

2.

Fundamentação teórica

O objetivo deste capítulo é apresentar termos técnicos e teóricos que facilitem a compreensão da funcionalidade da tecnologia de RFID, e, com isso, o entendimento dos estudos de caso. Também constituirá parte deste capítulo aspectos comparativos com a tecnologia de códigos de barras.

2.1.

Considerações gerais sobre a RFID

A RFID consiste num sistema como um todo, e não num produto isolado. Esse sistema utiliza espectros eletromagnéticos para transmitir informações sem contato e sem linha de visão (Miller, 2000). A RFID também pode ser definida como uma tecnologia de identificação que utiliza a rádio-frequência para o intercâmbio de dados, permitindo realizar remotamente o armazenamento e recuperação de informações usando um dispositivo chamado de etiqueta de rádio identificação, um pequeno objeto que poderá ser afixado a ou incorporado em um produto, bem ou até num ser vivo (Stanton, 2004). A EAN Brasil (2004) define RFID como uma tecnologia que utiliza ondas eletromagnéticas (sinais de rádio) para transmitir dados armazenados em um micro-circuito (*microchip*), que por sua vez podem trabalhar com altas ou baixas frequências, conforme será apresentado mais adiante. Este micro-circuito é também chamado de *e-tag*, *RFID tag*, *transponder*, etiqueta eletrônica, etiqueta inteligente, ou então simplesmente de *tag*. Nesta dissertação sempre que puder será utilizado o termo “etiqueta inteligente”, pois se acredita ser este o termo mais utilizado em português.

O sistema RFID consiste basicamente nos seguintes componentes: antena; *transceiver* com decodificador (ou conversor analógico digital e oscilador); e *transponder* (a própria etiqueta inteligente), este último composto pela antena (ou bobina) e o *microchip*.

No caso da alta frequência, a antena, através de um sinal de rádio, é o meio que ativa a etiqueta de RFID para trocar/enviar informações (processo de leitura ou escrita). As antenas são fabricadas em diversos formatos e tamanhos com

configurações e características distintas, cada uma para um tipo de aplicação (Pinheiro, 2004).



Figura 1: Antena Tipo Portal (Fonte: InteMobile)

O leitor ou scanner, através do *transceiver*, emite frequências de rádio que são dispersas em diversos sentidos no espaço desde alguns centímetros até alguns metros, dependendo da potência de saída e da frequência de rádio utilizada. Não difere muito de um leitor de código de barras em termos de função e de conexão ao restante do sistema. Entretanto, o leitor opera pela emissão de campo eletromagnético (rádio frequência), que é a fonte que alimenta a etiqueta inteligente, que por sua vez, responde ao leitor com o conteúdo de sua memória. Ao contrário de um leitor óptico, tal qual o código de barras, o leitor não precisa de campo visual para realizar a leitura da etiqueta inteligente, podendo ler através de diversos materiais como plásticos, madeira, vidro, papel, cimento, etc. Quando a etiqueta de RFID passa pela área de cobertura da antena, o campo magnético é detectado pelo leitor. Este, então, decodifica os dados que estão codificados na etiqueta inteligente, passando-os para um computador realizar o processamento (Gragg, 2003). O sistema de baixa frequência opera de maneira análoga, mas alguns de seus componentes são diferentes, não permitindo regravações. O detalhamento do funcionamento de alta e baixa frequência será apresentado mais adiante.



Figura 2: Exemplo de um leitor (Fonte: InteMobile)

A etiqueta de RFID (*transponder ou tag*) consiste de uma unidade eletrônica composta por um *chip* e uma antena de fio, normalmente de cobre, conectados entre si, que podem ser encapsulados em vários formatos e tamanhos (etiquetas, cápsulas, cartões de proximidade, pastilhas, argolas, etc) com a utilização de diversos tipos de materiais (plástico, vidro, epóxi, etc.) no processo de encapsulamento (Pinheiro, 2004). No caso da etiqueta de RFID de baixa frequência, a antena é substituída pela bobina. O tipo de etiqueta de RFID é também definido conforme a aplicação, ambiente de uso e performance. Existem dois tipos de etiquetas inteligentes: ativas e passivas. A passiva opera com baixa frequência (menos de 100 megahertz) e a ativa com alta frequência (mais de 100 megahertz). Diferente de seu equivalente de baixa frequência, as etiquetas de alta frequência podem ter seus dados lidos a distâncias maiores de um metro, bem como quando próximos.

As figuras 3 e 4 apresentam respectivamente um fluxo esquemático sobre os mecanismos de funcionamento de leitura da etiqueta de RFID dos sistemas de baixa e alta frequências.

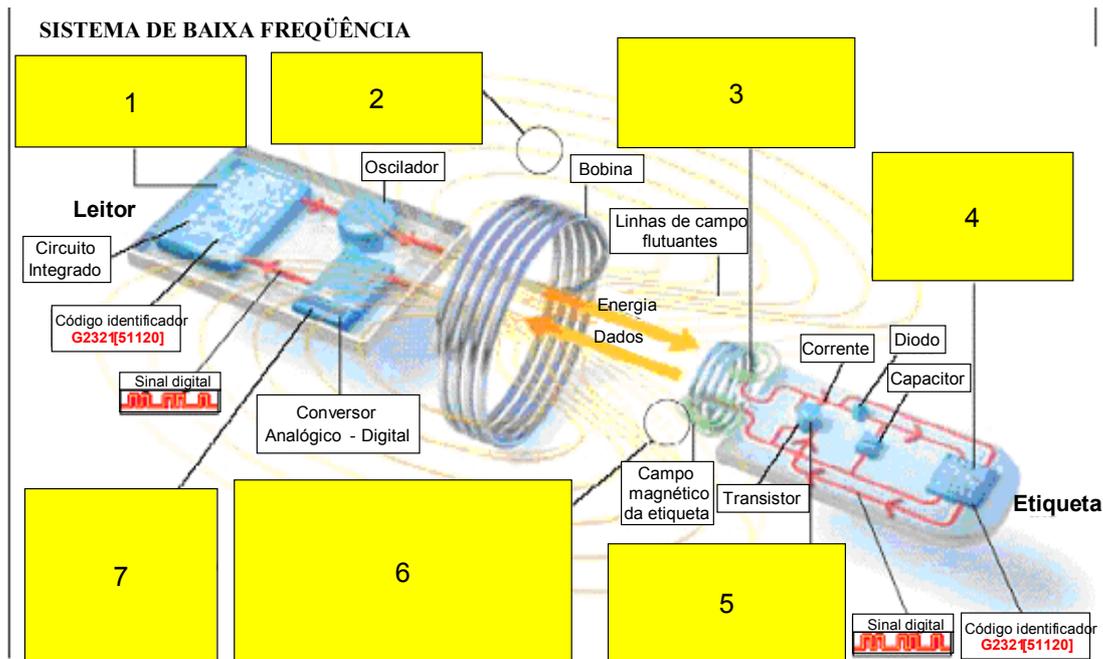


Figura 3: Sistema de baixa frequência (Fonte: Want, 2004).

A explicação para o sistema apresentado na figura 3 é a seguinte:

- 1) Um circuito integrado envia um sinal para um oscilador, que cria uma corrente alternada na bobina do leitor.
- 2) A corrente, por sua vez, gera um campo magnético alternado que serve como fonte de energia para a etiqueta inteligente.
- 3) O campo interage com a bobina na etiqueta inteligente, induzindo uma corrente que causa um fluxo de carga para um capacitor, onde tal fluxo fica preso pelo diodo.
- 4) Enquanto a carga acumula no capacitor, a voltagem neste também aumenta e ativa o circuito integrado da etiqueta inteligente, que, então, transmite seu código identificador.
- 5) Altos e baixos níveis de sinal digital, correspondentes a uns e zeros codificando o número identificador, ligam e desligam o transistor.
- 6) Variações na resistência do circuito, resultantes do ligamento e desligamento do transistor, causam a geração de um campo magnético variável próprio da etiqueta inteligente, que interage com o campo do leitor. Nesta técnica, chamada modulação de carga, flutuações magnéticas causam mudanças no fluxo de corrente do leitor para a bobina no mesmo padrão dos uns e zeros transmitidos pela etiqueta.

- 7) As variações no fluxo de corrente na bobina do leitor são sentidas por um dispositivo que converte esse padrão num sinal digital. O circuito integrado do leitor, então, decodifica o código de identificação da etiqueta.

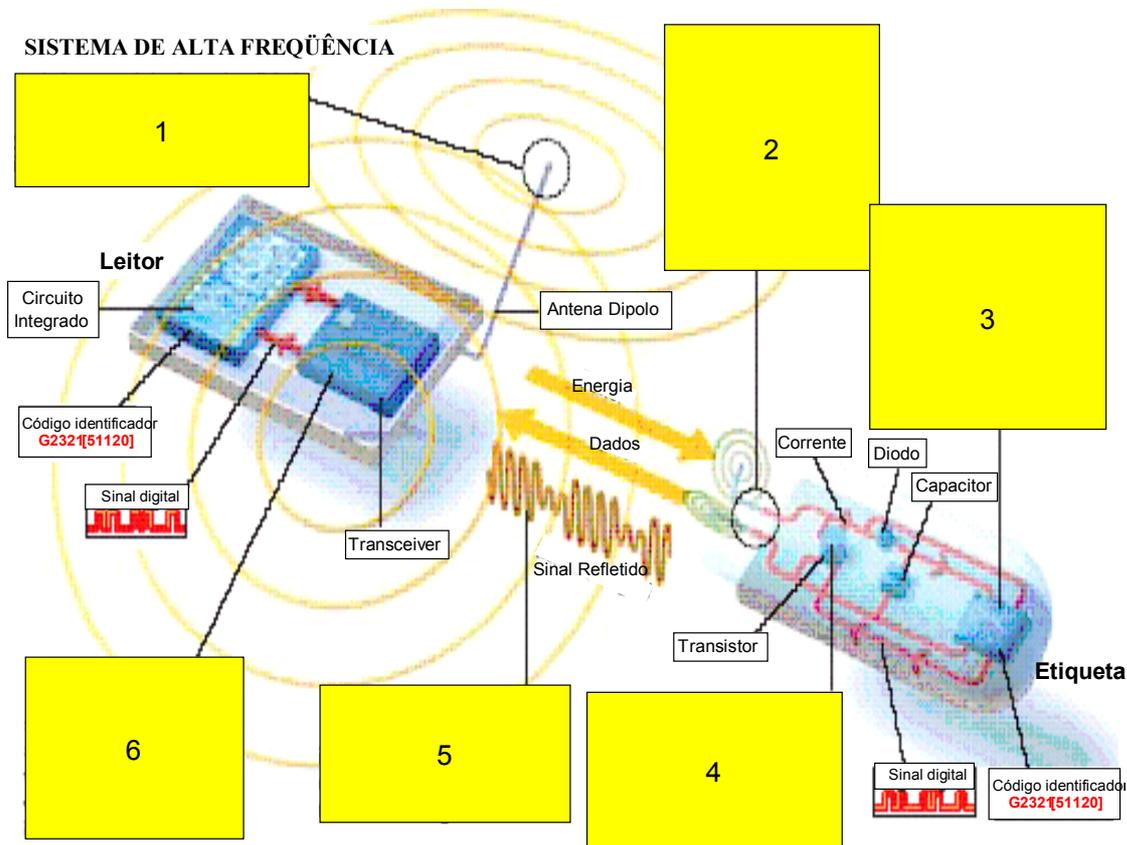


Figura 4: Sistema de alta frequência (Fonte: Want. 2004).

A explicação para o sistema apresentado na figura 4 é a seguinte:

- 1) Um circuito integrado envia um sinal digital para um *transceiver*, que gera um sinal de rádio-frequência que é transmitido por uma antena dipolo.
- 2) O campo elétrico dos sinais propagados dá origem a uma diferença de potencial através da antena dipolo da etiqueta inteligente, que causa um fluxo de corrente no capacitor. A carga resultante é presa pelo diodo.
- 3) A voltagem através do capacitor liga o circuito integrado da etiqueta inteligente, que envia seu código identificador único por meio de uma série de voltagens altas e baixas, correspondentes a uns e zeros. O sinal vai para o transistor.

- 4) O transistor liga e desliga pelas voltagens altas e baixas do sinal digital, alternadamente causando na antena a reflexão ou recepção de alguma energia de radio frequência incidente do leitor.
- 5) Variações na amplitude do sinal refletido, chamadas *backscatter modulation* correspondem a um padrão do transistor ligando e desligando.
- 6) O *transceiver* do leitor detecta os sinais refletidos e os converte em um sinal digital que é retransmitido para o circuito integrado, onde o identificador único da etiqueta é determinado.

As principais características dessas duas categorias são temas da próxima seção.

2.2.

Etiquetas ópticas e “inteligentes”

Atualmente, se verifica uma forte tendência ao emprego de redes sem fio, que transmitem informações por rádio-frequência, na coleta de dados. Segundo Figueiredo (2004), as situações mais propícias para o uso desta rede são as seguintes:

- Quando há necessidade de ocorrência de uma constante atualização dos dados recebidos pelos pontos de coleta;
- Quando uma mesma tarefa é realizada por vários operadores, sendo necessário coordená-las;
- Quando o ponto de operação situa-se distante da fonte, o que torna impraticável o deslocamento do operador para troca de dados;
- Quando não é viável a transmissão pelos meios de transmissão convencionais, como cabos telefônicos.

A coleta das informações transmitidas por rádio-frequência pode ser feita com o emprego das tecnologias de captura de sinal, baseados em etiquetas inteligentes.

Para Thomas & Saar *apud* Figueiredo (2004), dois tipos de etiquetas têm sido empregados com maior frequência em aplicações vinculadas ao controle do produto: as etiquetas ópticas e as etiquetas inteligentes:

As etiquetas ópticas mais comuns são os códigos de barra (códigos unidimensionais) e os códigos bidimensionais. A primeira modalidade citada é referente aos códigos de barra convencionais, mais simples e relativamente baratos, presentes na maioria dos produtos de consumo do setor supermercadista, que tem como função básica agilizar de forma segura a velocidade de entrada de dados em sistemas informatizados. Tais códigos são constituídos basicamente por um padrão de linhas verticais, com diferentes espessuras, disposto em uma variedade de tamanhos e formas. Já os códigos bidimensionais representam um avanço em relação aos códigos de barra, na medida em que são capazes de concentrar maior volume de informações de forma mais compactada. O grande fator limitante na adoção de etiquetas ópticas consiste na necessidade de alinhamento de leitura entre a etiqueta e o leitor óptico. Aplicações logísticas que exijam maior necessidade de flexibilidade de operação, podem ser atendidas com a implementação de etiquetas inteligentes, que não exigem necessidade de alinhamento.

A solução RFID consiste numa tecnologia mais sofisticada, e conseqüentemente, mais cara, capaz de realizar aplicações de forma totalmente automática. Operações mais ágeis podem ser obtidas dessa forma, assim como eliminação de erros, os quais ocorrem, eventualmente, em processamentos manuais da informação. Contrariamente às etiquetas ópticas, que são estruturas passivas, as etiquetas de RFID são compostas basicamente por *chips*, os quais, além de serem capazes de armazenar muito mais informações, podem ser realimentados com novas. Pode-se fazer idéia do reflexo deste aspecto em operações logísticas que exijam redefinição de fluxo de materiais, informações e instruções (Thomas & Saar *apud* Figueiredo, 2004). A aplicação desta modalidade de etiqueta é o tema central desta dissertação e será abordada de forma mais detalhada dentro dos estudos de casos apresentados neste trabalho.

Os leitores ópticos podem ser *scanners* de mão ou fixos, os quais podem envolver ou não a necessidade de contato com o código do produto. Os *scanners* manuais estão disponíveis na forma de pistolas a laser (tecnologia de não contato) e canetas ópticas (tecnologia de contato). Já a opção fixa, engloba os *scanners* automáticos (tecnologia de não contato), e o scanner de cartão - tecnologia de contato (Bowersox *apud* Figueiredo, 2004). A escolha do tipo de equipamento a

ser utilizado varia de acordo com as necessidades de flexibilidade da operação e dos recursos financeiros disponíveis.

2.2.1.

Caracterização das etiquetas ópticas

As primeiras aplicações dos códigos de barras foram realizadas em meados da década de 60 pelo exército dos EUA, segundo informação no site da Seal. Essa primeira modalidade de código de barra, o chamado NW7, possibilitava o armazenamento de um número ainda bastante limitado de caracteres por polegada, por meio do qual informações como a diferenciação por tamanho e cor era registrada no produto a ser transportado. Na década de 70 uma nova modalidade de código de barras foi difundida nos EUA, sendo empregada, sobretudo, em aplicações industriais. Um pouco mais tarde, foram criados os códigos UPC (*Universal Product Code*) e EAN (*European Article Numbering*), os quais consolidaram o uso dos códigos de barras. O segundo padrão mencionado prevalece até hoje no mercado varejista. Ainda segundo a Seal, no Brasil, os códigos de barras foram introduzidos somente na década de 80 em aplicações voltadas para atividades de exportação. Com a criação da ABAC (Associação Brasileira de Automação Comercial) em 1985, foi feita a padronização do código EAN. Essa entidade é responsável pela implantação e pela administração do uso dos códigos de barra no Brasil. Os códigos de barra, desde que foram criados, passaram por uma série de etapas evolutivas, visando oferecer novas funcionalidades. Bowersox *apud* Figueiredo (2004) identifica basicamente três etapas principais no processo evolutivo dos *tags* ópticos:

- Numa primeira etapa, destacaram-se os códigos UPC, já mencionados anteriormente. Esses códigos eram utilizados em operações logísticas de recebimento, manuseio e expedição do produto. Uma das modalidades de código UPC é constituído por uma seqüência de 12 dígitos, dos quais o primeiro é referente ao tipo de aplicação, os 5 seguintes dizem respeito a informações de manufatura, os próximos 5 tratam das especificações do produto e o último equivale ao dígito de checagem (Thomas & Saar *apud* Figueiredo, 2004). Por meio de tais códigos, os membros dos canais de distribuição tinham acesso a informações mais detalhadas dos produtos que

manuseavam. Dessa forma, os varejistas eram capazes de proporcionar um tratamento mais adequado a itens isolados. Os embarcadores e transportadores, por sua vez, podiam fazer o controle de identificação de caixas, *pallets* e *containers*, o que tornava as operações de identificação e transporte mais ágeis (Figueiredo, 2004)

- Com o tempo, verificou-se que, nos códigos de barra convencionais, já não era mais possível armazenar uma quantidade de informações necessária à melhor caracterização do produto. A disposição de mais informações codificadas ocuparia um maior espaço no produto, reduzindo a área disponível para apresentação do mesmo. Nesse sentido, foram feitos novos estudos em códigos que possibilitassem incluir maior quantidade de informação dentro da menor área possível. Este fato conduziu ao desenvolvimento dos códigos multidimensionais. Dentre eles, os códigos bidimensionais são capazes de armazenar milhares de *bits* de informação, no mesmo espaço que seria necessário para um código unidimensional armazenar apenas 100 *bits*. Dentre esses, destacam-se os códigos 49, e 16K, cujos projetos permitem sobrepor um código de barras sobre o outro, ampliando a capacidade de transferência de informação. Já o PDF 417, representa um código mais avançado, que emprega projetos matriciais sobrepostos, capazes de armazenar 1800 caracteres/ polegada (Thomas & Saar *apud* Figueiredo , 2004).
- Uma vez que a disposição de códigos menores e mais compactos nos produtos estava ocasionando, freqüentemente, erros de leitura, novas modalidades de códigos foram propostas mais tarde. Os mais recentes incluem a propriedade de correção de erros. O UCC 128 está sendo adotado como padrão internacional dentro desse novo propósito. Além de permitir uma identificação exclusiva de cada *container*, ao longo da cadeia logística, oferece melhor capacidade de rastreamento.

Diante da grande diversidade de modelos de códigos que está sendo lançada, um agravante que surge é a definição de uma simbologia padrão a ser adotada, reconhecida mundialmente. A necessidade de padronização, assim como de maior flexibilidade em relação a suas características técnicas, são duas questões que norteiam as pesquisas e desenvolvimentos de novos aplicativos de captura de sinal. No entanto, tais questões implicam em maiores custos, uma vez que o grau

de sofisticação acompanha a necessidade de investimentos, nas mesmas proporções. Esse fato dificulta a implementação de novas tecnologias em empresas de pequeno e médio porte (Figueiredo, 2004).

2.2.2.

Classificação das etiquetas de RFID

As etiquetas de RFID podem ser classificadas como ativas ou passivas. Etiquetas ativas são alimentadas por uma bateria interna e tipicamente são de escrita e leitura, ou seja, pode ser atribuída (re-escrita ou modificada) uma nova informação a este tipo de etiqueta (Weisman *apud* Ferreira, 2004). A memória de uma etiqueta ativa variará de acordo com a necessidade da aplicação dada a ele. Como apresentado no *site* da AIM (*Automatic Identification Manufacturers Association*) Brasil, alguns sistemas operam com 1 MB de memória. A potência da bateria utilizada geralmente dá à etiqueta de RFID um vasto espectro de leitura. O *trade-off* está entre seus tamanhos, custos e tempos de vida.

As etiquetas ativas podem durar no máximo dez anos, dependendo do seu uso e de condições operacionais, como temperatura e tipo de bateria. Outro ponto relevante citado por Keskilammi *et al. apud* Ferreira (2004) é que a bateria dos *tags* ativos tem sua vida útil reduzida em ambientes frios. Segundo Miller (2004), outra característica importante é que a transmissão de dados é bem mais rápida nas etiquetas ativas em relação às passivas. Hakkinen *apud* Ferreira (2004), por sua vez, cita que as etiquetas passivas não apresentam baterias e são ativadas pela fonte de energia externa gerada pelo leitor. Essa simplicidade tem como consequência custos menores que as etiquetas ativas e tempo de vida infinitamente superior. Em contrapartida, apresentam faixas menores de leitura, são do tipo R/O (*read/only*), o que não permite a alteração do seu código memória, são usadas para curtas distâncias e requerem um leitor com maior potência. Etiquetas de leitura são usualmente passivas e são programadas com dados (32 a 128 *bits*) que não podem ser modificados. Os sistemas de RFID passivos são geralmente utilizados em produtos de grande volume e no *EPC* (*Electronic Product Code*). No caso de etiquetas passivas, uma limitação citada por Thompson (2004) refere-se à necessidade de a superfície onde a etiqueta de RFID for anexada não ser metálica, o que dificulta a adoção dessa tecnologia para

itens que apresentem essa propriedade. Objetos metálicos dificultam o fluxo do campo magnético. Como resultado dessa redução, as etiquetas não recebem a força mínima necessária para ativar seu funcionamento, condição necessária para etiquetas passivas. Esta barreira já é motivo de desenvolvimento, por parte de pesquisadores, de estudos de técnicas específicas visando à utilização de etiquetas em objetos metálicos. Caso um objeto identificado com uma etiqueta de RFID seja colocado em uma embalagem de metal totalmente fechada, sua leitura, atualmente, se torna inviável por qualquer tipo de leitor.

As etiquetas podem ser somente lidas (*R/O – read only*), lidas e gravadas (*R/W – read & write*) ou gravadas uma vez e lidas várias (*Worm – write once, read many*), conforme observam Akinci *et al. apud* Ferreira (2004). As etiquetas R/O são pré-programadas com informações únicas, e esses dados não poderão ser modificados posteriormente. As etiquetas R/W poderão gravar dados adicionais ou realizar sobreposição aos já existentes. No caso das etiquetas *Worm*, as informações poderão ser modificadas somente uma vez. Após os dados serem lidos de qualquer um dos tipos de etiquetas, eles poderão ser igualmente enviados para um computador.

Segundo a EAN Brasil as etiquetas também podem ser classificadas de maneira mais específica. A Tabela 1 apresenta um outro nível de segmentação, mostrando do mais simples, classe I/0, ao mais complexo, que pode funcionar até como um leitor. Entre as funcionalidades que permitem a classificação de uma etiqueta inteligente, podem-se destacar memória, presença de senhas, sensor, baterias, frequências e criptografia (Ferreira, 2004).

Classes	Funcionalidades
Classe I/0	Etiquetas passivas somente leitura
Classe II	Etiquetas passivas com funcionalidades adicionais como memória e criptografia
Classe III	Etiquetas semi passivas com suporte e comunicação em banda larga
Classe IV	Etiquetas ativas com capacidade de comunicação em banda larga ponto a ponto com outras etiquetas ativas que operem na mesma frequência e com leitores
Classe V	Etiquetas desta classe são essencialmente leitores, pois podem ler etiquetas das classes I, II e III, assim como se comunicar com etiquetas da classe IV e qualquer outro dispositivo <i>wireless</i>

Tabela 1: Funcionalidades das etiquetas de RFID(Fonte: EAN Brasil)

Outro ponto que merece atenção especial é a definição da frequência para operação. Conforme mostra a Tabela 2, pode-se perceber que a frequência de atuação da tecnologia difere de área para área. No Brasil, adotou-se a mesma frequência que os Estados Unidos, segundo a resolução definida pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) para o uso de equipamentos de RF (ANATEL *apud* Ferreira, 2004).

Região	Frequência de atuação dos tags
Europa e África	869.4 a 869.65 / 915.2 a 915.4 MHz
Américas (Brasil e EUA)	902 a 928 MHz
Ásia	864 a 868 / 918 a 926 / 950 a 956 MHz

Tabela 2: Frequências por região (Fonte: EAN Brasil 2004)

A EAN Brasil fez uma recomendação para que as etiquetas de RFID sejam utilizadas na faixa de 900 MHz, permitindo leituras mais fáceis à distância, o que é bom para a área de gerenciamento da cadeia de suprimentos que é composta de várias etapas e localizações distintas. Entretanto, pondera que, como a frequência é regulada pelo setor de telecomunicações mundial, sendo, por exemplo, a mesma frequência utilizada pelos celulares, está sujeita às normativas de cada país.

Em baixas frequências, etiquetas de RFID passivas não são capazes de transmitir seus dados, exceto a pequenas distâncias. Em altas frequências, a distância para a leitura entre as etiquetas de RFID ativas e o leitor aumenta, mas é necessário lembrar que esse aumento é limitado por imposição dos governos e órgãos reguladores.

2.3.

Código eletrônico de produto – EPC

Em 1999, o Auto-ID Center¹ (um consórcio de pesquisa), através do *MIT - Massachusetts Institute of Technology*, partiu para o estudo de uma arquitetura que utilizasse os recursos das tecnologias baseadas em radio frequência para servir como modelo de referência para o desenvolvimento de novas aplicações de rastreamento e localização de produtos. Desse estudo nasceu o Código Eletrônico de Produtos - EPC (*Electronic Product Code*) um novo padrão de identificação, baseado na tecnologia RFID. Hoje, a EPCglobal, uma organização sem fins lucrativos, é responsável pelo controle, desenvolvimento e promoção dos padrões baseados no sistema EPC (Malinverni, 2004).

A tecnologia de RFID serve como base para o código eletrônico do produto (EPC), um código que torna possível a identificação individual de um item, ou seja, ele guardará informações únicas a respeito de um particular produto. Portanto, surge uma grande oportunidade no gerenciamento da cadeia de suprimentos, como pode se observado no site da EPC Global.

Cabe ao Auto-ID Center o desenvolvimento do padrão para a comercialização da tecnologia EPC, gerenciando o processo de criação dos padrões. A EAN Brasil cita o EPC como um identificador global e único, que serve como um ponteiro para realizar consultas acerca do item que ele identifica. A rede EPC utiliza a RFID para tornar claras as informações de toda a cadeia logística, desde a sua produção até a venda ao cliente final. Essa rede é composta por basicamente cinco elementos: o EPC, o sistema identificador (etiquetas de RFID e leitores), o sistema gerenciador de informações (ONS – *object name*

¹O *Auto-ID Center*, um grupo fundado em 1999 com representantes do governo americano, empresas americanas e de outros países, localizado no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), nos Estados Unidos

service), a linguagem utilizada na rede que permite consultas para obtenção de relatórios relacionados aos EPCs (*PML – physical markup language*) e o *Savan*, servidor que funciona como um repositório local para EPCs e suas informações associadas (EAN Brasil, 2004). O número EPC é gravado na etiqueta de RFID colocada no *chip* de silicone, com uma antena anexada ao item. Utilizando RFID, a etiqueta de RFID comunica seu número para o leitor. O leitor transmite o sinal para um computador ou sistema local. Esse sistema é o ONS e é responsável pela informação do local onde estão os dados com a história do produto e pontos relevantes ao seu uso. A PML é a linguagem normalmente utilizada na rede EPC para definição dos dados de um objeto. A versão 1.0 da rede EPC apresenta uma completa relação de especificações técnicas para todos os componentes. Lançada em setembro de 2003 e disponibilizada pela EAN Brasil, juntamente com AIM Brasil e EPC global, essa versão oferece informação técnica do número de sistema, etiquetas, leitores e referência de diversos *softwares* de implementação. A AIM se define como uma associação mundial para a identificação automática e de captura de dados. Seus membros são indústrias ou empresas provedoras de serviços e de tecnologia. A missão da AIM é a descoberta de novas tecnologias de informações, desenvolvimento de *hardware* e *software*, definição de padrões e todos os demais requisitos necessários para a implantação de um sistema automático de identificação ou captura de dados. O EPC global é líder no desenvolvimento de padrões para o uso do código eletrônico do produto. Seu objetivo é aumentar a visibilidade da cadeia de suprimentos por meio da alta qualidade nas informações. A Figura 5 mostra um esquema da arquitetura da rede EPC, na qual podem ser vistos os elementos envolvidos no processo, com o compartilhamento de dados entre duas empresas. A Empresa 1 pode compartilhar seus dados com os da Empresa 2, sendo ambos coletados internamente, mas disponibilizados através de um banco de dados na Internet. Basicamente, a estrutura de captação e transferência de informações é similar e padronizada (Ferreira, 2004).

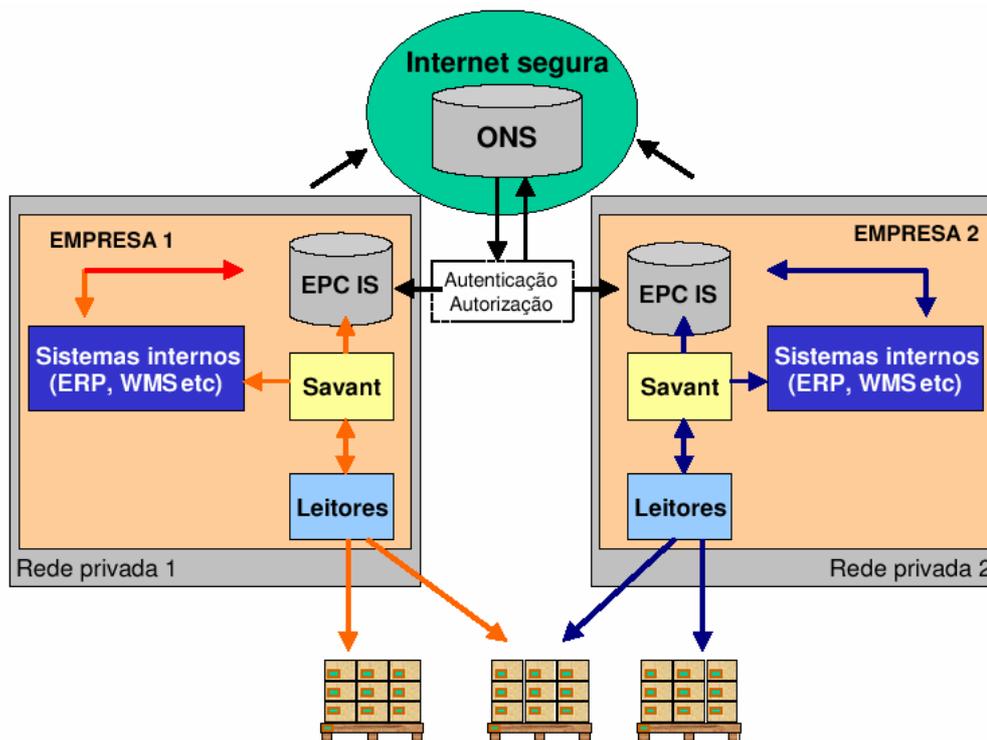


Figura 5: Arquitetura EPC Network (Fonte: EAN Brasil)

2.4.

Comparativo - RFID x código de barras

Durante um período de tempo que pode variar de três a dez anos e até além deste, segundo opiniões de especialistas (Malinverni, 2004), o EPC e o código de barras deverão conviver harmoniosamente, com tendência de compartilhamento das duas tecnologias, nas chamadas soluções casadas, com ascendência cada vez mais forte das etiquetas inteligentes. No entanto, há uma convicção geral de que o EPC será mesmo o padrão da cadeia de abastecimento no varejo pois o novo padrão apresenta inúmeras vantagens sobre o código de barras conforme veremos a seguir. Uma das limitações do código de barras é a possibilidade de problemas na qualidade de impressão, o que pode dificultar ou impedir sua leitura, com a necessidade de redigitação do código ao invés de haver uma leitura automatizada (Czapski², 2003).

Ainda segundo Czapski (2003), uma diferença importante e que abre uma ampla gama de usos é o fato de que o código de barras identifica uma categoria de

² Czapski é o superintendente da Associação ECR Brasil, em entrevista a revista Tecnologista em Junho/2003

produtos ou um conjunto de produtos similares com o mesmo código, não sendo possível por exemplo identificar o lote de fabricação. Logo, a rastreabilidade do produto em relação à sua origem e seu trânsito ao longo da cadeia é uma das limitações do código de barras. Já a etiqueta inteligente, por ter muito mais campos de informação, oferece a possibilidade de conter não apenas a informação genérica do produto, mas poderá ter cada embalagem de venda com uma identificação diferente.

Outra diferença em favor dos EPCs ou simplesmente etiquetas inteligentes, é a possibilidade de automação do processo de leitura, já que não é necessário que o leitor passe na frente do produto nem este passe perto de algum leitor, como acontece hoje com o código de barras (Monteiro & Bezerra *apud* Barros, 2005). Num CD por exemplo, no momento da chegada de um caminhão, este passará por algum controle ou portão que poderá ter um leitor com capacidade de ler todo o seu conteúdo de uma única vez, agilizando assim o processo de recebimento de mercadorias. O grande empecilho em relação à adoção dessa tecnologia é o fator custo, que depende do tamanho da etiqueta inteligente, do alcance, da faixa de frequência em que opera e de ser ou não regravável (Czapski, 2003)

De forma resumida, os aspectos mais importantes que diferenciam a etiqueta de RFID do código de barras estão dispostos na Tabela 3.

Código de Barras	RFID
Utiliza luz óptica (Pinheiro, 2004)	Utiliza radiofrequência (Pinheiro, 2004)
Precisa de campo visual direto para realizar a leitura (Pinheiro, 2004)	Sem necessidade de contato físico, podendo ler através de diversos materiais como plásticos, madeira, vidro, papel, cimento etc (Pinheiro, 2004).
No código de barras há 14 campos disponíveis para se preencher com letras, números e símbolos (Barros, 2003).	Um chip de radiofrequência tem 96 campos. Mais campos significa mais combinações para identificar cada produto (Barros, 2003).
Código de barras não é eficiente em ambientes insalubres (Souza, 2003)	Permite a codificação em ambientes insalubres (Souza, 2003)
Podem ser forjadas	Mais difíceis de serem forjadas
Não permite a inclusão de novos dados	Podem permitir a inclusão de novos dados na memória para posterior recuperação por parte dos leitores (Srivastava, 2004)
Maior tempo de resposta	Menor tempo de resposta (100 ms) (Pinheiro, 2004)
Leitura individual (Figueiredo, 2004)	Várias etiquetas podem ser lidas simultaneamente (Figueiredo, 2004)
Mais barato	Mais caro (Srivastava, 2004)
Maior risco de erros de leitura (Teixeira, 2004)	Menor risco de erros de leitura (Teixeira, 2004)

Tabela 3: Comparativo entre os sistemas de código de barras e RFID

A Figura 6 apresenta os possíveis fluxos de informação para o sistema baseado em código de barras (um único sentido) e para o sistema de RFID (pode ter dois sentidos).

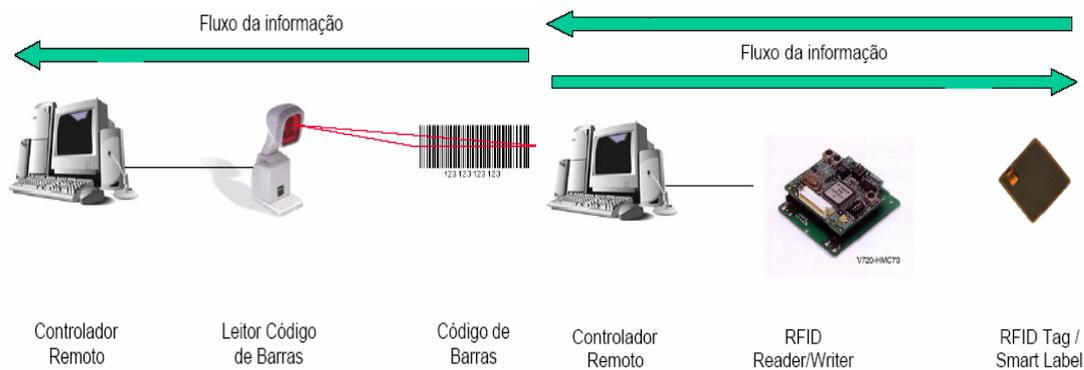


Figura 6: Comparação código de barras/ etiqueta de RFID sob a perspectiva do fluxo de informação

Os maiores benefícios que podem ser enumerados quando na utilização da etiqueta de RFID são:

- Rapidez e confiança na transmissão dos dados aumentam as vendas e reduzem as faltas (Didonet *et al.*, 2004);
- Elevado grau de controle e fiscalização aumenta a segurança e evita furtos (Barros, 2003);
- Possibilidade de leitura de muitas etiquetas de RFID de forma simultânea (Figueiredo, 2004) e captação de ondas à distância (Barros, 2003) evitam perdas com manuseio do produto;
- Identificação sem contato nem visão direta do produto (Stanton, 2004) possibilita a leitura desta identificação em ambientes hostis;
- Simplificação dos processos do negócio permite a redução da força de mão de obra com transferência dos atuais empregados nestas atividades para atividades mais nobres (Stanton, 2004);
- Rastreabilidade de produtos (controle de inventário) e de informação (ciclo de vida) acarretam uma melhoria nas operações de gerenciamento e controle
- Alta capacidade de memória propicia o armazenamento de todas as informações pertinentes (Figueiredo, 2003);
- Leitura e escrita criam a possibilidade de constante atualização dos dados recebidos (Figueiredo, 2004).

- Alta acuracidade de leitura e rapidez na identificação de dados permitem controle de acesso de pessoas e/ou automóveis com alta qualidade de performance.

Quanto às dificuldades de implementação, as mais relevantes são as seguintes:

- Monitoramento indevido de pessoas (quebra de privacidade ou assaltos) (Srivastava, 2004). Uma alternativa é a criação de um mecanismo que desligue a etiqueta de RFID após a compra, ou que seja facilmente removível;
- Dependência da orientação para efetivar leitura (Want, 2003). Uma alternativa é o desenvolvimento de sistemas de leitores múltiplos que cubram todas as orientações;
- Bloqueio de sinal por substâncias metálicas, líquidas (Srivastava, 2004) ou corpo humano (Want, 2003);
- Alto investimento (Srivastava, 2004); porém, com a adesão das grandes corporações, a tendência é ter os preços dos componentes do sistema em queda.
- Padronização (Srivastava, 2004): falta ainda um padrão mundial para o *EPC* a ser aceito e adotado em todas as regiões, o que dificulta a interação entre as cadeias de suprimentos. Esforços de órgãos como a *EPCglobal*, a *AIM*, o *MIT*, a *EAN* e o *ECR* (Movimento global da indústria, comércio e demais integrantes da cadeia de abastecimento com o objetivo de reduzir custos e aumentar a produtividade em suas relações) têm papel fundamental na busca da padronização possível e desejada.

A rede *EPC* torna as organizações mais eficientes pela visibilidade de informações em toda a cadeia, permitindo identificar localização, data e local de fabricação, venda e validade, atuando de forma rápida na resposta e satisfação dos clientes (Ferreira, 2004).

2.5.

Aplicações de RFID

Existem diversas aplicações genéricas de RFID divididas em vários segmentos. A *RFID Technologies CC* (2005) organiza as aplicações nos seguintes grupos:

- Rastreamento de bens: identificação de equipamentos de teste, computadores, móveis de escritório. Mantém atualizado o registro dos bens, rastreia o escritório para identificar os itens nos cômodos conforme estão registrados.
- Rastreamento de *laptop*: detecta a passagem de laptops pelas vias de acesso, evitando roubos ou remoções.
- Rastreamento de *pallets*: através de etiquetas de RFID anexadas aos *pallets* nos quais os bens estão sendo estocados e transportados, o sistema de rastreamento automático permite o controle do progresso dos envios de mercadorias. As etiquetas podem ser reaproveitadas.
- Controle de tráfego: etiquetas de RFID presas ao pára-brisa dos carros podem ler distâncias de até 15 metros a 200km/h. Isso permite que um sistema computadorizado identifique veículos que utilizam certas estradas ou autorize o acesso destes pelo pedágio, gerando o gerenciamento da demanda, retenções de circulação, pedágios eletrônicos e a cobrança automática.
- Monitoramento de animais selvagens: permite aos zoólogos o monitoramento remoto de migrações dos animais com mínima intervenção humana.
- Controle de livros nas bibliotecas: etiquetas de RFID anexadas aos livros permitem um controle automático do fluxo destes, bem como facilitam a busca nas prateleiras.
- Cronometragem esportiva: maratonas, corridas de rua, *mountain bike*, *kart*, *motocross*. O sistema RFID identifica os competidores e, através de um *link* para um computador, provê um gerenciamento dos dados cronometrados.
- Gestão logística: através de etiquetas de RFID colocadas nas caixas das mercadorias transportadas pelo armazém, um sistema computacional pode

processar dados do leitor rapidamente e identificar os produtos passando por ele, automatizando o processo de rastreamento de pacotes.

- Monitoramento de árvores: o sistema RFID pode rotular árvores individualmente, monitorando-as através de um registro e diferenciando-as numa floresta, por exemplo.
- Controle de acesso: as etiquetas de RFID podem fazer parte de distintivos de acesso ou ser colocadas em veículos, controlando o acesso.
- Aumento de produtividade: etiquetas de RFID anexadas em objetos em construção permitem que os computadores monitorem e meçam a produtividade de cada estágio do processo de produção.
- Rastreamento de gado: Particularmente, com o aparecimento de doenças que afetam o gado, surge o requerimento de que este, quando destinado para alimentação humana, seja etiquetado do nascimento à morte para ativar um rastreamento do histórico geográfico do animal.
- Identificação de falsificação: etiquetas de RFID que são destruídas quando falsificadas podem ser utilizadas como selos antifalsificação em mercadorias monitoradas, como *containers* nas embarcações, dinheiro, ouro e diamantes, permitindo que a integridade seja checada remotamente e identificando o estágio do transporte no qual pode ter ocorrido alguma falsificação de produto.
- Prova de identidade: Etiquetas de RFID embutidas na moldagem de fibra de vidro de bens de capital como barcos, iates, veículos e aeronaves permitem provar a posse em caso de roubo ou modificação para esconder sua real identidade.

Outras aplicações genéricas da etiqueta de RFID são apresentadas por outros autores. Por exemplo, Want (2004) cita o uso desta tecnologia para proteção antifurto, antiterrorismo e auxílio de pacientes nos hospitais. Já Teixeira (2004) e Didonet *et al.* (2004) abordam o emprego no acompanhamento de bagagens nos aeroportos. Didonet *et al.* (2004) ainda propõe a aplicação no monitoramento de pessoas.

2.5.1

Aplicações de RFID no processo logístico

A adoção da RFID na logística vem sendo amplamente discutida, tanto pela academia quanto pelas indústrias, e acredita-se que esta tecnologia irá revolucionar o conceito de logística que conhecemos hoje em dia. A sua aplicação na logística vem sendo estudada e introduzida por várias empresas de distintos segmentos, desde indústrias automobilísticas (Mercedes Benz, Volkswagen, Audi, etc...) até grandes varejistas (Wal-mart, Tesco, Pão de Açúcar, etc...). Estas aplicações ainda são incipientes com muitas empresas ainda implementando estudos pilotos. Ainda são poucas as empresas que utilizam a RFID já de forma definitiva e não experimental com estudos pilotos.

O presente trabalho levanta cinco processos logísticos que estão passando por profundas transformações com o advento da RFID, são eles: Suprimentos/Compras; Produção; Armazenagem; Distribuição/Vendas; e Logística Reversa. A seguir são listadas as transformações em cada um destes processos. Vale mencionar que algumas dessas transformações já são possíveis com o código de barras, mas o seu potencial é limitado.

Processo de Suprimentos/ Compras

- Não há necessidade de descarregar o caminhão que chega dos fornecedores para inspeção (Teixeira, 2004; Want, 2004);
- Compras são automaticamente registradas (Teixeira, 2004);
- Sistema de rastreamento automático permite o controle do progresso do recebimento de mercadorias (RFID Technologies CC, 2005);
- Os itens retirados são contabilizados e, quando o nível de produtos cai abaixo do ponto de pedido, o estoque é acionado para reposição (Teixeira, 2004);
- Compartilhamento e sincronia de dados previne erros decorrentes da falta de comunicação entre as partes envolvidas (Srivastava, 2004);
- Melhoria na rapidez e acuracidade nas informações sobre o controle de qualidade, com informações com relação à procedência da matéria-prima, data de fabricação, validade e garantia das aquisições.

Produção

- Instruções para máquina ou operador sobre a operação a ser executada (Srivastava, 2004);
- Notificação ao sistema sobre o estágio do processo produtivo no qual o produto que está sendo executado (Srivastava, 2004);
- Redução de utilização de papéis (Srivastava, 2004);
- Rastreabilidade dos diversos estágios de fabricação, identificando operadores e materiais utilizados nas operações;
- Controle das baixas de produtos rastreando também as peças defeituosas.
- Flexibilizando o planejamento da produção com o fornecimento de informações sobre novas vendas e movimentação dos estoques;
- Maior acuracidade na transmissão de informações do processo produtivo, evitando erros, retrabalhos e omissões.

Armazenagem

- Aumento da rapidez e diminuição dos erros de movimentação nos depósitos (Teixeira, 2005);
- Diminuição dos furtos (Teixeira, 2005; Srivastava, 2004);
- Manutenção do registro de mercadorias atualizado (RFID Technologies CC, 2005);
- Gerenciamento de expiração dos prazos de validade (Srivastava, 2004);
- Busca nas prateleiras (*picking*) facilitada e melhor utilização do espaço de estoque (Srivastava, 2004);
- Permite o controle em tempo real de todos os produtos no estoque. Fornece com exatidão informações sobre os itens estocados, permitindo a extinção de inventários periódicos, diminuindo desta forma seu custo operacional. A vantagem imediata é a contagem instantânea de estoque. Desta forma pode-se saber em tempo real quantas unidades se tem e onde elas estão. (Zinn, 2003)

Distribuição/ Vendas

- Identificação de preferências do cliente (Roberti, 2004);
- Comunicabilidade com outras lojas ou com depósito (Roberti, 2004);

- Não há necessidade de descarregar o caminhão para inspeção (Teixeira, 2004);
- Vendas são automaticamente registradas (Teixeira, 2004);
- Redução dos furtos em loja, visto que a tecnologia pode alertar contra mercadorias que saem das lojas sem serem pagas (Srivastava, 2004);
- Sistema de rastreamento automático permite o controle do progresso dos envios de mercadorias (RFID Technologies CC, 2005);
- Mudança de preço dos produtos (Srivastava, 2004);
- Eliminação de carregamentos perdidos (Srivastava, 2004);

Logística Reversa

- Identificação da proveniência de produtos defeituosos e devolução (Want, 2004);
- Quando o produto é descartado, a etiqueta de RFID auxilia o centro de reciclagem a identificar a categoria correta para encaminhamento (Want, 2004);
- Controle e rastreamento dos ativos, identificando cada unidade que sai da fábrica ou CD, quando foi fabricado, lote, onde foi entregue, que transportador fez a entrega, o tempo de recolhimento do mesmo e a forma de controlar o lastro operacional, para o caso de cilindros ou botijão;
- Controle da necessidade de execução de testes de qualidade (cilindros) com a informação sendo obtida pela simples leitura do *tag* alocado em cilindros de alta pressão.
-

2.5.2

Exemplo de aplicação da RFID na logística

A figura 7 apresenta uma aplicação fictícia do uso do sistema RFID nos processos de distribuição física de um produto. O exemplo utiliza um fabricante de molhos de tomate (*Mamma's Sauces*) que afixa no final da linha de produção uma etiqueta de RFID na embalagem do molho para controlar o fluxo desta mercadoria ao longo do canal de distribuição (CD – Distribuidora *Quick*; Supermercado – *Quick Marts*) e ao longo do canal reverso.

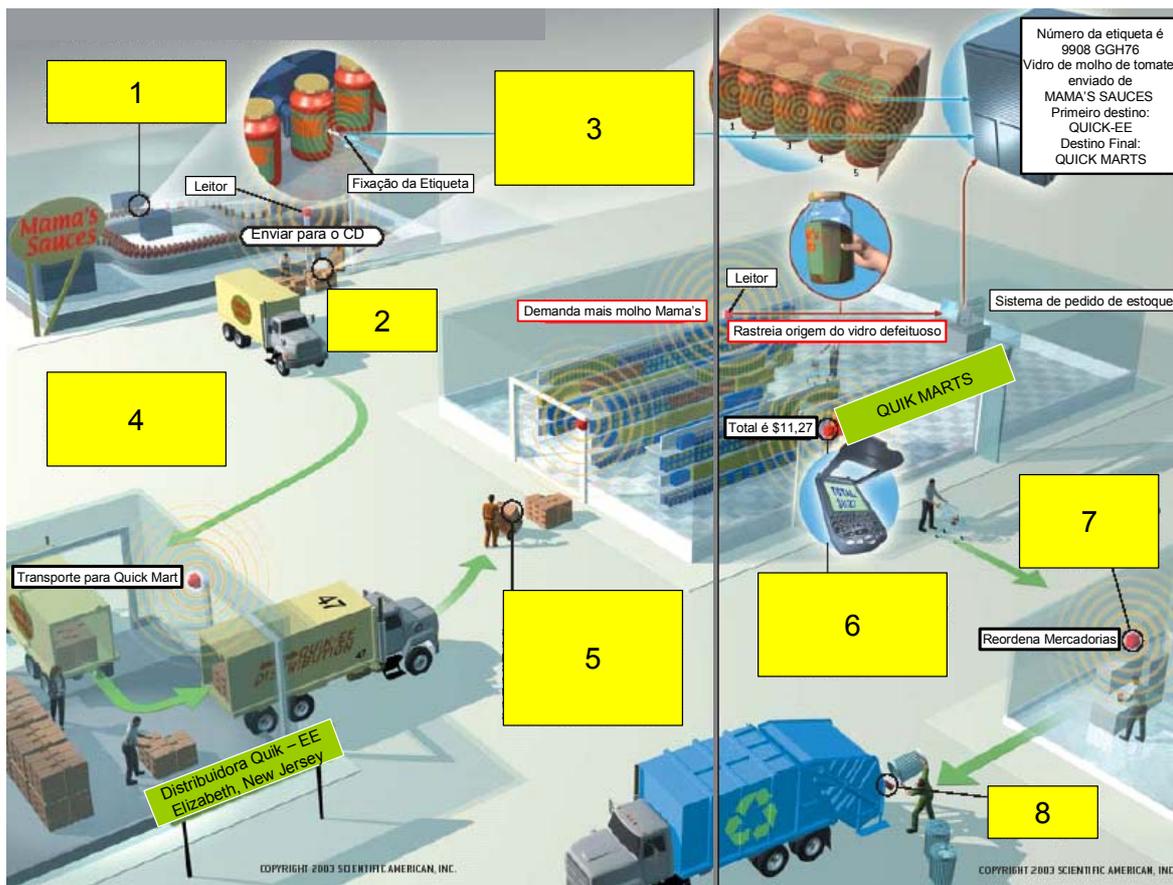


Figura 7: Exemplo de RFID na logística (Fonte: Want, 2004)

Primeiramente a etiqueta de RFID é afixada à embalagem do produto (frasco/vidro de extrato de tomate) enquanto ele passa na esteira do final da linha de produção (Ponto 1). Esta etiqueta contém determinados códigos especificadores (número da etiqueta; local de fabricação; primeiro destino CD – Distribuidora *Quick*; destino final Supermercado – *Quick Marts*), prontos para serem enviados para central de dados. Em seguida um *pallet* contendo caixas de molho de tomate *Mama's* é preparado para transporte (Ponto 2). Quando lidas na fábrica, cada caixa, bem como os vidros nela contidos, respondem com seu código identificador. Na saída das mercadorias, os produtos, as caixas e os *pallets* são associados à fábrica de origem, via Internet, criando um banco de dados (Ponto 3). No CD, outro leitor verifica a chegada das mercadorias, inspecionando sua identidade e informações de embarque, sem necessidade de abertura de caixas. Então, a mercadoria é despachada (Ponto 4). O carregamento chega ao supermercado, sendo automaticamente adicionado ao sistema de estoque. Se houver eventuais problemas com o produto, o fabricante é contatado e ele pode

identificar qual foi a fábrica responsável pela produção e qual foi o canal de distribuição utilizado (Ponto 5). O cliente não necessita aguardar no caixa, pois um leitor soma suas compras enquanto ele sai com o carrinho pelo corredor. Um dispositivo digital lista os produtos e o preço, possibilitando completar a transação através de um botão sem a necessidade de retirar os produtos do carrinho (Ponto 6). Um leitor no refrigerador ou prateleira permite saber quando a mercadoria está em falta e, através de um sinal para o computador pessoal, a inclui nas próximas compras (Ponto 7). Quando o produto é descartado, a etiqueta de RFID auxilia o centro de reciclagem a identificar a categoria correta para encaminhamento e o tratamento adequado para o seu processamento (Ponto 8).