava com o código de barras. A utilização de **RFID** no processo de separação pode incluir melhores controles de forma a se garantir que a separação esta sendo feita de forma correta.

Um exemplo de melhora para este processo é instalação de leitores de **RFID** no equipamento transporte utilizado para a separação (empilhadeira, paleteira etc) e um tag na lista de separação. O leitor automaticamente identifica a lista de separação e automaticamente indica para o operador os produtos que devem ser separados. Se por algum erro, um produto que não esta na lista for colocado no equipamento de transporte o leitor o identificará e avisará o operador do erro.

Outra aplicação seria a montagem de portais de **RFID** na saída da área de separação. Quando uma carga separada passasse pelo portal ele indicaria se aqueles produtos

estão de acordo com a lista de separação evitando que cargas erradas sejam enviadas para o destino final.

4.3 Inventário com RFID

O inventário é uma operação executada periodicamente com a função de contabilizar todos os itens dentro de uma unidade (um centro de distribuição, uma fábrica, escritórios etc) para verificar se os dados do sistema estão de acordo com a situação física atual. Sem a utilização do **RFID** os inventários são realizados com código de barras ou no processo de contagem manual.

Existem diversas formas de se fazer um inventário como também inventários de diversos tipos de itens. Inventário rotativo e Inventário periódico são duas classificações que definem a forma de como o inventário é feito. Já inventário de ativos e inventário de produtos armazenados são formas de classificar o inventário pelo item a ser controlado.

Para uma visão mais detalhada de como o **RFID** melhora o processo hoje realizado, deve avaliar qual o tipo de item a ser controlado, uma vez que para esta classificação dos tipos de inventário, os ganhos são diferentes.

4.3.1 Inventário de Ativos com RFID

Para o inventário de ativos o **RFID** vai aumentar a velocidade do inventário e também a segurança do mesmo. Substituindo as etiquetas de código de barras por tags irá diminuir o problema de alteração das etiquetas ou mesmo a danificação do valor impresso na etiqueta. Para este inventário são indicados tags de alta resistência mecânica, feitos de material rígido para resistir ao meio externo.

Para itens de alto valor agregado como computadores, equipamentos médicos de grande porte, equipamentos de rede já é viável a utilização de tags ativos que proporcionam grandes distâncias de leituras, sendo possível utilizar antenas com leitores para monitorar *Data Centers* ou Hospitais inteiros de forma se possuir um sistema de inventário em tempo real, excluindo assim a necessidade de operadores dedicados para a função de inventário e também evitando a parada necessária para a realização dos mesmo.

Para itens gerais de baixo valor (móvelia em geral) a melhor solução é utilizar tags passivos e a utilização de leitores manuais e portais de controle nos principais acessos para controlar a saída e entrada dos materiais. Para a utilização dos portais com tags passivos o processo deve ser bem controlado com o intuito de evitar possíveis manobras dos operadores durante o transporte dos itens (como a obstrução do tag com a mão ou com materiais metálicos).

Outra vantagem que o **RFID** proporciona para este tipo de inventário é a dificuldade de se gerar um tag com o mesmo valor. Ao contrário das etiquetas de código de barras que podem ser facilmente copiadas devido a sua característica de identificação gráfica, os tags não possuem sua identificação gravada externamente, esta informação esta contida dentro do tag o que impossibilita a cópia do tag sem todos os equipamentos de leitura e gravação específicos para esta função.

4.3.2 Inventário de produtos com RFID.

Este tipo de inventario é uma operação muito mais relacionada à área de logística do que o inventário anterior. Para os centros de distribuição e operadores logísticos, o inventário dos produtos armazenados é uma operação lenta, que demanda muito tempo e mão de obra o que resulta em altos custos e perda de receita.

Mas é uma operação de importância vital para este ramo. É extremamente necessário saber se todos os itens que estão no sistema, realmente estão dentro do centro de distribuição e se estão nos locais indicados pelo sistema.

Com este cenário em mente, é fato que todos buscam ganhos efetivos para este processo de forma que estes ganhos produzam resultados imediatos como diminuição de custos e aumento da disponibilidade de recursos, diminuindo assim os problemas com inventário.

Para a execução deste inventário sem **RFID**, é agendada uma data para a execução do inventário, são montadas equipes, e dentro desta data eles vão executar a contagem de cada um dos itens que estão armazenados no depósito e também será indicado o local no qual cada item está armazenado.

Se for levado em conta que na grande maioria dos casos, centros de distribuição e depósitos operam tanto na horizontal como na vertical (estruturas de empilhamento, como porta-paletes e blocados), os operadores devem ler o código de barras de cada um dos itens com o auxílio de empilhadeiras ou escadas para que possam atingir todos os níveis de altura que são utilizados para armazenagem dos produtos.

Devido à característica do código de barras necessitar de visada para que a sua leitura seja executada, é necessário que o operador suba até a carga, ou que a carga desça até o operador. Com este simples exemplo pode se verificar o quanto trabalhoso é a realização do inventário de produtos.

Com a utilização de **RFID** os ganhos para esta operação são nítidos. O primeiro ganho que pode ser notado é que se utilizando leitores embarcados nas empilhadeiras não seria mais necessário à movimentação das cargas ou dos operadores, apenas a empilhadeira deveria se movimentar na frente da posição definida de forma que o leitor instalado na empilhadeira identificará cada item armazenado (para que esta operação seja mais otimizada ainda, deve se operar com tag no palete) e o local onde o mesmo está armazenado (utilizando tags para endereçamento).

A utilização do **RFID** pode diminuir as diferenças entre os produtos armazenados e a informação atualizada no sistema. Instalando leitores em todas as empilhadeiras de um centro de distribuição, é possível controlar toda movimentação realizada com as cargas pelas máquinas. Como a identificação dos tags independe da interação do operador, mesmo que aconteça um erro de movimentação por parte do operador, é possível rastrear esta movimentação indevida e via sistema bloquear as operações deste operador até que o mesmo corrija o erro que ele realizou.

Outra funcionalidade que poderia reduzir a necessidade inventário ao mínimo possível seria a utilização de leitores nas estruturas de porta-paleta de forma que ao se colocar um paleta nesta estrutura ele é automaticamente lido pelo leitor e inserido no sistema. Se o paleta é retirado automaticamente ele é descontado do sistema também. Este tipo de configuração só é possível para depósitos que utilizem porta-paleta não atendendo a configuração de blocados.

4.4 Recebimento, Expedição e Movimentação de Produtos com RFID.

A operação de movimentação de produtos pode ser dividida em alguns processos: recebimento, armazenagem e movimentação e expedição. Na realidade todos estes processos são movimentações de produtos, que na maior parte das vezes utiliza como unidade o paleta.

Em todos estes processos a entrada de dados no sistema é normalmente feita através da utilização de código de barras em conjunto com sistemas de comunicação por radiofrequência.

O Recebimento é o processo de entrada de um produto em um centro de distribuição. Os produtos são trazidos para os centros de distribuição através de caminhões que

param no centro de distribuição em estruturas conhecidas como **docas**. As docas são as portas de entrada para os produtos dentro de um centro de distribuição.

Quando um caminhão estaciona na doca, empilhadeiras (ou outro equipamento de movimentação de cargas) recebem do sistema a ordem de recebimento e então inicia-se o processo de descarregamento do caminhão. Para efetuar esta operação, o operador indica a doca na qual ele está descarregando e o produto que está sendo descarregado.

Via sistema o operador recebe a informação do local no qual aquela carga recebida será armazenada. Com esta informação o operador vai até o local definido pelo **WMS** e armazena a carga. Para garantir que o produto foi armazenado na posição correta, o operador deve informar o código da posição de endereço que ele deixou o palete. O sistema faz a verificação desta informação e processa o armazenamento.

A movimentação de produtos ocorre quando, por algum motivo, a posição na qual o produto está armazenado deve ser liberada, ou se devido alguma necessidade de processo (entrada em câmaras refrigeradas, por exemplo) aquele produto deve ser movimentado. Para este processo o operador recebe uma ordem para movimentar o produto em questão (o operador também pode requisitar uma movimentação para o sistema).

O **WMS** irá indicar uma posição vaga para o operador levar este produto para esta nova posição. O operador indica para o sistema o código do produto que será movimentado e a posição na qual ele está neste momento, são verificadas estas informações, e se estas estiverem corretas fornece a nova posição. O operador leva o produto até a nova posição, insere o valor da nova posição e do produto no sistema e assim o **WMS** atualiza os dados efetuando assim a movimentação lógica de forma consistente com a informação física.

A Expedição é o processo final de um produto dentro de um centro de distribuição. Quando um operador vai realizar a expedição ele recebe uma lista de separação, ou

pode ir para uma área pré-definida na qual todos os produtos ali separados devem ser carregados no caminhão indicado pelo sistema.

Desta forma o operador deve pegar o produto indicado pelo sistema, inserir o código do produto e o local do qual ele está sendo retirado, levar o produto até a doca na qual o caminhão que vai receber o produto está estacionado e, para garantir que o processo foi executado corretamente, o operador deve entrar no sistema com o código da doca na qual ele está carregando o produto.

Com a finalização da expedição todo o processo de movimentação interna de um centro de distribuição foi analisado, e pode-se concluir que o **RFID** vai revolucionar esta operação como um todo. Em todos os processos analisados a participação do operador no processo é determinante para o bom andamento do negócio. Em todas as etapas existe a necessidade do operador informar produto movimentado, local de armazenamento, doca de expedição etc.

Com a implementação do **RFID**, o operador só irá se preocupar com sua função básica que é movimentar corretamente as cargas e transportá-las de modo eficiente e sem danos para os produtos. Agora pensando em uma operação com **RFID** os processos ficam desta forma:

Recebimento: Se o produto já possui **RFID**, quando ele entrar no depósito o leitor da empilhadeira que está fazendo o recebimento identifica o tag e informa para o **WMS**.

Neste ponto um endereço de armazenamento é indicado para o operador. Este leva o produto até o local indicado, sendo que o local é identificado com um tag. O operador armazena o produto, neste momento o leitor de **RFID** verifica o endereço e se este estiver correto o operador já recebe sinal para receber o próximo palete, caso contrário o operador é avisado do local incorreto, informando assim a correção da posição.

Movimentação: Operador pega o produto com **RFID**, o sistema automaticamente indica a posição atual e fornece a nova posição. O operador leva o produto até o novo local este local é verificado pelo leitor de **RFID** assim como no recebimento e todas as informações são transferidas automaticamente para o sistema.

Expedição: Os produtos a serem expedidos são indicados para o operador que vai até o endereço de armazenagem dos produtos. Chegando ao local ele pega o produto, que é identificado pelo leitor da empilhadeira automaticamente. Neste ponto é indicada a doca de expedição para o operador. Ele leva a carga até a doca.

Com a utilização de portais nas docas de expedição, quando a empilhadeira passa pelo portal com o produto é indicado, sem interferência do operador, que a carga está entrando na doca. Se doca que o operador escolheu for uma doca errada, o mesmo é avisado pelo sistema do erro e deve se dirigir para a doca correta.

Montando um comparativo entre os dois processos, estudos mostram que são possíveis para estes processos melhorias de até 45 %. Industry Week: Value Chain Survey: A Map of the World, 9/1/2005. A figura 9 mostra o novo formato dos processos de movimentação com a utilização de **RFID**.

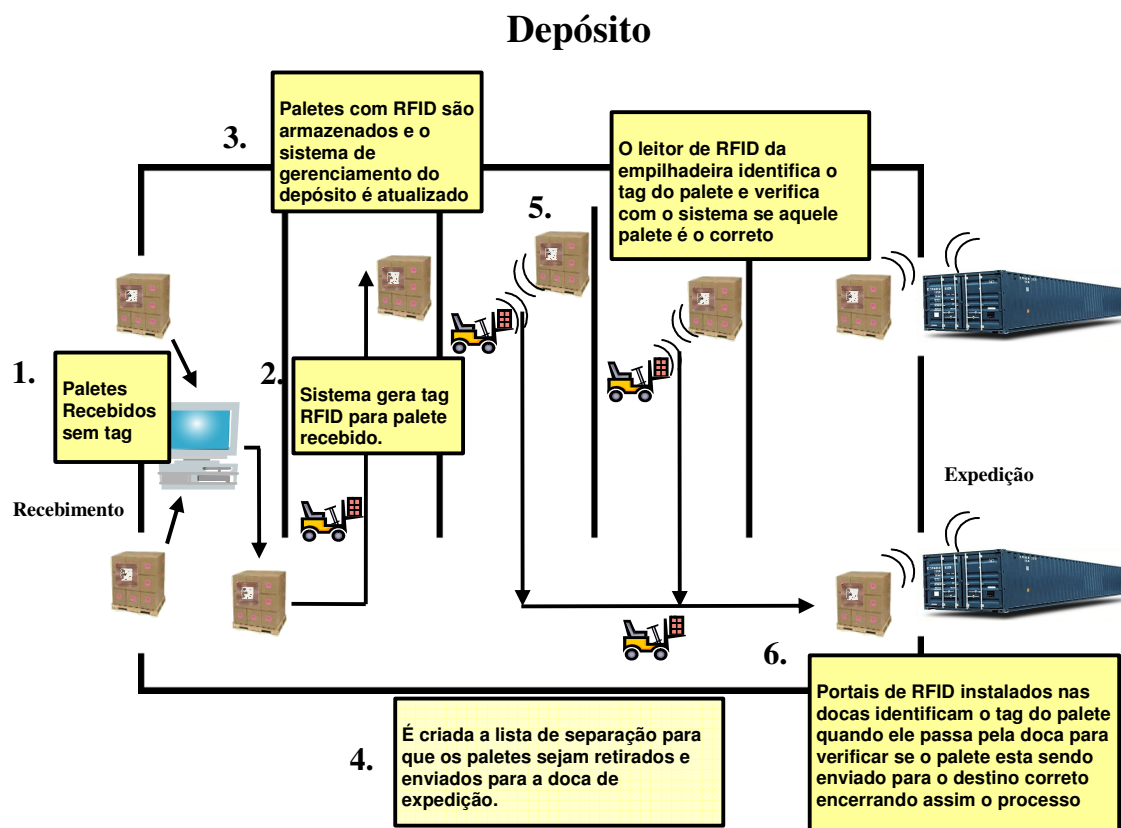


Figura 10: Movimentação de um depósito operando com RFID

4.5 Controle de acesso para veículos

Todo processo de entrada de caminhões e veículos de transporte de cargas dentro de centros de distribuição e unidades fabris é controlado. Este processo é realizado com o objetivo de monitorar as cargas que entram e saem, além de cuidar do patrimônio da empresa uma vez que mesmo os veículos vazios são controlados.

Para efetuar este controle, todo veículo que entra em uma unidade destas tem sua entrada registrada na guarita de entrada, sendo que tanto veículo como motorista são identificados. Normalmente, além desta identificação os veículos são pesados e, se possuírem carga, as notas fiscais são verificadas. Todos estes procedimentos são

controlados manualmente, sendo que algumas empresas começaram adotar soluções com código de barras para este tipo de controle.

Quando o veículo vai sair, todos os dados são verificados novamente, e é realizada uma análise entre os dados de entrada e os dados de saída. Baseado no serviço que foi requisitado pelo motorista é verificado se existe consistência nestes dados. Se um caminhão foi fazer uma entrega ele vai ser pesado e a carga que ele entregou não vai ser mais contabilizada na balança. Em posse da nota fiscal é possível que a guarita identifique se o caminhão esta saindo totalmente descarregado ou se ele esta levando algum item que não deve sair da unidade.

Se o processo for a retirada de carga, o caminhão é pesado na entrada, desta forma a guarita vai registrar o peso do caminhão descarregado. Depois de o caminhão carregado o caminhoneiro deve apresentar a nota fiscal para a guarita e o caminhão é pesado novamente, se as pesagens estiverem coerentes com a nota, o caminhão é liberado.

Todo este processo de entrada, pesagem e saída é controlado, na grande maioria das vezes, por métodos manuais que criam filas para os veículos de transporte e mão de obra excessiva para este controle.

A utilização de **RFID** neste processo diminuirá as filas e praticamente automatizará toda entrada e saída dos veículos. Quando o motorista chegar à entrada da unidade ele irá receber um tag. Este deverá ser colocado no pára-brisa do veículo. Em todos os pontos de controle (entrada, balanças, saídas) serão instalados leitores de **RFID** que atuando em conjunto com os sistemas já existentes irão automatizar a captura da informação do veículo e do motorista de fora que este não deverá mais preencher controles. Na saída um funcionário da guarita retira o tag e através de um leitor verifica se aquele veículo tem permissão para sair ou não.

4.6 Controle de contêineres e vagões.

Devido ao alto valor agregado destes dois itens, a tecnologia de **RFID** pode ser implementada de forma ampla para contêineres e vagões. Existem soluções com tecnologia ativa e tecnologia passiva para esta solução.

O controle de vagões em linhas férreas já é muito utilizado nos EUA e Europa e agora esta chegando ao Brasil. Este controle na maioria das vezes tem como função informar os sistemas de manutenção preventiva dos vagões qual é o vagão que esta sendo analisado. Esta análise sempre ocorrem com a composição em movimento o que torna indispensável à utilização do **RFID**.

Com os vagões identificados, as empresas já estão vislumbrando novas aplicações para os tags nos vagões. Os grandes clientes de empresas especializadas em logística ferroviária (no Brasil, as siderúrgicas) estão aproveitando os tags instalados nos vagões para controlar o tempo de permanência dos mesmos dentro de sua unidade, uma vez que é por este tempo que estas são cobradas. Para este tipo de aplicação tanto a tecnologia ativa quanto a passiva estão sendo utilizadas, sendo que o fator que irá definir qual tecnologia deve ser utilizada é a velocidade máxima da composição (a tecnologia de **RFID** ativo pode identificar objetos a velocidades de até 220 Km/h).

Para o controle de contêineres, a tecnologia ativa é que apresenta o maior número de aplicações, uma vez que as grandes dimensões e o fato de estes serem construídos de metal limitam muito a utilização de sistemas da tecnologia passiva. Os contêineres são utilizados no transporte aéreo e marítimo sendo que conseguem transportar grandes quantidades de produtos e produtos com dimensões elevadas (carros, tratores etc.).

Com a identificação dos contêineres com tags de tecnologia ativa, será possível fazer o controle do recebimento e localização destes em portos inteiros. Com o acoplamento de leitores nos veículos de movimentação dos contêineres será possível

controlar qual operador movimentou certos contêineres, aonde este foi deixado entre outras informações.

Outra aplicação que será muito utilizada é o sensoriamento de contêineres utilizando tags ativos. Como os contêineres transportam materiais perecíveis que estão podendo ter sua qualidade prejudicada com a variação de temperatura, é possível utilizar tags com sensores de temperatura que monitoram o interior do contêiner durante toda a viagem.

Quando este contêiner for recebido, o tag é lido, e então todo histórico de temperatura monitorado pelo tag é verificado e se houver violação das condições de temperatura exigida o recebimento é bloqueado e a empresa responsável pelo transporte penalizada, sendo que o cliente é protegido contra receber produtos com qualidade alterada.

O sensoriamento de abertura do contêiner é outra aplicação que será muito utilizada. Todo o processo será muito parecido com o sensoriamento de temperatura só que o sensor utilizado será um lacre ou um detector de luminosidade.

4.7 Portais (Leitores Fixos) ou Solução embarcada?

Este capítulo mostrou muitas aplicações de **RFID** na área de logística. Para cada uma delas foi visto que a o leitor de **RFID** pode ser instalado de forma fixa, os conhecidos portais, ou nos equipamentos de movimentação logística (empilhadeiras principalmente).

Destas duas formas de instalação a mais comum e utilizada é o Portal. A idéia de controlar todas as docas de um centro de distribuição ou todas as portas de uma unidade fabril nasceu junto com a idéia da rede **EPC**. Todos os itens que passassem pelos portais seriam automaticamente identificados, o controle de saída e entrada de produtos seria feito no passar das portas impedindo roubos, automatizando processos

reduzindo mão de obra, resumindo tornando as unidades logísticas em sistemas totalmente em tempo real.

Só que começaram a surgir os problemas: limitações da tecnologia impedem que todos os itens sejam lidos na passagem pelos portais, às dimensões variadas dos produtos dificultam na construção das estruturas dos portais, e talvez o maior entrave na implantação de portais é o valor que deveria ser gasto para efetuar uma implantação utilizando-se apenas portais. Um centro de distribuição de grande porte pode ter mais que trezentas docas, o que significariam trezentos portais de **RFID**!

Devido a estas limitações, o ideal é utilizar a mescla entre portais e soluções embarcadas nos veículos de movimentação logísticas. Para um mesmo centro de distribuição de trezentas docas, existem normalmente quarenta empilhadeiras para realizar todas as movimentações reduzindo assim em seis vezes o custo com os equipamentos.

As soluções embarcadas requerem muito mais conhecimento e atenção durante o projeto e implantação para que a solução tenha o efeito desejado. Mas realizando esta implantação de forma correta e estudada, este tipo de solução pode viabilizar um projeto de **RFID** que não pode ser atendido por uma solução de portal.

O foco principal deste trabalho é o estudo detalhado de como realizar um projeto e implantação de um sistema de **RFID** para empilhadeiras, principal veículo de movimentação logística, minimizando os riscos, detalhando os principais pontos de atenção e problemas para que se aumentem as possibilidades de sucesso para este tipo de solução.

5 IMPLANTAÇÕES DE RFID PARA SOLUÇÕES EMBARCADAS EM EMPILHADEIRAS.

5.1 Empilhadeiras.

São os equipamentos de movimentação de carga mais utilizados. São compostos de um veículo com hastes na parte frontal. Estas hastes são os garfos das empilhadeiras. É através dos garfos que empilhadeira movimenta a carga e realiza o transporte desta pelos locais nos quais as empilhadeiras trafegam.

As empilhadeiras são equipamentos complexos que devem ser resistentes a impactos, capazes de levantar cargas pesadíssimas e suportar ambientes hostis e proporcionar total mobilidade para permitir total movimentação dentro do ambiente de operação.

Para cada tipo de aplicação existe um modelo de empilhadeira que atende as necessidades e desafios criados. Quanto mais específica for a aplicação mais complexa será a empilhadeira utilizada.

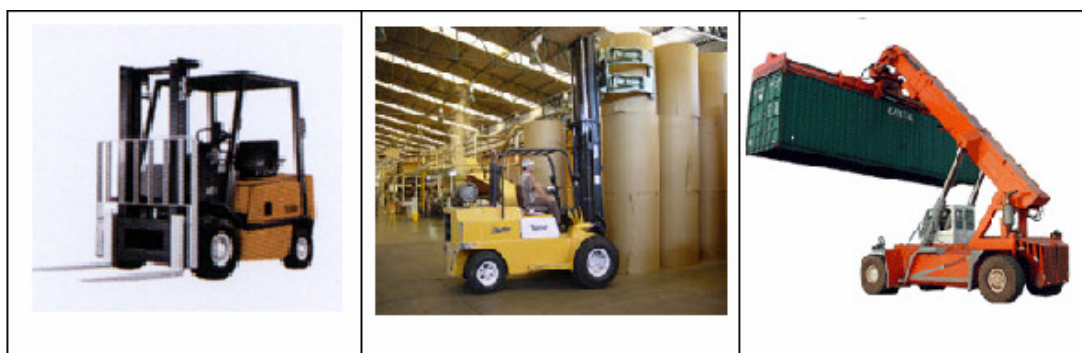


Figura 11: Exemplos de empilhadeiras

Os principais tipos de empilhadeiras são: Empilhadeiras Frontais a Contrapeso, Empilhadeiras Seleccionadoras de Pedidos, Empilhadeiras Pantográficas,

Empilhadeiras Trilaterais, Empilhadeiras Trilaterais e Seleccionadoras de Pedidos, Empilhadeiras Laterais, Empilhadeiras de Deslocamento Manual e Empilhadeiras para Contêineres.

- **Empilhadeiras frontais a contrapeso:** São as que mais se adaptam a pisos irregulares, cargas pesadas, percursos longos e serviço externo. Podem ser movidas a bateria elétrica, gasolina, gás ou diesel.
- **Empilhadeiras seleccionadoras de pedidos:** Posicionam o operador numa plataforma elevatória junto aos garfos. O próprio operador estoca / selecciona os itens.
- **Empilhadeiras pantográficas:** Operam em corredores estreitos. Algumas são equipadas com mecanismo pantográfico duplo, que alcança a segunda profundidade da estrutura porta-paletes.
- **Empilhadeira trilaterais:** São projetadas para estocar cargas unitizadas em corredores muito estreitos. O mastro ou os garfos são rotatórios, para permitir empilhar sem manobras.
- **Empilhadeira trilaterais e seleccionadora de pedidos:** São capazes de erguer o operador ao mesmo nível da carga. Estes veículos são capazes de estocar cargas unitizadas em corredores muito estreitos, de ambos os lados.
- **Empilhadeira lateral:** Movimentam cargas compridas em distâncias curtas e médias. Podem ser movidas à energia elétrica ou combustão interna e são empregadas em ambientes fechados ou abertos.
- **Empilhadeira de deslocamento lateral:** A elevação pode ser operada manualmente ou por bateria elétrica. O deslocamento horizontal é sempre manual.
- **Empilhadeira de contêineres:** São usadas para empilhamento, carga e descarga de contêineres de veículos de transporte em terminais de contêineres.

5.2 Embarcando equipamentos.

A implantação de equipamentos em veículo sempre é um desafio a parte. Os produtos normais desenvolvidos para aplicações padrões não podem ser utilizados para ambientes embarcados. Aparelhos de rádios para carros são desenvolvidos com tecnologia especial para a utilização dentro dos automóveis. Se um som de mesa for fixado dentro do carro e utilizado como som de carro sua vida útil será muito reduzida.

Outro ponto importante é o fator alimentação. Produtos normais utilizam como fonte de energia a rede elétrica. Já dentro de veículos esta possibilidade de fornecimento de energia não existe, sendo assim circuitos intermediários devem ser criados para conectar a bateria do veículo ao sistema de alimentação do equipamento a ser embarcado.

Devido à vibração ao qual o veículo está exposto, o equipamento a ser embarcado de estar preparado para resistir aos esforços físicos que as trepidações iram submeter o equipamento. Para resolver este problema é necessário desenvolver sistemas de amortecimento e absorção de impacto para evitar os problemas de quebras e mau-contato dentro dos equipamentos.

Outro fator importante é interface de comunicação entre o equipamento embarcado e os demais componentes do sistema. Normalmente a transmissão dos dados deve ser feita via radio frequência ou por meio de armazenamento de informações.

Tratando-se de empilhadeiras o problema aumenta consideravelmente uma vez que além de se movimentar, a empilhadeira possui os garfos que são partes móveis instaladas na frente da empilhadeira utilizadas para movimentar as cargas em todas as direções, inclusive levantar a abaixar.

Desta forma qualquer equipamento que necessite ser instalado em empilhadeiras e que necessite ficar fixado nos garfos da mesma tem que possuir mobilidade de

movimentação em todos os sentidos, além de resistir aos problemas comuns a sistemas embarcados deve suportar também esta movimentação do garfo. Dentre os equipamentos que precisam ser instalados no garfo os principais são: balança, sensores de presença e **leitores de RFID**.

5.3 Sistemas de RFID para Empilhadeiras

A instalação de sistemas de **RFID** em empilhadeiras compõe um cenário muito complexo, no qual todas as variáveis devem ser muito bem estudadas devido ao grande número de focos de problemas. Por parte da empilhadeira têm-se os seguintes agravantes: todos os problemas normalmente presentes em ambientes embarcados, a movimentação vertical do garfo, grande variedade dos tipos de garfos, movimentação lateral do garfo, sistema hidráulico (semanalmente ocorrem inúmeros incidentes com vazamento de líquido).

Se isto não fosse suficiente os leitores de **RFID** estão conectados as suas antenas por cabos que não permitem grandes movimentações, as antenas devem ficar na parte frontal da empilhadeira ficando assim expostas ao contato com os produtos que são transportados pela empilhadeira, as antenas não possuem proteção nativa contra impactos e, atualmente, os leitores de **RFID** não foram projetados para ambientes embarcados (o primeiro modelo próprio para este tipo de aplicação foi lançado em 02/2006)

Para um melhor entendimento dos desafios encontrados no cenário de uma implantação de **RFID** em empilhadeira, deve-se analisar as fontes de problemas e verificar quais componentes são afetados por cada uma destas fontes, para que assim possa ser efetuado um trabalho pontual em cada um destes focos para que eles sejam solucionados individualmente.

A tabela 2 mostra uma matriz dos principais problemas que estão sempre presentes em uma instalação de sistemas de **RFID** em empilhadeiras e que devem ser estudados para de forma a prover soluções eficientes para combatê-los.

Tabela 2: Matriz de problemas versus componentes afetados

	Leitor	Antena	Cabos
Vibração	Danifica os contatos do leitor assim como as interfaces com o meio externo (cabearamento interno)	Quebra na solda entre o cabo e a placa da antena	Muito pouco afetados
Alimentação	É necessário a utilização de conversores de energia para ligar o leitor na bateria da empilhadeira. Além disso é necessário levar o cabearamento até o leitor	NA	Se o leitor estiver conectado ao garfo os cabos vão sofrer ação de todos os movimentos que o garfo realiza
Cabearamento lógico	O cabearamento lógico tem que ser levado até o leitor para que as informações capturadas pelo leitor sejam enviadas para algum termina na empilhadeira	NA	NA
Cabos das antenas	O leitor é conectado as antenas através de cabos	Os cabos vão sofrer ação dos movimentos dos garfos, uma vez que as antenas em quase todas as implantações são fixadas no garfo das empilhadeiras.	São os cabos que mais são afetados pela movimentação dos garfos
Movimentação horizontal dos garfos	O leitor não é avariado por esta movimentação	As antenas não são avariadas por esta movimentação	Os cabos lógicos e de alimentação se movimentam muito pouco devido ao deslocamento horizontal do garfo. Já para os cabos da antena este é o movimento que mais causa danos
Movimentação vertical dos garfos	A subida e descida dos garfos podem danificar o leitor devido a movimentação e parada dos garfos	As antenas não são avariadas por esta movimentação	os cabos lógicos e de alimentação são os que mais são afetados por este movimento
Transporte da carga	Pode atingir e danificar	Pode atingir e danificar	Pode atingir e danificar
Exposição ao meio ambiente	Os leitores não são selados para ambiente externos (pó e chuva)	Podem trabalhar em ambientes externos (pó e chuva)	Podem trabalhar em ambientes externos (pó e chuva)
Manutenção da empilhadeira	Durante a manutenção preventiva da empilhadeira podem ocorrer avarias no equipamento	Durante a manutenção preventiva da empilhadeira podem ocorrer avarias nos equipamentos	Durante a manutenção preventiva da empilhadeira podem ocorrer avarias no equipamento
Fixação dos equipamentos	A fixação direta na empilhadeira traz problemas de aderência e aumenta a transferência da trepidação para o equipamento	A fixação direta na empilhadeira traz problemas de aderência e aumenta a transferência da trepidação para o equipamento	NA

Com os dados gerados pela tabela é possível ver que cada um dos componentes sofre de forma diferente a cada um das fontes geradoras de problemas. Definida a matriz de problemas, o próximo passo é estudar os componentes individualmente e desenvolver soluções para cada um dos problemas com o intuito de montar um projeto que consiga transpor os problemas levantados e gere uma solução confiável.

5.3.1 O Leitor

O leitor de **RFID** é o elemento de maior valor do sistema, sendo assim, quando exposto a todos os problemas levantados, sua vida útil é reduzida drasticamente e com isso a sua substituição antes do tempo de sua depreciação causa um déficit ao projeto tornando assim o projeto uma solução não viável.

Para evitar que isto ocorra, deve-se realizar um projeto de implantação que consiga superar todos os problemas levantados e manter a vida útil do equipamento com o mesmo valor ou muito próximo do valor estipulado para o leitor instalado em ambientes fixos.

5.3.1.1 Vibração.

Devido ao deslocamento da empilhadeira sobre o solo, as vibrações derivadas deste movimento são inevitáveis. Uma vez que os leitores não são preparados de fábrica para suportar este tipo de ação, o equipamento começa a sofrer diversas avarias e apresentar problemas dos mais diversos tipos como:

- Problemas de conexão com cabos;
- Perda de parafusos da carcaça do leitor;
- Mau-contato entre as placas e os cabos internos;
- Dificuldade para fixação do leitor na empilhadeira;

Para evitar estes problemas é necessário que a fixação do leitor na empilhadeira seja feita de tal forma que os elementos usados para esta fixação corrijam as deficiências naturais do leitor para este tipo de ambiente. Desta forma, para uma instalação que não sofra os efeitos da vibração da empilhadeira deve ter os seguintes requisitos:

- Suporte para fixação do leitor com sistema de absorção de impacto tipo coxins ou amortecedores de mola;
- O leitor deve ser desmontado antes da fixação, ter seu interior preenchido com espuma anti-estática para diminuir a vibração sobre os componentes das placas;
- Todos os parafusos devem ser fixados com liquido secante para roscas (“trava rosca”);
- Para a fixação do leitor no suporte e o suporte na empilhadeira sempre usar porcas com trava de segurança.

5.3.1.2 Alimentação

Este é um ponto importante para o projeto. As baterias de uma empilhadeira ficam sempre no corpo da maquina enquanto que o leitor deve sempre estar no garfo da empilhadeira. Desta forma os cabos que levam a alimentação para o leitor deverão estar aptos a realizar movimentos de extensão e compressão, devido a subida e descida do garfo da empilhadeira.

Além disso, para evitar problemas com sobre corrente geradas pela partida da máquina e diferenças entre as tensões de alimentação da bateria da máquina e do leitor é necessário utilizar conversores de energia DC-DC.

Em relação à alimentação do leitor as principais medidas a serem tomadas são:

- Utilização de um conversor DC-DC compatível com leitor e bateria da empilhadeira para proteção do equipamento;
- Utilização de cabos que permitam movimentação em torno da torre de elevação do garfo.

5.3.1.3 Cabeamento Lógico

O cabeamento lógico tem que atender as mesmas necessidades que o cabo de alimentação. O problema é que quanto maior o número de cabos maiores são as fontes de problemas. Como o cabo lógico tem como função conectar o leitor de **RFID** ao computador do operador da empilhadeira, a melhor solução para esta conexão é utilizar uma tecnologia de conexão sem fio para realizar a comunicação entre os dois equipamentos.

Para esta função duas tecnologias atendem esta necessidade, *bluetooth* e *redes 802.11*, sendo que cada uma tem suas vantagens. Se existe a necessidade do leitor de **RFID** conectar no middleware sem intervenção do operador a solução de *redes 802.11* é a mais adequada. Já se o leitor de **RFID** vai conectar ao terminal da empilhadeira a tecnologia *bluetooth* atende melhor.

O importante é que com a eliminação do cabo lógico uma fonte de problema já é eliminada.

5.3.1.4 Cabos Antenas

Os cabos das antenas são os maiores causadores de paradas de um sistema de **RFID** embarcados em empilhadeiras. Como estes cabos não foram projetados para sofrer movimentação constante eles estão expostos a um ambiente totalmente contrário ao qual eles foram projetados.

Os cabos são conectados no leitor através de conectores de rosca. A fixação do leitor na empilhadeira é ponto chave para a diminuição de problemas com os cabos das antenas. Os grandes problemas dos cabos das antenas em relação ao leitor são:

- Quebra dos conectores devido à força exercida sobre os mesmos devido à movimentação dos cabos
- Quebra do cabo devido a grandes deslocamentos do cabo em relação ao leitor

Para diminuir estes problemas devem-se seguir os seguintes procedimentos para instalação do leitor:

- SEMPRE fixar o leitor no garfo da empilhadeira para reduzir o movimento relativo entre cabo e leitor
- No momento de fixação dos cabos no leitor sempre deixar uma volta de cabo a fim de diminuir o esforço sobre o conector

5.3.1.5 Movimentação vertical dos garfos

O processo de levantamento de cargas para algumas empilhadeiras (principalmente empilhadeiras frontais) é brusco tanto no início da movimentação quanto na parada. Devido ao fato de que o leitor SEMPRE deve ser fixado no garfo da empilhadeira devido a problemas com os cabos das antenas, o suporte de fixação projetado para o leitor deve suportar este aumento na vibração do leitor.

Para isto o sistema de amortecimento projetado deve atender tanto as vibrações decorrentes do movimento da empilhadeira quanto aos impactos gerados devido ao movimento vertical dos garfos

5.3.1.6 Transporte de cargas

O transporte de cargas é a função das empilhadeiras, mas até este processo traz desafios para a implantação de leitores de **RFID** nas empilhadeiras. Os principais problemas que a carga pode ocasionar ao leitor são:

- Impactos frontais da carga no leitor;
- Queda de parte da carga sobre o leitor.

Para solucionar este problema deve-se sempre instalar o leitor em um local no garfo no qual o riscos de impacto frontal seja reduzido (como atrás da grade de proteção) e, além disso, projetar uma estrutura de proteção para impedir que parte da carga atinja o leitor.

5.3.1.7 Exposição ao meio ambiente

Se a empilhadeira irá trabalhar em ambiente externo exposto a chuva e poeira o indicado é que o leitor seja instalado dentro de uma caixa de proteção com grau de proteção IP65.

5.3.1.8 Fixação dos equipamentos

Por ultimo a fixação do leitor na empilhadeira. É importante salientar que o leitor deve ser fixado de tal forma a ficar distante das mangueiras hidráulicas do garfo, ou dentro de uma caixa de proteção. Esta é uma necessidade básica uma vez que se ocorrer um vazamento do liquido hidráulico o leitor não será atingido.

Outro ponto importante na fixação do leitor é a interface de contato entre leitor e suporte. Para evitar atrito entre o metal dos suportes e o leitor deve-se instalar entre eles espumas para diminuir o atrito e auxiliar na absorção do impacto.

Os suportes de fixação do leitor devem ser de aço para facilitar a fixação na empilhadeira além de ser um elemento que resiste bem a impactos e vibrações.

5.3.2 A antena

As antenas definidas para uma implantação em empilhadeiras devem ser escolhidas baseadas em dois aspectos: devem ser as mais resistentes a impactos e possuir as menores dimensões, principalmente em relação à espessura da antena, uma vez que as antenas sempre são fixadas no garfo da empilhadeira estando expostas a carga transportada.

As antenas são pontos vitais do sistema uma vez que leitores de **RFID** não podem ser ligados sem antenas, se isto ocorrer pode ser que o transmissor do leitor seja danificado. Desta forma a instalação da antena deve ser feita de tal forma que se dificulte ao máximo a quebra da antena

5.3.2.1 Vibração.

Da mesma forma que com os leitores, a vibração decorrente da movimentação da empilhadeira também traz problemas para as antenas, sendo os principais deles:

- Problemas de conexão com cabos;
- Quebra na solda interna entre as placas da antena;
- Perda da cobertura plástica da antena
- Dificuldade para fixação da antena na empilhadeira;

Como no caso dos leitores existem procedimentos de montagem para reduzir os problemas causados pela vibração para níveis que não prejudicaram a instalação das antenas:

- Suporte para fixação antena com sistema de absorção de impacto tipo espuma
- Escolher antenas com protetores laterais metálicos, não utilizar antenas seladas com cola;
- Para a fixação do leitor no suporte e o suporte na empilhadeira sempre usar porcas com trava de segurança.

5.3.2.2 Cabos Antenas

As antenas sempre são instaladas no garfo da empilhadeira devido a necessidade de uma melhor performance de leitura dos tags. Com o leitor instalado no garfo da empilhadeira próximo da antena os problemas com os cabos delas diminuem consideravelmente.

Os cabos das antenas voltam a ser problema para instalação de empilhadeiras de garfo duplo ou empilhadeiras pantográficas, uma vez que neste modelo de empilhadeira o garfo realiza movimentos em relação ao próprio eixo dele.

Os movimentos deste tipo de garfos são de amplitude bem menor do que a movimentação da torre como um todo, mas os problemas trazidos pela movimentação estão presentes:

- Quebra dos conectores devido a movimentação lateral (empilhadeiras de garfo duplo);
- Quebra do cabo devido a grandes deslocamentos do cabo em relação ao leitor.

Para diminuir estes problemas devem-se seguir os seguintes procedimentos para instalação da antena:

- SEMPRE utilizar cabos composto de condutores flexíveis;
- Se possível, escolher antenas com conectorização direta, sem rabicho, se não for possível, desmontar a antena retirar o rabicho e conectar o cabo diretamente na antena;
- Reduzir ao máximo o tamanho do cabo;
- Utilizar mangueiras hidráulicas para proteger os cabos;
- Escolher pontos de fixação intermediários que diminuam o movimento total do cabo.

5.3.2.3 Movimentação horizontal dos garfos

A movimentação horizontal dos garfos é a principal fonte de geração de problemas para os cabos das antenas. As medidas para se corrigir este problema foram descritas no item anterior.

5.3.2.4 Transporte de cargas

O transporte de cargas é a função das empilhadeiras, mas até este processo traz desafios para a implantação das antenas dos leitores de **RFID** nas empilhadeiras. Os principais problemas que a carga pode ocasionar a antena são:

- Impactos frontais da carga contra a antena;
- Queda de parte da carga sobre antena;
- Impactos do palete na antena.

A melhor forma de proteger a antena é a montagem de retentores de carga que empecem a carga e o palete de atingir a antena. É importante salientar que os retentores devem ser feitos de materiais que não prejudiquem a leitura dos tags pela antena.

5.3.2.5 Exposição ao meio ambiente

Se a empilhadeira irá trabalhar em ambiente externo exposto a chuva e poeira é necessário utilizar antena própria para ambientes externos. Como as antenas não possuem circuitos ativos este tipo de antena é facilmente encontrado.

5.3.2.6 Fixação dos equipamentos

A fixação da antena na empilhadeira deve seguir os mesmos cuidados que são despendidos para o leitor com algumas diferenças. As antenas não são afetadas pelo líquido hidráulico das empilhadeiras, não necessitando de caixas de proteção selada.

Já interface física de fixação da antena e suporte deve ser muito bem feita. Para evitar atrito entre o metal dos suportes com a antena deve se cobrir toda a parte traseira da antena com espuma. Para se evitar interferência do metal do suporte na performance da antena, os suportes devem ser sempre molduras e não placas.

Os suportes de fixação das antenas devem ser de aço para facilitar a fixação na empilhadeira além de ser um elemento que resiste bem a impactos e vibrações.

5.3.3 Manutenção da empilhadeira

Este é um dos itens mais importantes e de maior atenção de uma implantação de **RFID** para empilhadeiras. Devido às empilhadeiras serem os braços da cadeia de suprimento, operar na sua maioria vinte quatro horas por dia sete dias por semana, uma empilhadeira parada é dinheiro sendo desperdiçado.

Sendo assim, as empilhadeiras são submetidas à manutenções preventivas semanalmente, além de ser realizada, em cada turno, uma checagem realizada pelo próprio operador da máquina com o intuito de descobrir algum problema antes de se iniciar o turno e antes que este problema atrapalhe a operação.

O problema é que a complexidade de um sistema de **RFID** ainda não é um fato para as equipes de manutenção de empilhadeiras, e o desconhecimento técnico destas equipes em relação aos equipamentos de **RFID** trás muitos transtornos e problemas para a operação. Durante a manutenção de um a empilhadeira o garfo é desmontado e vários testes são realizados.

Como o leitor esta no garfo ele também é retirado, e se na montagem do equipamento ele não for colocado com os cuidados que são necessários, surge neste ponto um grande problema, uma vez que o sistema foi implantado corretamente, todos os itens de atenção foram atendidos, só que devido a uma alteração causada por falta de conhecimento gerou um ponto de falha no sistema.

Para evitar estes problemas, devem-se criar alguns procedimentos para integração entre a implantação do sistema de **RFID** e a equipe de manutenção das empilhadeiras. Estes procedimentos são:

- Apresentar o projeto para a equipe de manutenção antes da implantação e pedir a colaboração da equipe na formulação do projeto, fazendo assim com que eles façam parte do processo.
- Montar manuais de três níveis: configuração, manutenção e usuário para serem distribuídos entre operadores e mecânicos.
- Adicionar ao relatório de checagem diário a necessidade de verificação de alguns itens relacionados ao sistema de **RFID**.
- Realizar treinamento e passagem de tecnologia para a equipe de manutenção

5.4 Empilhadeira do Futuro.

Os fabricantes de empilhadeiras e leitores de **RFID** já estão estudando formas de integrar as duas soluções para produzir o que está se chamando no mercado de Empilhadeiras do Futuro. Elas já virão com vários dispositivos tecnológicos avançados sendo que o principal destaque são os leitores de **RFID**.

As empilhadeiras sairão de fábrica com leitores de **RFID** projetados para cada uma das aplicações e com todos os acessórios e dispositivos para garantir performance, segurança, confiabilidade e velocidade de implantação que um produto pronto fornecem.

A *Intermec* foi a primeira empresa a apresentar, em 2005, o primeiro protótipo de um empilhadeira do futuro. Não existe previsão para a chegada destes produtos no mercado.



Figura 12: Empilhadeira do Futuro, apresentada este ano em Dallas - EUA (Intermec, 2006)

5.5 Solução eficiente para empilhadeiras atuais.

Para se implantar uma solução para as empilhadeiras atuais sempre deve se atentar as fontes de geração de problemas e produzir um projeto que consiga superar estes obstáculos. Desta forma é totalmente viável a implantação de sistemas de **RFID** nas empilhadeiras atuais.

É importante salientar que uma implantação feita sem o devido estudo e levantamento de dados, pode gerar uma implantação deficitária que irá produzir mais problemas do que solução, mascarando assim o ganho que a implantação de **RFID** poderia estar gerando ao processo. Isto é prejudicial para a tecnologia, uma vez que sendo tratando-se de uma tecnologia nova fracassos consecutivos podem desacelerar o desenvolvimento da mesma.

6 CONCLUSÃO

A utilização da tecnologia de **RFID** é uma realidade que será vivida cada dia mais por todos os setores da cadeia de suprimentos, e com a definição do padrão **EPC GEN2** como padrão global para estas operações, a adoção da tecnologia torna-se praticamente uma exigência do mercado para os próximos dois anos.

Desta forma, cada vez mais será necessário habilitar e disponibilizar soluções que atendam as necessidades atuais, bem como uma reavaliação dos processos atuais para que a adoção da tecnologia seja feita de forma consistente e que não traga incertezas e mitos sobre a eficiência desta tecnologia.

Outro fator que funcionará como catalisador da tecnologia será a adoção por parte dos fabricantes e a exigência de utilização por parte dos varejistas do padrão **EPC GEN2**. Assim como ocorreu com o código de barras é de extrema importância para a tecnologia, que um padrão único mundial seja adotado para que custos de desenvolvimento de tecnologia caiam e para que a abrangência das soluções opere de forma global.

Para que esta adoção ocorra, deve ser feito um trabalho de divulgação da importância do padrão para a cadeia de suprimentos, como os eventos realizados pela GS1. A GS1 Brasil tem feito um grande esforço para que a indústria, varejo e integradores da tecnologia vejam a importância da filiação ao órgão para que o padrão **EPC** possa ser cada vez mais difundido. Até agosto de 2006, a GS1 Brasil contava com 14 filiados ao **EPC**.

O Brasil está situado na fase do desenvolvimento de pilotos e dos primeiros projetos realmente operacionais. É importante citar que em relação ao desenvolvimento de soluções com a tecnologia de **RFID** para atender a cadeia de suprimento o Brasil está praticamente junto com as iniciativas dos países desenvolvidos. Isto é muito importante para o país, pois é possível exportar serviços de implantação, projetos e softwares para os demais países da América Latina ou mesmo os países

desenvolvidos. Mas para que este desenvolvimento alcançado continue é preciso que ocorram investimentos e demanda de pilotos e projetos.

O custo da tecnologia esta decrescendo, mas ainda é uma tecnologia que possui custo elevado, principalmente para os patamares brasileiros. Desta forma para que novos projetos possam ser viabilizados é necessário alternativas as soluções que estão sendo aplicadas nos países mais desenvolvidos, de forma a trabalhar com as referências de custos e receita do Brasil.

Por esta razão é muito importante o estudo das aplicações embarcadas, bem como o desenvolvimento de uma solução que possa atender nosso mercado e ao mesmo tempo manter as características técnicas das soluções de **RFID**. O principal foco de estudo deste trabalho foi definir os parâmetros que devem ser avaliados e monitorados para que a implantação da tecnologia de **RFID** em sistemas embarcados ocorra de forma suave trazendo assim a confiança que o mercado precisa para expandir o uso da tecnologia.

Os resultados obtidos mostram que hoje é totalmente factível a implantação de projetos, e não apenas pilotos, com sistemas de **RFID** em empilhadeiras de forma a trazer os ganhos esperados pela tecnologia, de forma consistente e confiável.

Para que a execução destes projetos seja feita de uma forma controlada, com mais ferramentas para obtenção do sucesso, através da análise dos dados de projetos e estudos feitos durante este trabalho foi montada uma tabela que trás os principais itens que devem ser avaliados durante uma implantação para sistemas embarcados.

A função desta tabela é auxiliar no desenvolvimento de novos projetos, diminuindo assim o tempo de análise de problemas e alertando aos pontos de atenção para este tipo de implantação. É importante salientar que os dados levantados durante este trabalho são oriundos de projetos de sucesso para implantação de sistemas de **RFID** em ambientes embarcados, o que trás muito mais sustentação as soluções descritas neste estudo.

A utilização de sistemas **RFID** para soluções embarcadas pode ser o primeiro passo para a implantação de uma solução de **RFID**. Como para o mercado brasileiro o custo da tecnologia ainda está muito alto, a possibilidade de se identificar todas as portas de uma loja ou todas as docas de um centro de distribuição, pode inviabilizar um projeto.

Mas se ao invés de identificar todas estas entradas e saídas, a solução utilizar as empilhadeiras como “leitor móvel de **RFID**” na qual esta pode operar em todo o depósito a escalabilidade da solução é muito maior (pode-se iniciar o projeto com uma máquina e de acordo com as necessidades ir se ampliando este universo) e desta forma é possível viabilizar um projeto que antes tinha sido condenado.

As soluções embarcadas, principalmente no caso das empilhadeiras, pode ser o início da disseminação em massa da tecnologia de **RFID** para as movimentações logísticas dentro do Brasil. Desta forma, estudos como estes realizados neste trabalho serão de suma importância para o sucesso destas implantações bem como no desenvolvimento e evolução de novas soluções.

Bibliografia

ADT/TYCO FIRE & SECURITY; ALIEN; IMPINJ; INTEL; SYMBOL; XTERPRISE - **RFID and UHF:A Prescription for RFID Success in the Pharmaceutical Industry** – EUA – Janeiro 2006. Disponível em <http://www.alientechnology.com/docs/WP_RFID-UHFFINAL.pdf> Acessado em 05/Maio/2006.

ATKEARNEY. **RFID/EPC: Managing the Transition (2004-2007)** – EUA – Março 2004. Disponível em <www.line56.com/research/download/RFID-EPC_S.pdf> Acessado em 10/março/2006.

BHUPTANI, [Manish](#); [MORADPOUR](#), Shahram. **RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems** – First Edition - Prentice Hall PTR - February 2005 – 288 páginas.

BLOUNT, Dan. **RFID in the Warehouse/Distribution:High Tech Manufacturing Principal** - Sun Microsystems, Inc. – EUA – Novembro 2005. Disponível em <www.txcdk.org/rfid/docs/rfid_conf/day1/blount.ppt>. Acessado em 20/Dezembro/2005.

BROWN, Mark. **RFID-EPC Supply Chain Solutions, Lowry Computers Products.** – EUA – Outubro 2004. Disponível em <www.lowrycomputer.com/technologies/rfidepc/lowryseminar.pdf> Acessado em 24/setembro/2005.

CORRIEU, Jean-Michael. **IBM RFID Solutions: IT Solutions for Business Value.** Europa – Março 2006 – Disponível em <portal.etsi.org/docbox/ERM/open/RFIDWorkshop/RFID_13%20Jean%20Michel%20Corrieu_IBM.ppt> Acessado em 20/maio/2006.

EPC GLOBAL. RFID and EPC Essentials version 1.0 – EUA – Outubro 2004. Disponível em www.epcglobalinc.org/RFID_Cookbook/002--RFID%20&%20EPC%20Essentials%20v1.pdf> Acessado em 30/05/2005.

FEDERAL TRADE COMMISSION (FTC). **RFID – Radio Frequency Identification: Application and Implications for Consumers**. EUA. Março 2005. Disponível em www.ftc.gov/os/2005/03/050308rfidrpt.pdf >. Acessado em 10/maio/2006.

GS1 EPCGLOBAL. **The EPCglobal Architecture Framework – EPCglobal Final Version of 1**. EUA – Julho 2005. Disponível em http://europa.eu.int/information_society/istevent/2006/cf/document.cfm?doc_id=743#search=%22The%20EPCglobal%20Architecture%20Framework%20%E2%80%93%20EPCglobal%20Final%20Version%20of%201%22> Acessado em 01/Agosto/2005.

GS1 EPCGLOBAL. **Regulatory status for using RFID in the UHF spectrum**. - Agosto 2006 – Disponível em www.epcglobalinc.org/tech/freq_reg/RFID_at_UHF_Regulations_20060830.pdf > Acessado em 30/08/2006.

HUTCHINSON, Sue. **Introduction to EPC and EPCglobal**. EUA – Abril 2004. Disponível em www.epcglobal.org/docs/EPCglobal_Introduction.ppt> Acessado em 10/agosto/2005

IBM; GMA: **EPC/RFID: Proposed Industry Adoption Framework – Manufacturer Survey and Pilot learnings to date**. – EUA – Março 2006. Disponível em www-03.ibm.com/industries/consumerproducts/doc/content/bin/GMA_IBM_EPC_framework_report_final_3_28_2006.pdf> Acessado em 12/abril/2006.

INTEMEC. **IV7 Vehicle-Mount Reader Instructions** – EUA – Maio 2006. Disponível em <http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_man/075280.pdf> Acessado em 03/Maio/2006.

INTERMEC. **Intermec RFID System Manual** – EUA – Janeiro 2006. Disponível em <http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_man/936-000-001.pdf> Acessado em 10/Fevereiro/2006.

INTERMEC. **Forklift RFID System Installation Guide** - EUA - Abril 2006. Disponível em <http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_man/075412.pdf> Acessado em 12/Maio/2006.

INTERMEC. **Practical RFID in Manufacturing & Distribution Applications** – EUA – Novembro 2004 – Disponível em <[www.scansource.com/intermec/2004_web_seminars/Practical RFID.ppt](http://www.scansource.com/intermec/2004_web_seminars/Practical_RFID.ppt)> Acessado em 07/Outubro/2005.

INTERMEC. **Intermec and Cascade Collaborate to Create RFID Forklift of the Future to Enhance Warehouse Worker Productivity and Efficiency** – EUA – Fevereiro 2006. Disponível em <<http://www.intermec.com/eprise/main/Intermec/Content/About/NewsPages/pressRelease?section=about&pressID=679>> Acessado em 10/fevereiro/2006

LAHIRI, Sandip. **RFID Sourcebook** – First Edition – Pearson Education, IBM Press. Books – Indiana, EUA - August 2005 - 304 páginas.

MEDFORD, Scott. **METRO Group RFID Roll-out by Intermec Technologies Corporation** – EUA – Outubro 2005. Disponível em <www.aicd100.org/fileadmin/OCT_2005_Meetings/PowerPoint_Presentations/Medford.ppt> Acessado em 10/Março/2006

SEAL TECNOLOGIA – **Relatório de Site Survey – UNILEVER: Unidade de Indaiatuba** – Dezembro 2003 – 80 páginas.

SEAL TECNOLOGIA – **Relatório de Site Survey – UNILEVER: Unidade de Louveira** – Dezembro 2003 – 80 páginas.

UNILEVER HPC BRASIL - **Projeto Piloto de Etiquetas Inteligentes – Smart Tag** — Brasil - Maio 2004 – 15 páginas.

UNILEVER HPC BRASIL - **Smart Tag Phase II – Learnings** – Brasil – Dezembro de 2004 – 25 páginas.

WIKIPEDIA, **RFID.** – Brasil – Março 2006 – Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/RFID#Hist.C3.B3ria_do_RFID. Acessado em 10/abril/2006