

2. Fundamentação teórica

2.1. Logística

As primeiras referências à logística podem ser encontradas nas obras de dois grandes estudiosos da arte da guerra da primeira metade do século XIX: General Carl Phillip Gottlieb von Clausewitz, militar da Prússia (parte da Alemanha atualmente) e Antoine-Henri Jomini, Barão das campanhas napoleônicas. Clausewitz não falava especificamente da logística, porém reconheceu que "em nossos dias, existe na guerra um grande número de atividades que a sustentam (...), que devem ser consideradas como uma preparação para esta" (BRASIL, 2003). Deve-se a Jomini, pela primeira vez, o uso da palavra logística, definindo-a como "a ação que conduz à preparação e sustentação das campanhas", enquadrando-a como "a ciência dos detalhes dentro dos Estados-Maiores" (BRASIL, 2003).

Estes conceitos desenvolveram-se muito pouco na literatura militar. Em 1888, o Tenente Rogers introduziu a logística, como matéria, na Escola de Guerra Naval dos Estados Unidos da América (EUA) (BRASIL, 2003).

A realidade é que, até a Primeira Guerra Mundial, não se encontrava na literatura a palavra logística, empregando-se normalmente termos como "Administração", "Organização" e "Economia de Guerra". A verdadeira tomada de consciência da logística como ciência teve sua origem nas teorias criadas e desenvolvidas pelo Tenente-Coronel Thorpe, do Corpo de Fuzileiros Navais dos EUA que, no ano de 1917, publicou o livro "Logística Pura: a ciência da preparação para a guerra". Segundo Brasil (2003), Thorpe definiu que "a estratégia e a tática proporcionam o esquema da condução das operações militares, enquanto a logística proporciona os meios". Assim, pela primeira vez, a logística se situa no mesmo nível da estratégia e da tática dentro da Arte da Guerra (BRASIL, 2003). O mesmo afirmou que "a estratégia está para a guerra como o enredo está para a peça; a tática é representada pelo desempenho dos artistas; e a logística fornece o cenário, a roupagem, os acessórios e os próprios artistas" (BRASIL, 2003).

O Almirante Henry Eccles, Chefe da Divisão de logística do Almirante Nimitz, na campanha do Pacífico (Segunda Guerra Mundial), um dos primeiros estudiosos da logística, sendo considerado como o "pai da logística moderna",

comentou que, se os EUA seguissem os ensinamentos da obra de Thorpe teriam economizado milhões de dólares na condução da 2ª Guerra Mundial (BRASIL, 2003).

Segundo Novaes (2007), o conceito de logística, na sua origem, estava sendo essencialmente ligado às operações militares. É irrefutável afirmar que a atividade militar sempre proporcionou uma forte motivação para o progresso científico, com amplo acesso aos financiamentos requeridos. Por via de consequência, a sociedade civil sempre se beneficiou da transferência natural desse *know how* militar (PIZZOLATO e MICCUCI, 2009), como por exemplo as inovações da gestão de suprimentos no preparo para o combate, amplamente assimilado pelo setor industrial ao longo do tempo. As empresas gradativamente foram utilizando os conceitos da logística, facilmente transitando para o mundo empresarial, tendo sido adaptado, na sua gênese, para as suas realidades.

Destarte, a seguir serão apresentados alguns conceitos da logística militar, empresarial, bem como a sua evolução para o SCM.

2.1.1. Logística Militar

No contexto da estratégia militar, observa-se que a logística exerce papel fundamental ao prover os recursos para apoio às forças combatentes necessárias à defesa da Pátria. Conforme mencionado no Manual de Logística da Marinha EMA-400 (BRASIL, 2003), a logística militar é “o conjunto de atividades relativas à previsão e à provisão dos recursos e dos serviços necessários à execução das missões das Forças Armadas”.

No Brasil, o Ministério da Defesa conceitua Logística Militar como “o conjunto de atividades relativas à previsão e à provisão dos recursos e dos serviços necessários à execução das missões das Forças Armadas” (BRASIL, 2003).

A Marinha do Brasil adota a seguinte definição, conforme descrito em Brasil (2003):

“Logística é a componente da arte da guerra que tem como propósito obter e distribuir às Forças Armadas os recursos de pessoal, material e serviços em quantidade, qualidade, momento e lugar por elas determinados, satisfazendo as necessidades na preparação e na execução de suas operações exigidas pela guerra.”

Em que pese à existência de algumas peculiaridades em cada Força, pode-se definir a logística naval como “ramo da logística militar concernente aos meios, efetivos e organizações de comando, controle, comunicações e apoio empregados pela Marinha para atender às necessidades das forças navais”.

Ao longo da história, muitos conflitos militares foram decididos em função do poder e da capacidade logística, ou pela falta deles. Em um exemplo recente, o mundo presenciou um exemplo dramático da importância da logística. Na operação *Tempestade no Deserto* (*Desert Storm*), invasão da coalizão de nações lideradas pelos EUA ao *Kuwait* e Iraque, em 1991, foram deslocadas grandes quantidades de materiais a grandes distâncias, o que se pensava ser em um tempo impossívelmente curto. Considerado um verdadeiro milagre logístico, meio milhão de pessoas e mais de meio milhão de unidades de materiais e suprimentos tiveram que ser transportados através de 12.000 quilômetros por via aérea, mais 2,3 milhões de toneladas de equipamentos transportados por mar, tudo feito em questão de meses (CHRISTOPHER *apud* CORONADO, 2007).

Ainda sob a égide da importância da logística em operações militares, desde junho de 2004 o Brasil comanda a força militar da missão de paz da Organização das Nações Unidas (ONU) no Haiti (também chamada de “*Minustah*”), sendo o maior contingente brasileiro enviado ao exterior desde a 2ª Guerra Mundial. Buscando obter maior visibilidade internacional, demonstrando também possuir capacidade logística, o País vem se envolvendo diretamente nessas instâncias nos últimos anos com o objetivo de conseguir um assento permanente no Conselho de Segurança das Nações Unidas (CSNU). Com efeito, entende o governo brasileiro que essa é uma forma de demonstrar capacidade de assumir grandes responsabilidades e de estar interessado em desempenhar papel de relevo nas questões prementes da agenda internacional.

2.1.2. Logística Empresarial

Inicialmente, a logística cuidava apenas da distribuição física, que se consistia no fluxo de produtos e serviços oriundo da organização até o cliente. Problemas prioritários eram os transportes, os inventários e a informação (PIZZOLATO e MICCUCI, 2009).

Com o propósito de desenvolver, orientar e disseminar conhecimentos sobre os sistemas de distribuição física, foi criada em 1963, o *Council for Physical Distribution Systems* (CPDS) que definia a logística como “o processo de entregar o produto certo, no lugar certo, com o nível de serviço esperado, ao menor custo possível”.

Impulsionada pelo desenvolvimento tecnológico e pelos desafios impostos pela globalização, a logística passou a ter uma maior abrangência, incorporando outras atividades. As organizações empresariais passam a reconhecer as virtudes do gerenciamento logístico para ganhar competitividade no mercado, fazendo surgir um novo ramo da logística – a logística empresarial.

“A logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável” (BALLOU, 1993).

À medida que a missão do CPDS era ampliada, o referido Conselho foi tendo seu nome alterado, passando, em 1985, para *Council of Logistics Management*, CLM (PIZZOLATO e MICCUCI, 2009).

Em 1998, uma nova definição de logística foi estabelecida, então, pelo CLM, referenciada por Ballou (2006):

“Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes.”

No ano de 2004, o Conselho em comento atualizou novamente seu nome, adequando-se a evolução dos conceitos, passando para *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP).

Em 2008, mais uma vez, o conceito foi revisado e ampliado pelo CSCMP, passando a ter a logística seguinte definição:

“Logística é a parte do processo da cadeia de suprimento que planeja, implementa

e controla tanto o fluxo normal e reverso, efetivamente e eficientemente, quanto o armazenamento de materiais, serviços, além de relatar a informação desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender os requisitos dos clientes. Seu gerenciamento é responsável pela coordenação e otimização de todas as atividades logísticas, assim como a integração dessas atividades com outras funções, incluindo marketing, vendas, produção, finanças e tecnologia da informação.”

Assim, com a absorção de novas atividades, a logística passou a necessitar de relações mais estreitas com os demais membros da cadeia de suprimentos, o que levou a formação de parcerias.

2.1.3. Logística x SCM

Na medida em que os mercados se tornam mais competitivos, as empresas precisam buscar formas mais criativas de atender às necessidades de seus clientes. Com o objetivo de suportar as pressões externas, as empresas têm adotado estratégias de longo prazo com seus fornecedores e clientes, visando reduzir custos, tempos de entrega, estoques, preços, e, em contrapartida, aumentar a flexibilidade organizacional, bem como a agilidade da produção e distribuição. Neste contexto, a cadeia de suprimentos passou a ser parte essencial da boa gestão de negócios, já que cada empresa deixou de focar problemas logísticos dentro de seus próprios domínios.

De acordo com Lambert *et al.* *apud* Pizzolato e Minucci (2009), uma das mais importantes mudanças de paradigma da gerência moderna é que a competição não mais se dá entre empresas, mas entre cadeias de suprimentos. O grande desafio, portanto, é integrar todos os elos da cadeia, de tal forma que os objetivos estratégicos sejam alcançados (CHRISTOPHER *apud* CARNEIRO e ARAÚJO, 2003).

O sucesso de uma organização depende da habilidade de gerenciamento para integrar outras organizações da cadeia, ou seja, formar e coordenar sua rede de relacionamentos (LAMBERT e COOPER, 2000; MENTZER *et al.* *apud* NAVARRO *et al.*, 2008). Assim, insere-se a necessidade de desenvolvimento de relações mais próximas e colaborativas entre fornecedores e clientes, sendo tais relações enquadradas no conceito ou paradigma de gestão da cadeia de suprimentos, um conceito holístico de gestão de relacionamentos, relativo a uma série de ativi-

dades de gerenciamento interconectadas (MOURITSEN, SKJOTT-LARSEN e KOTZAB *apud* NAVARRO *et al.*, 2008).

Para Cooper *et al.* (1997), enquanto o gerenciamento da cadeia de suprimento como conceito é recente, suas bases encontram-se em teorias antigas e estabelecidas. Sua origem aparece intimamente ligada ao renascimento da logística na década de 1950, quando surge uma abordagem nova orientada a sua administração integrada. Curiosamente os mesmos fatos que propiciaram a evolução da logística deram origem, na opinião de diferentes autores, ao conceito de gestão da cadeia de suprimentos (COSTA *et al.*, 2005).

A gestão da cadeia de suprimentos, ou também conhecida pela expressão inglesa SCM – *Supply Chain Management*, é um aprimoramento, ou uma evolução, da logística. De acordo com Novaes (2007), a evolução da logística pode ser dividida em quatro fases, sendo as três primeiras a Atuação Segmentada, a Integração Rígida e a Integração Flexível, onde a ligação entre os vários agentes da cadeia de suprimentos se dava basicamente em termos puramente físicos e operacionais: troca de informações, fluxo de produtos e de dinheiro, acerto de preços e de responsabilidades. O SCM se encaixa na quarta e última fase (mais recente), caracterizada por um salto qualitativo da maior importância: a logística passa a ser tratada pelas empresas da cadeia de suprimento de forma estratégica para ganhar competitividade e induzir novos negócios. É neste último estágio da Logística que ganha relevância as alianças estratégicas, como forma de parcerias entre agentes de uma cadeia, que passaram a trabalhar mais próximos, trocando e compartilhando informações.

A Figura 1, de acordo com Ballou (2006), registra a evolução da logística, a partir de suas atividades básicas, até alcançar o *SCM*.

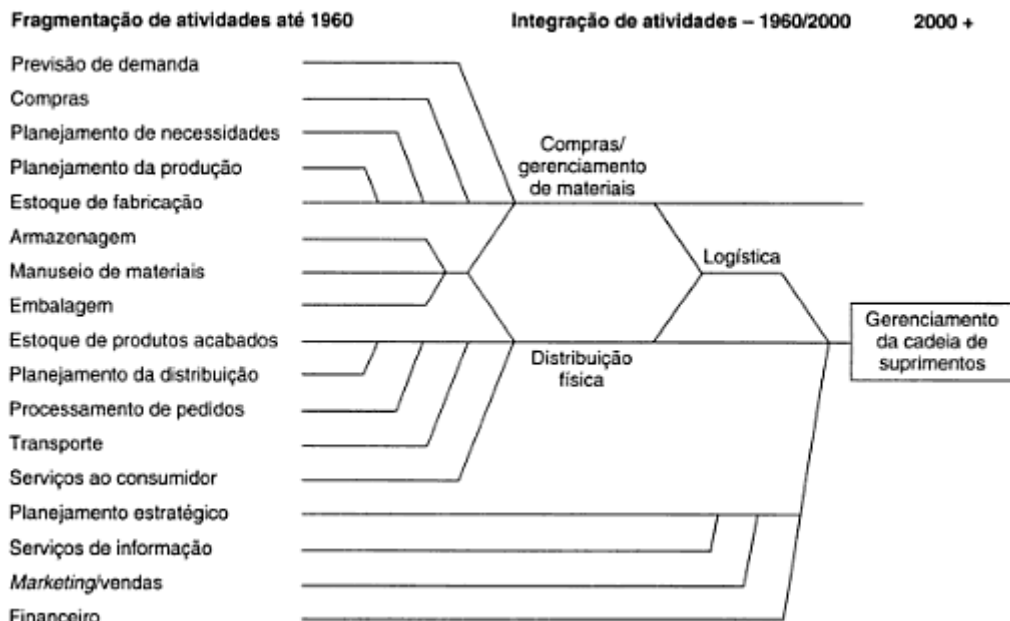


Figura 1: Evolução da Logística para Cadeia de Suprimentos
 Fonte: Ballou (2006).

O objetivo da SCM é proporcionar um ambiente integrado, criando o máximo de valor, não apenas para a empresa, mas para a rede de cadeias de suprimento como um todo, incluindo o cliente final. Segundo Fleury (2002), a redução dos custos operacionais, melhoria da produtividade dos ativos, redução dos tempos de ciclo, redução dos custos de estoque, transporte e armazenagem, entregas mais rápidas, produção personalizada e conseqüente aumento de receita são benefícios tidos como os principais impulsionadores para a adoção do *Supply Chain Management*.

O princípio básico do SCM é medir o desempenho em toda a cadeia para aferir o sucesso coletivo no que tange ao atendimento eficaz ao usuário final. Por meio do SCM, como ferramenta do gerenciamento da cadeia de suprimentos, pode-se entender o que está acontecendo em cada etapa do processo produtivo, bem como possibilitar uma tomada de decisão no momento necessário (CARNEIRO *et al.*, 2003).

2.1.3.1. Definição SCM

Lambert e Cooper (2000) afirmam que a gestão da cadeia de suprimento é a integração dos processos-chave de um negócio tendo como ponto de partida o usuário final (cliente/consumidor) até os fornecedores primários de produtos, ser-

viços e informações, que tenham como propósito adicionar valor ao cliente e demais envolvidos.

Helms *et al.* *apud* Carneiro e Araújo (2003) definem o SCM como sendo o gerenciamento de uma cadeia que vai além das fronteiras da empresa, incluindo fornecedores e clientes.

Para Fleury (2002) o SCM pode ser definido como o esforço de coordenação nos canais de distribuição, através da integração de processos de negócios que interligam seus diversos participantes.

Segundo Carneiro *et al.* (2003), o esforço de coordenar os diversos canais de distribuição, por meio da integração de processos de negócios, interligando seus participantes através da administração compartilhada de processos-chave, envolvendo desde o consumidor final até o fornecedor inicial de matérias-primas, denomina-se *Supply Chain Management*.

Como pode ser observado, não há uma unanimidade na definição de SCM, entretanto alguns elementos são comuns às diversas definições que se encontram na literatura:

- O SCM atravessa toda a cadeia de suprimento até o consumidor final, integrando e coordenando diversos estágios intra e interorganizacional. Neste elemento, pode-se citar Lambert e Cooper (2000), que mencionam que a gestão da cadeia vai desde antes do início da produção (quando clientes e fornecedores agem de maneira integrada para o desenvolvimento de bens a serem lançados ao mercado) até o ponto de pós-venda, gerenciando os retornos (logística reversa).
- Envolve diversas organizações independentes.
- Considera-se fluxo bidirecional de produtos (materiais e serviços) e informações.
- Tem por objetivo fornecer valor elevado aos consumidores, através do uso apropriado dos recursos organizacionais, construindo vantagem competitiva para a cadeia como um todo. Para isso, é essencial a determinação de quais são os membros essenciais para o sucesso da empresa e da cadeia de suprimento e, assim, atribuir-lhes especial atenção. Todo esse cuidado diz respeito ao aumento do valor agregado ao produto oferecido, de modo que

seja devidamente percebido pelo consumidor final. A importância do valor dentro da cadeia de suprimentos é enfatizada por Turban *et al.* (2004):

O fluxo de mercadorias, serviços, informação e recursos financeiros é normalmente estruturado não apenas para transformar efetivamente materiais brutos em produtos acabados e serviços, mas igualmente para fazer tudo isso com eficiência. Especificamente, o fluxo deve ser seguido de um aumento de valor, que se possa analisar conforme a cadeia de valor. Agregar valor ao longo da cadeia de suprimentos é essencial para o crescimento da competitividade ou até mesmo para a própria sobrevivência da empresa.

2.2. Gestão de armazenagem

Diante das atuais transformações do mercado, a atividade de Armazenagem vem ganhando, cada vez mais, importância dentro da cadeia de suprimentos. É através do gerenciamento, de forma eficiente e eficaz, do processo de armazenagem que se torna possível melhorar a integração com os demais processos da organização, reduzir custos e otimizar o atendimento ao cliente.

A gestão de armazenagem engloba o fluxo de produtos e informações desde o recebimento do produto num centro de armazenagem, sua movimentação e estocagem até a separação e expedição do pedido para um cliente.

Notadamente, uma das estratégias mais utilizadas pelas empresas, a fim de atingir os seus objetivos logísticos, é a adoção de novos sistemas de informação aplicados à gestão da armazenagem.

2.3. Importância da TI

Hoje em dia, a tecnologia de informação tornou-se um instrumento de diferenciação entre as empresas, em um ambiente cada vez mais competitivo, na busca do melhor atendimento ao cliente. Dessa forma, segundo Barros (2005), cada vez mais as empresas procuram alternativas para facilitar o gerenciamento de suas atividades, visando aumentar o controle e obter informações precisas que possam de fato agilizar a tomada de decisões e, conseqüentemente, melhorar o nível de serviço prestado.

2.3.1.

Papel da TI no gerenciamento da cadeia de suprimento

A base do gerenciamento logístico integrado está na ligação entre cada fase do processo, sendo que na medida em que os materiais e produtos se deslocam em direção ao cliente, os princípios da otimização devem ser adotados. A regra é maximizar o serviço ao cliente, ao mesmo tempo em que se minimizam os custos e se reduzem os ativos detidos no fluxo logístico (CARNEIRO e ARAÚJO, 2003). Neste contexto, a tecnologia da informação assume posição estratégica, já que o fluxo dinâmico de informações entre os elos da cadeia de suprimentos aumenta consideravelmente a sua eficiência (TURBAN *et al.*, 2004).

Diversos autores argumentam que as empresas devem lançar mão da tecnologia da informação, como um dos direcionadores críticos do sucesso da implantação do SCM, para desenvolver novas formas de comunicação e parceria. Neste mesmo entendimento, Novaes (2007) afirma que para implementação do SCM são necessários altos investimentos em tecnologia da informação, já que em muitos casos as empresas possuem sistemas autônomos que não conversam entre si e que são utilizados nas atividades rotineiras de operação e de controle. A realidade obriga as organizações a terem sistemas integrados de gestão, os quais representam uma das principais ferramentas para a implantação do SCM.

Isto posto, Naim *et al. apud* Carneiro e Araújo (2003) alertam que o processo de implantação do SCM equivale a uma reengenharia da cadeia de suprimentos. Para estes autores, os passos para a implementação de uma reengenharia na cadeia de suprimento são a análise da cadeia, sua simplificação, integração, automação e otimização. Sendo assim, a implantação de um sistema de informação deve ser o último passo e não o primeiro.

2.3.2.

Sistemas de Informação

O amplo desenvolvimento da Tecnologia da Informação nos últimos anos contribuiu para o surgimento de sistemas de informação que vêm oferecendo às organizações oportunidades sem precedentes para a melhoria dos processos internos e dos serviços prestados ao consumidor final. Como exemplos destes sistemas utilizados, podemos citar o *Enterprise Resource Planning* – ERP (Sistema de Gestão Integrada); o *Warehouse Management System* – WMS (Sistema de Gestão de

Armazém); *Order Management System* – OMS (Sistema de Gestão de Pedidos); *Automatic Identification* – Auto ID (Identificação Automática – Código de Barras); o *Radio Frequency Identification* – RFID (Identificação por Radiofrequência); e o Rastreamento de Frotas com Tecnologia GPS (*Global Positioning System*).

2.3.2.1.

Sistema de Gestão Integrada – ERP

Geralmente, em cada empresa, vários sistemas foram desenvolvidos para atender aos requisitos específicos das diversas unidades de negócio, plantas, departamentos e escritórios. Esta fragmentação da informação gerou dificuldade de obtenção de informações consolidadas e inconsistência de dados redundantes armazenados em mais de um sistema. O sistema ERP soluciona esses problemas ao agregar, em um só sistema integrado, funcionalidades que suportam as atividades dos diversos processos de negócio das empresas (SOUZA *et al.*, 2005).

O conceito de ERP pode ser definido através de uma análise da evolução dos sistemas MRP (*Material Resource Planning* – Planejamento de Recursos de Manufatura). Inicialmente o MRP atendia apenas as necessidades de informação referentes ao cálculo da necessidade de materiais. Nele, foram sendo agregados outros valores, passando a atender às necessidades de informação para a tomada de decisão gerencial sobre outros recursos de manufatura. O MRP, então, transformou-se no MRP II.

Tendo como ponto de partida as necessidades geradas pela evolução dos mercados e, conseqüentemente, das empresas, visando ampliar a abrangência dos produtos vendidos, os fornecedores de sistemas desenvolveram mais módulos, incorporando novas funções aos sistemas, tais como o gerenciamento dos recursos humanos, vendas, distribuição, finanças e controladoria. A este novo modelo de sistemas, que não atuam somente no planejamento, mas controlam e fornecem suporte a todos os processos operacionais, produtivos, administrativos e comerciais da empresa, capazes de suportar as necessidades de informação para todo o empreendimento, foi dado o nome de ERP.

Para Centola e Zabeu *apud* Mendes e Filho (2002), o ERP fornece informações geradas a partir do processo operacional, para otimizar o dia-a-dia da empresa, permitir um planejamento estratégico mais seguro e garantir a flexibilidade

para evoluir. Ao adotar um ERP, o objetivo básico não é colocar o *software* em produção, mas melhorar os processos de negócios usando tecnologia da informação. Mais do que uma mudança de tecnologia, a adoção desses sistemas implica um processo de mudança organizacional (LIMA *et al. apud* MENDES e FILHO, 2002).

O sistema ERP permite que as empresas possuam uma maior sinergia entre os seus processos, estabelecendo um fim à colcha de retalhos que caracteriza muitos sistemas corporativos, com programas redundantes, sem integração, como se existissem várias ilhas informatizadas e independentes, tornando a consolidação dos dados demorada e ineficiente. Dessa forma, um benefício da implantação desse sistema é a adoção de melhores práticas de negócio, suportadas pelas funcionalidades dos sistemas, que resultam em ganhos de produtividade e economia para a empresa, bem como em maior velocidade de resposta da organização. Para Miltello *apud* Mendes e Filho (2002), com o ERP, os processos são documentados e contabilizados, gerando regras de negócio bem definidas e permitindo que os pontos críticos do negócio possam ser controlados com mais rigor.

A utilização de sistema ERP também proporciona a otimização do fluxo de informações, permitindo o acesso aos dados operacionais em tempo real, o que contribui para a adoção de estruturas organizacionais mais achatadas e flexíveis. Além disso, a consulta à informação realizada em um único banco de dados centralizado confere confiabilidade e integridade ao sistema.

2.3.2.2.

Sistema de Gerenciamento de Armazém – WMS

Através de uma eficiente administração da armazenagem é possível a redução de estoques, a otimização da movimentação e da utilização do armazém, o atendimento rápido ao cliente e à linha produtiva, a diminuição do índice de material obsoleto, precisão e acuracidade das informações.

Para alcançar estes objetivos, dada a TI como vetor viabilizador, foram criados os Sistemas de Gerenciamento de Armazém (*Warehouse Management Systems – WMS*), *softwares* que recebem as informações pertinentes ao armazém e, de acordo com as necessidades da organização, geram respostas para uma melhor movimentação, armazenagem, separação e expedição dos produtos (VERÍSSIMO e MUSSETI, 2003). A implantação deste sistema de gerenciamento de ar-

mazém é, na verdade, uma reação às demandas de um novo ambiente de negócios, nos quais os clientes estão cada vez mais exigentes. O estabelecimento de lotes cada vez menores, uma maior frequência dos pedidos, a exigência de menores prazos de atendimento e uma menor tolerância a erros de separação causam aumento de custos logísticos que obrigam os responsáveis pelos depósitos, armazéns e grandes centros de distribuição (CD) a buscarem soluções de processos que possa otimizar a atividade de armazenagem (BARROS, 2005).

O sistema de gerenciamento de armazém originou-se da evolução dos antigos sistemas de controle de armazéns – WCS (*Warehouse Control Systems*). Algumas funções adicionais foram sendo agregadas à medida que o WCS evoluía de um simples sistema de controle para um sistema mais complexo, capaz de emitir sugestões ou realizar cálculos (BARROS, 2005). A necessidade de se melhorar os fluxos de informação e de materiais dentro de um depósito, armazém ou CD, tendo como resultados principais a redução de custos, a melhoria na operação e o aumento do nível de serviço prestado aos clientes foram cruciais para o surgimento do WMS.

De acordo com Banzato (1998), um WMS é um sistema de gestão de armazéns, que otimiza todas as atividades operacionais (fluxo de materiais) e administrativas (fluxo de informações) dentro do processo de armazenagem, incluindo recebimento, inspeção, endereçamento, estocagem, separação, embalagem, carregamento, expedição, emissão de documentos, inventário, entre outras, que integradas atendem às necessidades logísticas, maximizando os recursos e minimizando desperdícios de tempo e de pessoas.

O gerenciamento de depósitos e armazéns, ou WMS, para Arbache, Santos, Montenegro e Salles (2004), agiliza o fluxo de informações dentro de uma instalação de armazenagem, melhorando a operacionalidade da armazenagem e promovendo a otimização do processo, pelo gerenciamento eficiente de informação e recursos, permitindo à empresa tirar o máximo proveito dessa atividade.

Para Arozo (2003), os sistemas de WMS são responsáveis pelo gerenciamento da operação do dia-a-dia de um armazém. Apesar de possuírem alguns algoritmos, sua utilização está restrita a decisões totalmente operacionais, tais como: definição de rotas de coleta, definição de endereçamento dos produtos, entre outras.

Segundo Rago (2002), o WMS é o sistema de informações que planeja, programa e controla as operações do armazém. Abrange todas as funções, desde a chegada do veículo ao pátio, o recebimento dos materiais, passando pela estocagem, separação de pedidos, reposição e controle de estoques, inventário, programação e controle de embarque e liberação de caminhões.

De acordo com Franklin (2003), em geral, espera-se que um WMS:

- Dê apoio à estratégia de logística operacional;
- Apóie simultaneamente o fluxo de material e de informação;
- Aumente a intensidade destes fluxos, garantindo a acuracidade;
- Seja flexível, possibilitando expansões e mudanças futuras;
- Reflita a cultura operacional da empresa e possibilite evoluções; e
- Esteja alinhado com os programas e objetivos financeiros.

Consonante aos preceitos acima expostos, pode-se afirmar que um WMS possibilita a otimização operacional através do aumento da produtividade, otimização dos espaços e melhoria da utilização dos recursos (equipamentos de movimentação e estocagem). Esses benefícios decorrem dos seguintes aspectos proporcionados pelo WMS, conforme apresentado em Banzato (1998):

- Controle Operacional (o WMS fornece as tarefas a serem feitas);
- Redução do tempo perdido com esperas;
- Redução do tempo morto dos recursos de movimentação;
- Otimização do percurso de separação de pedidos;
- Estocagem otimizada através de uma localização pela curva ABC de giro;
- e
- Aumento da densidade de estocagem, diminuindo distâncias a serem percorridas.

Outro benefício associado ao WMS é a disponibilidade online da real quantidade em estoque. Funcionando em tempo real, um WMS pode apoiar reduções nos lead times tanto para o processamento de pedidos quanto para o gerenciamento de inventário. Esses benefícios, por sua vez, podem proporcionar um me-

lhor nível de serviço ao cliente e um giro mais rápido do estoque, podendo, assim, ser traduzidos em economias financeiras às operações do CD (BARROS, 2005).

Segundo Barros (2005), essa redução de custo está associada à melhoria da eficiência de todos os recursos operacionais, tais como equipamentos e mão-de-obra. Por conseguinte, a melhoria do serviço ao cliente pode ser atribuída ao fato de os erros e falhas de separação e entrega serem minimizados, bem como à agilização de todo o processo de atendimento ao cliente, combinando melhorias do fluxo de materiais com melhorias no fluxo de informações.

2.4. Identificação por radiofrequência – RFID

A tecnologia RFID funciona como um sistema poderoso de aquisição de dados em tempo real, com a vantagem de eliminação de intervenções humanas manuais e visuais (RFID JOURNAL, 2010b), que utiliza a radiofrequência para o intercâmbio de dados, permitindo identificar, rastrear e gerenciar desde produtos e documentos até animais ou mesmo indivíduos (MILLER, 2000; STANTON, 2004).

A RFID tem mais de 50 anos, conforme pode ser observado no Apêndice deste estudo, mas só recentemente as organizações demonstraram-se interessadas em seu potencial para melhorar os processos de negócio e atividades.

Em diferentes segmentos a tecnologia RFID provê uma melhor rastreabilidade, visibilidade e compartilhamento de informações entre parceiros comerciais a respeito dos ativos dentro de cada etapa do processo de fabricação, transporte e armazenamento em uma cadeia de suprimento. Por estes motivos, nota-se que muitos dos principais varejistas, tais como o *Wal-Mart*, *Tesco* e *Albertson*, bem como o Departamento de Defesa Americano, têm exigido dos seus fornecedores a implementação da tecnologia RFID (SARI, 2010).

2.4.1. RFID x Código de Barras

Segundo Freiburger e Bezerra (2010), a necessidade de identificação automática de produtos é antiga, justificada pela demora em se digitar o número de um produto, e pela possibilidade de erros nessa digitação. Pode-se facilmente imaginar o trabalho e os erros que seriam gerados se todos os produtos de um

mercado, por exemplo, tivessem que ser manualmente digitados no momento do seu pagamento. Foi nesse contexto que surgiu o código de barras, que nada mais é do que a representação gráfica de um número, através de barras paralelas contrastantes.

Porém, a impossibilidade de alteração de dado contido em seu código tornou-se o seu maior obstáculo. Uma vez impresso, não é possível alterá-lo para uma segunda utilização. A resposta foi utilizar chips de silício para armazenar os dados, tornando possível o transporte das informações. Isso foi possível com o desenvolvimento dos *Smart Cards*. Porém, é uma tecnologia que exige praticamente o contato para leitura (INTERMEC, 2009).

Em 1999, foi iniciado o desenvolvimento das “*Intelligent Tags*” (etiquetas inteligentes) pelo consórcio Auto ID Center. A informação encontrada nas etiquetas inteligentes difere do código de barras, pois contém o *Electronic Product Code* ou Código Eletrônico do Produto (EPC).

O EPC define uma nova arquitetura que utiliza recursos oferecidos pela tecnologia de radiofrequência, e serve de referência para o desenvolvimento de novas aplicações. O EPC utiliza um padrão de identificação geral da organização EPCglobal, que contém 96 bits de informações em cada código, sendo um primeiro campo com 28 bits que identificam a organização ou companhia, o segundo com 24 bits para a classe do produto dentro de outros grupos, o terceiro com 36 bits de números de série para identificação única do produto, e o quarto e último campo com 8 bits que garantem que o código de EPC seja único. Esses 96 bits permitem a criação de aproximadamente 31×10 diferentes combinações (THORNTON *et al. apud* SERDOZ, 2007).

O esquema a seguir demonstra a diferença entre o código de barras e o EPC.

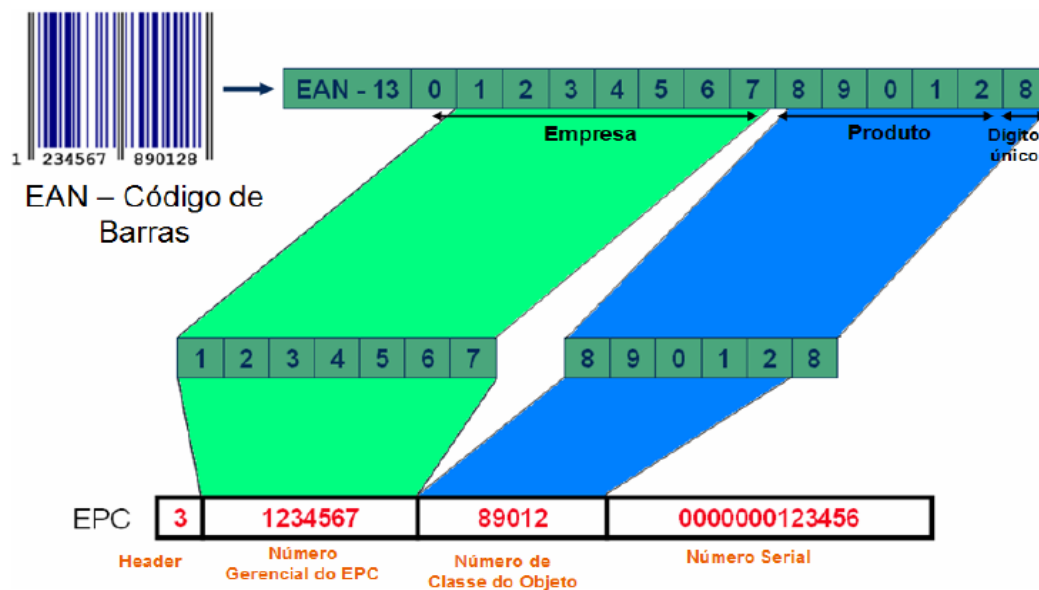


Figura 2: Diferença entre o código de barras e o EPC
 Fonte: Serdoz (2007).

A tecnologia de RFID está classificada na categoria mais ampla de tecnologia de identificação automática. Ela não tem a pretensão de substituir o código de barras em todas as suas aplicações, devendo ser vista como um método adicional de identificação, utilizado em aplicações onde o código de barras e outras tecnologias de identificação não atendam a todas as necessidades. Cada tipo de identificação tem suas vantagens e o que se precisa é saber aproveitar os melhores benefícios de cada tecnologia para montar uma solução ideal. Por exemplo, segundo Roh *et al.* (2009), a *Gillette Company*, antes de usar RFID, teve de digitalizar suas lâminas de barbear 5 vezes durante o seu movimento a partir da fábrica para um centro de embalagem. Alguém tinha de contar o número de caixas em cada palete para se certificar do produto certo. O sistema RFID, projetado para captura de dados sem a interferência humana, eliminou essa conferência, aumentando a eficiência operacional em 400%. Outros casos de aplicação da tecnologia RFID serão discriminados mais adiante.

Os aspectos mais importantes que diferenciam a etiqueta inteligente do código de barras estão dispostos na Tabela 1:

Tabela 1: Diferenças entre sistemas com código de barras e RFID

ATRIBUTOS	CÓDIGO DE BARRAS	RFID
Sistema de identificação automática	Utiliza luz óptica.	Utiliza radiofrequência.
Leitura	<p>Precisa de campo visual direto para realizar a leitura (PINHEIRO <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i>, 2005).</p> <p>Leitura individual (FIGUEIREDO <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i>, 2005).</p> <p>Maior tempo de Digitalização de dados: 1000 itens em 33 min. (20 vezes mais tempo que o RFID) (ROH <i>et al.</i>, 2009).</p>	<p>Sem necessidade de contato físico ou visual direto, podendo ler através de diversos materiais como plásticos, madeira, vidro, papel, cimento etc. (PINHEIRO <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i>, 2005).</p> <p>Várias etiquetas podem ser lidas simultaneamente (FIGUEIREDO <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i>, 2005).</p> <p>Menor tempo de Digitalização de dados: 1 min. e 40 s para digitalização de 1000 itens (ROH <i>et al.</i>, 2009).</p>
Possibilidade de Escrita	Não permite a inclusão de novos dados (FIGUEIREDO <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i> , 2005).	<p>Pode ser escrito inúmeras vezes.</p> <p>Pode permitir a inclusão de novos dados para posterior recuperação por parte dos leitores (SRIVASTAVA <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i>, 2005).</p>
Captura	Maior tempo de resposta (PINHEIRO <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i> , 2005).	Menor tempo de resposta, 100 ms (PINHEIRO <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i> , 2005).
Capacidade de armazenamento	No código de barras há 14 campos disponíveis para se preencher com letras, números e símbolos (BARROS <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i> , 2005).	<p>Um chip de radiofrequência tem 96 campos. Mais campos significa mais combinações para identificar cada produto (BARROS <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i>, 2005).</p> <p>O EPC utiliza um padrão de identificação geral da organização EPCglobal, que contém 96 bits de informações em cada código. Esses 96 bits permitem que sejam criadas aproximadamente 31 x 10 diferentes combinações (THORNTON <i>et al.</i> <i>apud</i> SERDOZ, 2007).</p>
Resistência	<p>Exige ambiente apropriado.</p> <p>Código de barras não é eficiente em ambientes insalubres (SOUZA <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i>, 2005).</p>	<p>Oferece resistência química, de temperatura e mecânica.</p> <p>Permite a codificação em ambientes insalubres (SOUZA <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i>, 2005).</p>
Padronização	Possui padrões bem definidos e aceitos internacionalmente.	Ainda não existe uma padronização definida. Falta de um padrão unificado (PRADO <i>et al.</i> , 2006; HESSEL, 2005).

Vida Útil	Baixa.	As etiquetas ativas estão limitadas a uma vida útil de 10 anos (PRADO <i>et al.</i> 2006). Já as etiquetas passivas possuem vida útil ilimitada (HESSEL e AZAMBUJA, 2009).
Reutilização	A etiqueta uma vez definida, é impressa e fixada uma única vez no objeto ou produto que se deseja identificar (FREIBERGER e BEZERRA, 2010).	Etiquetas com possibilidade de reutilização (FREIBERGER e BEZERRA, 2010).
Segurança	Baixa segurança (FREIBERGER e BEZERRA, 2010).	Acesso aos dados pode ser protegido. Alta segurança (FREIBERGER e BEZERRA, 2010).
Custo Inicial	Mais barato (SRIVASTAVA <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i> , 2005).	Mais caro (SRIVASTAVA <i>apud</i> SCAVARDA <i>et al.</i> , 2005).

Fonte: Autor.

2.4.2. Teoria da Operação

Nos sistemas RFID há uma configuração básica, composta por três componentes principais, que são:

- Etiqueta ou *Tag* – Consiste de um microchip (*transponder*) ligado a uma antena, montada sobre um substrato (RFID JOURNAL, 2010b);
- Leitor ou *Transceiver* – É um dispositivo que tem uma ou mais antenas que emitem ondas de rádio e recebem sinais de volta da etiqueta, passando, então, a informação em formato digital a um sistema de computador (RFID JOURNAL, 2010b); e
- Antenas – As antenas (ou bobina) são fabricadas em diversos formatos e tamanhos com configurações e características distintas, cada uma para um tipo de aplicação.

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam exemplos dos componentes básicos do sistema RFID.



Figura 3: Exemplos de Tag
Fonte: Google (2010)



Figura 4: Exemplos de Leitores
Fonte: Google (2010)



Figura 5: Exemplos de Antenas
Fonte: Google (2010)

Um sistema RFID digital opera como um sistema poderoso de aquisição de dados em tempo real. Porém, para ser explorado, é necessário que a informação adquirida seja processada rapidamente e repassada a outro sistema que dela venha a fazer uso. Assim, associada à tecnologia RFID, existe uma forte demanda de

tecnologia da informação (TI) para processamento, armazenamento e análise dos dados gerados (HESSEL *et al.*, 2009).

O funcionamento de um sistema RFID consiste, inicialmente, nas gravações nos *tags* de informações sobre a identificação de um objeto, que são incorporados à objetos (caixas, paletes, contêineres, veículos, pessoas, ativos ou máquinas) que se movimentam ou estão dispostos ao longo da cadeia de suprimentos.

Em seguida, o leitor gera um campo de leitura através da emissão de radio-freqüência, utilizando antena(s) conectada(s) a ele, em busca de objetos a serem identificados. Quando a etiqueta inteligente entra em seu campo de ação, ocorre um acoplamento entre ela e a antena. O *tag* então reflete uma parte desta radiofreqüência de volta para a(s) antena(s), que a entrega ao leitor, transmitindo os dados armazenados no *tag* do objeto. Como a etiqueta não possui nenhum dispositivo interno para energizá-la, e seu sinal é refletivo, e não transmitido, o termo passivo é bastante apropriado para esta descrição.

Após uma filtragem de informações, o leitor se conecta a uma base de dados ou sistema de gerenciamento, enviando, via *middleware*, os dados a serem utilizados pelos sistemas corporativos. Segundo Machado *et al.* (2009), o *middleware* RFID é empregado com o propósito de integrar dados aos processos de negócios, sendo responsável por coletar dados de vários leitores, filtrá-los e transformá-los em eventos com semântica de negócio que rege o processo de uma empresa

A Figura 6 apresenta o funcionamento de um sistema RFID.

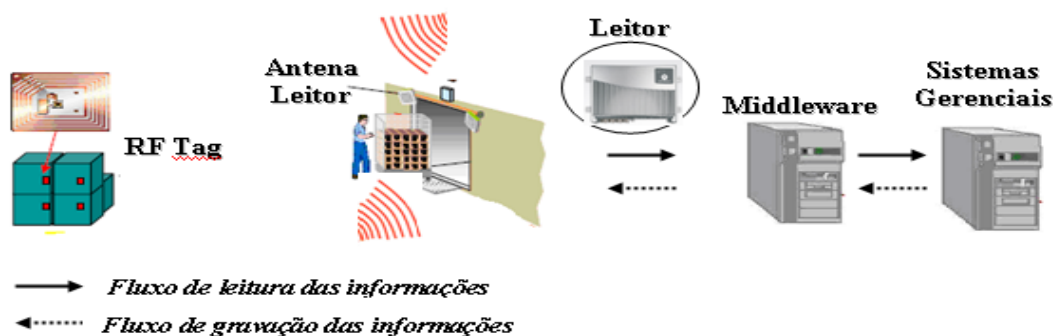


Figura 6: Funcionamento de um sistema RFID

Fonte: Autor

Insta ressaltar que outro importante elemento para o funcionamento de um sistema RFID é a freqüência de operação entre a etiqueta ao leitor. A seleção da

freqüência específica é determinada pela exigência da aplicação, tais como velocidade e condições ambientais.

Um dos sistemas de RFID mais comuns em uso hoje em dia é o EAS (*Electronic Article Surveillance*), que nada mais é do que o sistema anti-furto muito utilizado por loja de departamento. O EAS é uma forma simples de RFID. O *tag* consiste de um diodo capacitivo conectado a uma antena dipolo que é sincronizada para a freqüência da portadora do transmissor. Esta freqüência é geralmente 915 Mhz, 2,4 Ghz ou 5.6 Ghz. Neste sistema a amplitude do transmissor modula a portadora com um sinal de 1 Khz. Quando o *tag* entra no campo de radiofreqüência ela transmite uma portadora na segunda harmônica, que também é modulada em 1Khz. O sistema leitor recebe o sinal e soa o alarme (INTERMEC, 2009).

2.4.3. Componentes RFID

2.4.3.1. Antenas

As antenas são importantes componentes do sistema. Elas são os condutores da comunicação de dados entre a etiqueta e o leitor. De acordo com Barbin (2009), a antena emite um sinal de rádio, que ativa o *tag* RFID, realizando a leitura ou escrevendo algo. Na realidade, ela servirá como o meio capaz de fazer o *tag* trocar ou enviar as informações ao leitor.

O estilo da antena e o posicionamento representam um fator significativo na determinação da área de cobertura e desempenho na comunicação (COONEY *apud* BARBIN, 2009).

Ainda segundo Barbin (2009), os leitores fixos normalmente podem suportar de uma a quatro antenas com uma variedade de configurações. Configurações para uma ou duas antenas são típicas para instalações tipo esteira, onde produtos são transportados e devem ter as informações de suas etiquetas capturadas pelas antenas do leitor. A configuração de quatro antenas é muito utilizada em ambiente onde portais de leitura são montados, com os produtos passando entre as hastes do portal, montados em formato de túnel.

É necessário levar em consideração a natural perda de sinal no cabo, o que pode limitar a distância máxima entre cada antena até o equipamento leitor. As

distâncias máximas entre antenas e leitor poderão variar muito de acordo com o tipo de cabo e interferências no ambiente, mas, normalmente, cabos com até dois metros de comprimentos estão livres de maiores problemas (BARBIN, 2009).

Alguns leitores usam uma antena para transmitir e outra para receber. Neste tipo de configuração, a direção do movimento da etiqueta pelos campos do leitor é especialmente importante. Para Barbin (2009), se a antena de transmissão estiver à frente da antena de recepção, essa terá uma quantidade maior de tempo para receber sinais das etiquetas, o que significa que há uma chance maior de que a etiqueta seja lida.

As antenas podem ser de leitura linear ou circular. As antenas de leitura linear oferecem um alcance maior do que a antena de leitura circular. Ao mesmo tempo, uma antena linear apresentará resultados de leitura menos precisos em aplicação onde a orientação da antena de uma etiqueta, com relação à antena do leitor, varia aleatoriamente. Isso faz com que a antena linear se torne mais adequada em aplicações onde a orientação de um item etiquetado seja sempre a mesma (BARBIN, 2009).

2.4.3.2. Etiquetas

A Etiqueta ou *Tag* RFID, também conhecida como *transponder* (*transmitter + responder*), contém, dados que são transmitidos ao leitor no momento que é interrogada. O propósito de uma etiqueta RFID é anexar fisicamente dados sobre um objeto, ou mesmo sobre seres vivos, como é o caso das etiquetas que identificam bovinos através de um “brinco” RFID (HESSEL e AZAMBUJA, 2009).

Uma etiqueta apresenta os seguintes componentes básicos:

- O circuito integrado (CI) com memória: essencialmente um *microchip*, é responsável pelo armazenamento e processamento de dados (PRADO *et al.*, 2006). Recebe energia das ondas de radiofrequência capturada pela antena e as modula por dispersão refletida (*Bakscatter Modulation*) para comunicar-se com o leitor (HESSEL e AZAMBUJA, 2009). A memória pode ser (HESSEL e AZAMBUJA, 2009; PRADO *et al.*, 2006): Somente leitura – *Read Only* (RO) – utilizada para um único número serial escrito na fase de produção, tornando-a à prova de adulteração; Uma Gravação /

Várias Leituras – *Write Once/Read Many* (WORM) – a capacidade de gravar os dados apenas uma vez torna a etiqueta à prova de adulteração, mas oferece a flexibilidade de gravação dos dados depois da fabricação da etiqueta, o que pode reduzir significativamente os custos de produção; Leitura / Gravação – *Read/Write* (RW) – a mais flexível, mas vulnerável à adulteração e sobreposição de dados. De forma geral, a capacidade de receber novos dados na memória aumenta o custo de uma etiqueta. Algumas etiquetas podem ser bloqueadas ou desbloqueadas com senhas, e algumas podem permanecer permanentemente bloqueadas o que resolve a vulnerabilidade das etiquetas RW em relação à segurança. As configurações da memória podem variar de 16 bits a várias centenas de Kbits de armazenamento e são definidas pelas exigências das aplicações (PRADO *et al.*, 2006).

- Antena (ou elemento de acoplamento): recebe e transmite as ondas de radiofrequência. A antena energiza a etiqueta absorvendo a energia do campo de radiofrequência do equipamento leitor e com isso pode inicializar o processamento do *chip*. Esse processamento é denominado acoplamento devido à antena precisar estar acoplada ao campo eletromagnético emitido pelo leitor RFID. Tecnicamente, o conceito de acoplamento designa transferência de energia de um componente para outro. Nesse caso, do ar para a antena. O tamanho da antena afeta diretamente o tamanho da etiqueta (HESSEL e AZAMBUJA, 2009) e determina a capacidade de ler o sinal em certas distâncias (CURTIN, KAUFFMAN e RIGGINS *apud* KIM e GARRISON, 2010). Antena tipo baixa frequência e alta frequência costumam ser em formato circular. Antenas de ultra-alta frequência costumam ter mais segmento reto, gerando etiquetas em formato retangular.
- Encapsulamento: segura o circuito integrado, os conectores e as antenas das etiquetas. Este possui as funcionalidades de resistir ao meio físico, aderir ao item a ser identificado, suporte mecânico, acomodação para bateria e sensores (no caso de sistemas ativos) receberem identificação externa, proteção contra impactos, superfície para impressão e muitas outras características (LIMA JUNIOR, 2006).
- Conectores: conecta o circuito integrado à antena por meio de dois condutores, permitindo a facilidade de manuseio das etiquetas.

A seguir, as Figuras 7 e 8 apresentam como uma etiqueta é produzida e um típico *tag* RFID, respectivamente:

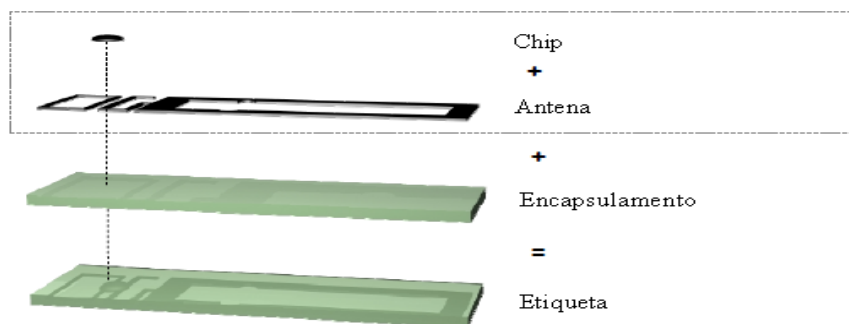


Figura 7: Produção de uma etiqueta RFID
Fonte: Intermecc (2009).

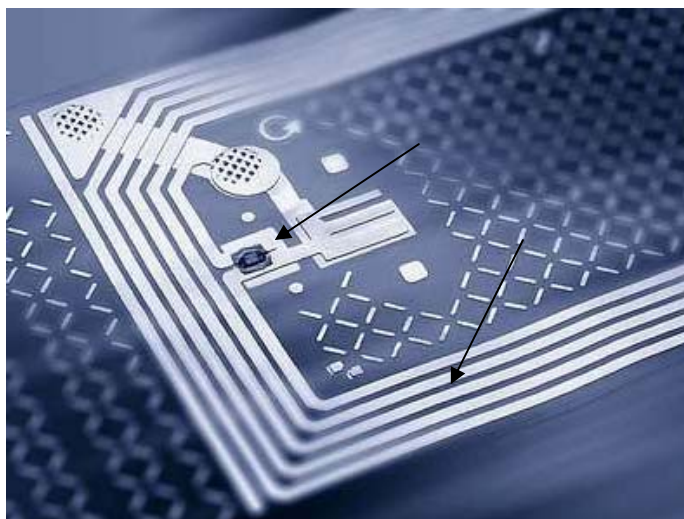


Figura 8: Etiqueta RFID
Fonte: W1.Siemens (2010)

Segundo Quental JR. (2006), os *tags* têm tanto características físicas quanto lógicas. As físicas são suas características de fabricação como, por exemplo, envólucros e encapsulamento, faixas de operação, fonte de força e capacidade de armazenamento e processamento. Já as lógicas estão ligadas como os padrões são usados para atenderem às necessidades da camada de negócios. Apenas duas características são universais a todos os *tags*: eles são anexados para identificar produtos e eles são capazes de transmitir informação através de ondas de rádio. Existem outras capacidades, mas estas não são universais, como a possibilidade de serem desligados por um comando e nunca mais responderem a um interrogador, a capacidade de serem graváveis (uma ou mais vezes), terem protocolos de anti-

colisão e encriptação e o mais importante: seguirem padrões de mercado (QUENTAL JR., 2006).

Quanto à faixa de operação, as frequências mais comuns que os *tags* usam para se comunicar com os interrogadores são:

- Baixa frequência (LF) – 30 KHz a 300 KHz;
- Alta frequência (HF) – 3 Mhz a 30 Mhz; e
- Ultra alta frequência (UHF) – 300 Mhz a 3 Ghz.

Dependendo da faixa que operam seu comportamento é diferente, por exemplo, baixas frequências, geralmente usada para controle de acesso e rastreamento de itens, são melhores para uso em meios com a presença de água, onde as frequências mais altas sofrem uma refração muito grande. Por outro lado, altas frequências tem a possibilidade de transmitir uma taxa maior de dados, além de um alcance maior.

Quanto a capacidade de armazenamento, existem *tags* vão desde o armazenamento de 1 bit, geralmente usada em dispositivos de segurança (EAS – *Electronic article surveillance*) aos *tags* com capacidade muito grande de armazenamento, porém devido à padronização, é mais comum encontrarmos *tags* com 64 e 96 bits (QUENTAL JR., 2006).

Existem etiquetas com os mais variados formatos de antenas, substratos, invólucros e *chips*, a fim de atender aos mais variados tipos de aplicação e necessidades (HESSEL e AZAMBUJA, 2009; PINHEIRO, 2004; PRADO *et al.*, 2006).

Um dos critérios iniciais para escolha sobre qual a melhor etiqueta a ser utilizada é a forma como ela poderá ser afixada ao componente a ser identificado. Consideração sobre os impactos mecânicos que as etiquetas podem sofrer, intempéries e a melhor posição dela em relação ao raio de leitura são fatores importantes a serem analisados na fase de projeto (HESSEL e AZAMBUJA, 2009).

Considerando combinações das diferentes características apresentadas pelas etiquetas como o tipo de memória, a fonte de energia e capacidade de processamento, o padrão EPCglobal define as etiquetas em uma hierarquia com cinco classes, conforme a seguir:

Tabela 2: Classe da Etiqueta EPCglobal

Classes	Descrição
Classe 0	Passivas, apenas de leitura.
Classe 1	Passivas, com possibilidade de escrita (única).
Classe 2	Passivas, grava uma vez com funcionalidades adicionais, como encriptação.
Classe 3	Regravável, semi-passiva, sensores integrado.
Classe 4	Regravável, ativa, comunicação ponto a ponto entre duas etiquetas na mesma banda de frequência e se comunica com outros leitores.
Classe 5	Essencialmente os leitores podem energizar e ler etiquetas das classes 1, 2 e 3 a se comunicar com <i>tags</i> classes 4 e 5.

Fonte: Adaptação Glover e Bhatt (2007).

Quando uma etiqueta é interrogada por um leitor, os dados de sua memória são recuperados e transmitidos. Para que a *microchip* da etiqueta execute qualquer tipo de processamento, mesmo que seja apenas responder ao leitor, é necessária uma fonte de energia que alimente seus circuitos. Weis (2003) usa a fonte de energia como chave para classificação das etiquetas eletrônicas em três tipos:

- Passivas

As etiquetas passivas se caracterizam por não necessitarem de baterias internas. Hessel e Azambuja (2009) afirmam que elas precisam estar na presença do campo eletromagnético do leitor, sendo alimentadas pela energia desse campo magnético. O sinal inicial do leitor faz com que apareça uma corrente elétrica na etiqueta e assim o circuito integrado (CI) a utiliza para habilitar as funções de leitura, escrita e transmissão.

Todas as etiquetas passivas (e semi-passivas) empregam uma única técnica de comunicação para evitar a necessidade de um transmissor. Ao invés de transmitirem o seu próprio sinal, as etiquetas se acoplam ao sinal transmitido pelo leitor. O tipo de acoplamento que uma etiqueta utiliza afeta diretamente a faixa de leitura entre a etiqueta e o leitor. Segundo Hessel e Azambuja (2009), as faixas de leitura podem ser classificadas em

próxima (dentro de 1cm); remota (de 1cm a 1m); e faixa longa (mais de 1m).

As etiquetas passivas podem operar em Baixa frequência, Alta frequência e Ultra alta frequência. Sistemas de Baixa frequência, geralmente, operam em 124 Khz, 125 Khz ou 135 Khz. Sistemas de Alta frequência fazem uso de 13,56 Khz. Sistema de Ultra alta frequência utilizam-se da banda de 860 a 960 Mhz. Alguns sistemas também utilizam 2,45 Mhz e outras áreas do espectro eletromagnético (RFID JOURNAL, 2009f).

As desvantagens das etiquetas passivas são o alcance restrito de leitura, possuindo um alcance muito mais curto que um *tag* ativo – alguns centímetros a 30 metros; e a necessidade de uma alta potência do leitor.

Como as etiquetas passivas são muito fáceis de fabricar, pela simplicidade e pela baixa quantidade de componentes e a não existência de uma fonte de alimentação, elas são dispositivos mais econômicos (US\$ 0,30 a 0,60). Adicionado ao fato de possuir uma longa vida útil, essas etiquetas são consideradas a primeira opção por muitas empresas (HESSEL e AZAMBUJA, 2009; KIM e GARY, 2010; PRADO *et al.*, 2006).

- Semi-passivas

As etiquetas semi-passivas, são híbridas das tecnologias das etiquetas ativas e passivas. Esse tipo de etiqueta possui uma bateria de baixo custo que é usado para alimentar os circuitos elétricos internos, porém não possui transmissor. Segundo Hessel e Azambuja (2009), essas etiquetas apenas operam quando recebem uma potência do leitor, ou seja, não estão permanentemente ativas, necessitando receber um sinal elétrico proveniente de uma antena para começar uma transmissão.

A potência da bateria das etiquetas semi-passivas evita a falha de potência do sinal do leitor e pode ser mais resistente à interferência do que as etiquetas passivas. O sinal de transmissão que enviam para o leitor é mais forte, conseguindo transmitir a distâncias maiores.

As etiquetas semi-passivas são de tamanhos variados dependendo do alcance e da sua funcionalidade. Devido a sua bateria interna, são mais

espessas do que as etiquetas passivas, e sua bateria precisa ser monitorada e eventualmente trocada (HESSEL e AZAMBUJA, 2009).

- Ativas

As etiquetas ativas possuem um transmissor e uma bateria interna que fornece energia para a comunicação entre o *tag* e o leitor, melhorando significativamente o alcance (COONEY *apud* HESSEL e AZAMBUJA, 2009). Da mesma forma que as etiquetas semi-passivas, as baterias internas têm que ser monitoradas e eventualmente trocadas.

Para Asif e Mandviwalla *apud* Kim e Garrison (2010), quanto maior a faixa de frequência maior o alcance de leitura, no entanto existe mais oportunidade para a degradação do desempenho. Assim, as etiquetas ativas podem transmitir seus dados em longo alcance, a algumas dezenas de metros. Devido ao fato de possuir uma bateria, Prado *et al.* (2006) preceituam que o tempo de vida útil da etiqueta ativa está limitado há no máximo 10 anos, dependendo de seu uso e condições operacionais, como temperatura e tipo de bateria.

Geralmente, as etiquetas ativas são utilizadas em soluções RFID mais complexas, nas quais as condições ambientais e os requisitos das aplicações exigem uma comunicação mais robusta entre etiqueta e leitor (HESSEL e AZAMBUJA, 2009), possibilitando armazenar uma quantidade de informação maior do que as etiquetas passivas e semi-passivas.

2.4.3.3. Leitor

Um leitor (ou interrogador) RFID constitui-se em um sofisticado equipamento de rádio, que possui as seguintes partes físicas integrantes (Figura 9):

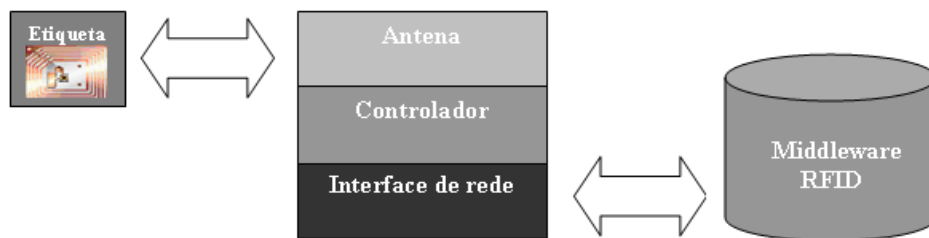


Figura 9: Partes físicas integrantes do Leitor

Fonte: adaptação Hessel e Azambuja (2009)

Para Weis *apud* Prado *et al.* (2006) a função do leitor é obter informações das etiquetas que estão associadas a objetos físicos e fazer a interface com bancos de dados ou outras aplicações que usam as informações obtidas.

O leitor emite frequências de rádio continuamente, sinais de interrogação, dispersas em diversos sentidos no espaço, desde alguns centímetros até alguns metros, dependendo da saída e da frequência de rádio utilizada. Os leitores devem estar estrategicamente localizados para interrogar as etiquetas quando seus dados forem necessários (WEIS *apud* PRADO *et al.*, 2006), que por sua vez, enviará o sinal de volta para o leitor com as informações contidas na sua memória (KIM e GARRISON, 2010). Por apresentar essa característica, esse equipamento não precisa de campo visual para realizar a leitura da etiqueta, podendo ler através de diversos materiais como plásticos, madeira, vidro, papel, cimento, etc.

Quando a etiqueta passa pela área de cobertura da antena, o campo magnético é detectado pelo leitor. O leitor então decodifica os dados que estão codificados na etiqueta, passando-os para um computador realizar o processamento.

Detalhando melhor, para Hessel e Azambuja (2009) um equipamento leitor possui as seguintes características:

- É alimentado por alguma fonte de energia externa, como uma fonte ligada continuamente a uma tomada elétrica simples ou mesmo a uma bateria;
- Através dessa fonte de alimentação, o leitor consegue transmitir seus sinais de onda de rádio;
- Internamente, circuitos integrados possuem a missão de controlar o fluxo de eletricidade de forma muito específica, modulando a frequência e a amplitude das ondas geradas pelo leitor;
- Transfere o fluxo da eletricidade até a antena, através de um cabo coaxial;

- A antena é a responsável por enviar as ondas de radiofrequência que, através de modulação, carrega os dados a serem enviados até as etiquetas. Esses dados nada mais são do que seqüências de 0 e 1; e
- Após a antena do leitor receber o sinal de resposta de uma etiqueta, o leitor trata esses sinais internamente em seus *chips* interno e decodifica esses sinais em informação útil a ser transferida para um computador (que, por sua vez, irá novamente interpretar essas informações e realizar outros tratamentos de mais alto nível, tais como verificar se o código recebido é um número EPC válido ou de um produto conhecido etc.).

Quanto à mobilidade, os leitores podem ser classificados em Portátil, Posição fixa e Embarcado ou Embutido.

Os leitores portáteis possuem os mesmos recursos dos fixos, apenas a potência é menor, apresentando uma grande mobilidade e flexibilidade de uso. O usuário pode trazer o leitor próximo ao objeto de interesse e coletar todas as informações da etiqueta. Pelo tamanho reduzido, possuem antenas pequenas, o que diminui a distância máxima de leitura desses equipamentos. São muitos utilizados na leitura RFID de animais que são aplicados sob a pele ou extremamente na forma de “brincos”, na identificação de tickets em transporte público e leitura/gravação de dados em produtos em linha de produção ou depósitos. Normalmente, esses leitores portáteis possuem *display* de LCD (*liquid crystal display*) que permitem verificar os códigos lidos no momento da captura dos dados, bem como interfaces (*Bluetooth*, *Wi-Fi*, etc.) para, posteriormente, comunicar com computadores (HESSEL E AZAMBUJA, 2009).

Os leitores de posição fixa são colocados em locais específicos, como esteiras automáticas, portais ou docas de carregamento. A maioria dos modelos permite a ligação de até quatro antenas, ampliando consideravelmente a área de cobertura pela leitura de um único leitor. Eles também podem ser fixados na configuração de portal, tornando-se equipamentos móveis, para aumentar a precisão e o índice de leitura em um determinado local de passagem de matérias a serem controlados, permitindo assim que os itens com etiquetas sejam rastreados automaticamente e em tempo real. Normalmente, os leitores fixos estão continuamente ligados a computadores através de interfaces seriais ou *Ethernet*, e a cada leitura de etiqueta realizada os dados capturados são instantaneamente enviados para o

computador, que por sua vez poderá verificar a existência do código da etiqueta em banco de dados e realizar tratamento de mais alto nível com os códigos das etiquetas identificadas (HESSEL E AZAMBUJA, 2009).

Os leitores embutidos ou embarcados destinam-se a utilização acoplados a equipamentos de movimentação. Estes, segundo Hessel e Azambuja (2009), são montados em uma placa de circuito impresso de outros equipamentos ou módulos acoplados fisicamente de maneira interna, como por exemplo, um GPS, um leitor RFID e um leitor de código de barras integrados em um mesmo *hardware*.

Existem algumas especificações físicas a serem consideradas na escolha de um leitor RFID. A maioria dessas especificações é dada pelo fabricante. Para Hessel e Azambuja (2009) as informações necessárias que irão colaborar na decisão escolha do leitor correto para cada aplicação são:

- Frequência de operação;
- Protocolos suportados;
- Potência de saída das antenas;
- Número de antenas pode ser utilizado;
- Configuração de *software*; e
- Atualizações disponíveis.

Ainda segundo os mesmos autores, é importante saber como será o sistema RFID, as características desejadas para ele e o ambiente como um todo, a fim de escolher o leitor mais adequado.

De acordo com Prado *et al.* (2006), um dos aspectos mais importantes da conexão entre uma etiqueta e um leitor é a frequência em que a etiqueta opera. A escolha da frequência em que o sistema irá operar afetará a distância de leitura, interferência de outros sistemas de rádio, velocidade de transmissão de dados, e o tamanho da antena a ser usada (ACCENTURE *apud* PRADO *et al.*, 2006), além do tipo de etiqueta a ser adotada.

Segundo Prado *et al.* (2006), a taxa de transferência de dados (velocidade) entre a etiqueta e o leitor é definida pela faixa de frequência utilizada. Quando menor a frequência, mais lenta a taxa de transferência. Todavia, a velocidade não é o único aspecto a ser analisado no planejamento de uma solução RFID. As con-

dições ambientais podem desempenhar um papel significativo na determinação da frequência de operação ideal para uma aplicação em particular.

Para que as informações fornecidas pelas etiquetas sejam utilizadas, o leitor deve se comunicar com um computador. Segundo Hessel e Azambuja (2009), as conexões podem ser serial; USB; *Ethernet*; e Interfaces para conexão sem fio, tais como Wi-Fi e *Bluetooth* (caso a rede sem fio trabalhe com a mesma frequência do sistema RFID o desempenho da zona de leitura das etiquetas pode ser afetado).

2.4.3.4. Middleware

O *middleware* é um termo que aplicado à tecnologia da informação que pode ser entendido com o aquilo que liga um ambiente computacional a outro. Ele é basicamente uma ferramenta de *software* para a integração de sistemas, que é responsável por integrar as diferentes camadas que compõem o ambiente de TI: comunicação, distribuição e controle das mensagens; e processos relativos ao fluxo de trabalho. Também conhecido como *Application Infrastructure* engloba produtos como servidores de aplicações, servidores de integração e portais (QUENTAL JR., 2006).

Normalmente uma plataforma de *middleware* é específica para um domínio de aplicação, por exemplo: *middleware* para RFID, *middleware* para banco de dados de alto desempenho, *middleware* para compartilhamento de dados etc.

Integrar as leituras automatizadas de RFID aos processos de negócios geridos por sistemas ERP, WMS, dentre outros, pode ser algo complexo de ser feito devido a diversidade, qualidade de dispositivos e ao volume de dados RFID gerados por uma rede de leitores. Uma solução apropriada para estreitar essa ponte entre o mundo físico de RFID e as aplicações corporativas consiste do uso de uma plataforma de *middleware* RFID.

Uma plataforma de *middleware* RFID tem o objetivo de desacoplar das aplicações toda a complexidade de interação com a infra-estrutura física RFID e filtrar e dar semântica aos dados lido do ambiente (MACHADO *et al.*, 2009). Segundo Quental Jr. (2006), o uso do *middleware* RFID é imprescindível para reduzir o risco da integração e diminuir a complexidade da solução, tornando-a robusta e escalável. Ele representa um avanço na adoção da tecnologia, pois permite que os analistas se preocupem mais com as regras do negócio e menos com a in-

fra-estrutura, contempla a segurança, comunicação, gerenciamento e a integração com as outras aplicações. Esta ferramenta torna a integração do RFID com os sistemas legados menos trabalhosa e cara em relação às soluções tradicionais, visto que reduz o volume de informações para os sistemas de *back-office* e provê uma interface a nível de aplicação que possibilite gerenciar os leitores e obter leituras de *tags* RFID de forma fácil e pragmática

É importante ressaltar que uma aplicação não necessariamente precisa utilizar um *middleware* para interagir com a rede de leitores RFID. No entanto, isso demanda que ela implemente os protocolos de comunicação específicos de cada leitor, trate dos detalhes de envio de comandos para realizar operações de leitura e escrita em etiquetas RFID de diferentes formatos, gerencie e monitore a rede de leitores e processe todo o volume de dados gerado pela infra-estrutura RFID.

Para Machado *et al.* (2009), em um sistema de médio ou grande porte, torna-se inviável tratar todas essas questões em cada aplicação, pois isso diminui consideravelmente a produtividade, dificulta a manutenção e gera uma complexidade significativa para integrar um novo equipamento à rede.

O local de instalação e implantação de um *middleware* RFID depende das necessidades e do escopo das aplicações. Um *middleware* RFID pode ser executado em qualquer dispositivo computacional que atenda aos requisitos mínimos para sua instalação e execução, isto é, pode ser executado desde em um leitor RFID até em um *cluster* de servidores.

Para atender as necessidades comuns de diferentes aplicações RFID, é desejável que as implementações de *middleware* RFID satisfaçam os requisitos apresentados a seguir (FLOERKEMEIER *et al.* *apud* MACHADO *et al.*, 2009):

- Leitura e escritas em etiquetas RFID – As operações de leitura e escrita em RFID dependem do formato e tamanho da memória das etiquetas RFID. Um *middleware* RFID deve prover uma interface uniforme e padrão para a aplicação realizar operações de leitura e escrita em etiquetas RFID, independentemente do formato de memória e fabricante.
- Gerenciamento de configurações e falhas – A disseminação dos leitores RFID para rastreamento de ativos e a dependência que o processo de negócio pode ter em relação ao bom funcionamento desses equipamentos fazem com que a existência de um serviço de configuração remota e de

gerenciamento da rede leitores seja fundamental para o sistema como um todo.

- Agregação de dados – Sistemas RFID geram um volume de dados significativo, e esses dados podem ser agregados para gerar informações de mais alto nível para as aplicações. Por exemplo, um serviço do *middleware* poderia agregar dados RFID para detectar eventos que acusam a entrada ou saída de objeto por um portal. Isso possibilitaria uma aplicação ser notificada, com mais precisão, sobre um evento que pode desencadear uma série de outros eventos de negócio.
- Filtro de dados – Diferentes aplicações têm interesse em diferentes subconjuntos do total de dados RFID capturados, de acordo com o leitor, as antenas e etiquetas envolvidas. Em função disso, é de fundamental importância que o *middleware* disponibilize um serviço para realizar filtragens e agrupamento de dados RFID de acordo com o interesse da aplicação.
- Interpretação de dados – A partir de uma perspectiva de aplicação, é desejável que os eventos de identificação de etiquetas específicas sejam traduzidos em eventos relacionados ao contexto de negócio da aplicação. Por exemplo, ao detectar que um lote de etiquetas passou por um determinado portal, pode-se deduzir que o carregamento de um determinado produto foi finalizado.
- Disseminação de dados – As informações capturadas pelos leitores RFID são do interesse não só de uma única aplicação, mas de um conjunto de aplicações de uma organização e seus parceiros comerciais. As informações devem ser processadas pelo gerenciador de eventos e repassadas somente para aqueles que registram interesse nos dados avaliados. Devido à forma de comunicação entre as aplicações, um *middleware* deve prover suporte à comunicação síncrona baseada em eventos e comunicação síncrona baseada no modelo requisição/resposta. Além disso, *middleware* deve atender às diferentes necessidades das aplicações em relação ao atraso aceitável para entregar dos dados. Algumas aplicações necessitam receber os dados em tempo real, com pouco atraso, e outras preferem receber os dados em lote.

- Integração com sistema legado – RFID representa mais uma fonte de dados que pode ser integrada às mais diversas aplicações existente em uma corporação. Portanto, uma plataforma de *middleware* também deve prover serviços de integração que levem em conta a heterogeneidade dos sistemas legados, oferecendo interface flexível para integração com outros sistemas, de forma independente da linguagem de programação e plataforma de execução.
- Conformidade com padrões de *middleware* – Para garantir a interoperabilidade entre diferentes implementações de *middleware* RFID usada em uma cadeia de suprimento, é importante que as soluções de *middleware* implementem os padrões existentes para minimizar eventuais problema de integração e compartilhamento de informações.

2.4.4. Faixa de Frequência

A antena de uma estação transmissora de rádio irradia para o espaço sinais na forma de ondas eletromagnéticas. Assim, uma antena receptora irá captar inúmeros outros sinais além do sinal desejado. Portanto, antes de recuperar a informação contida em um determinado sinal, é necessário separá-lo. Para que isso possa ser realizado, o sinal precisa possuir algumas características que permitam distinguí-lo dos demais. Dentre estas características, pode-se destacar a faixa de frequência (NASCIMENTO *apud* FIGUEROA *et al.*, 2009).

Tabela 3: Faixas de espectro de frequências

Faixa de frequência	Comprimento de onda λ	Denominação
300 Hz – 3 KHz	100 a 1.000 km	ELF – <i>Extremely Low Frequency</i>
3 KHz – 30 KHz	10 a 100 km	VLF – <i>Very Low Frequency</i>
30 KHz – 300 KHz	1 a 10 km	LF – <i>Low Frequency</i>
300 KHz – 3 Mhz	100 m a 1 km	MF – <i>Medium Frequency</i>
3 Mhz – 30 Mhz	10 a 100 m	HF – <i>High Frequency</i>
30 Mhz – 300 Mhz	1 a 10 m	VHF – <i>Very High Frequency</i>
300 Mhz – 3 Ghz	0,1 a 1 m	UHF – <i>Ultra High Frequency</i>
3 Ghz – 30 Ghz	10 a 100 mm	SHF – <i>Super High Frequency</i>
30 Ghz – 300 Ghz	1 a 10 mm	EHF – <i>Extremely High Frequency</i>

Fonte: adaptação Figueroa *et al.*(2009)

Devido ao fato de sistemas RFID produzirem e radiarem ondas eletromagnéticas, eles são classificados como sistemas de radiofrequência (RF). Portanto, para que não haja interferências de equipamentos de segurança e outros existentes, como, por exemplo, de rádio, celular e televisão, no sistema RFID é necessária a determinação das faixas do espectro de frequência (GLOVER E BHATT, 2007).

A Figura 10 apresenta as faixas especiais das frequências mais utilizadas em RFID.

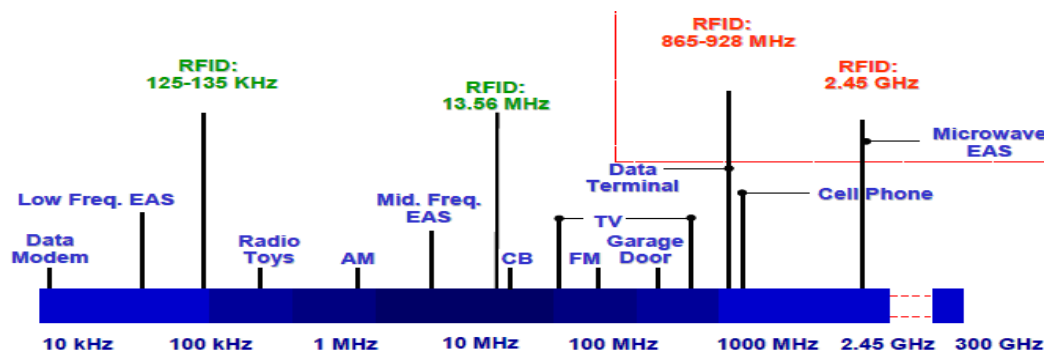


Figura 10: Faixas especiais das frequências mais utilizadas em RFID

Fonte: Intermecc, 2009.

Frequências mais altas normalmente significam antenas menores e etiquetas com tamanhos reduzidos, aliando a um bom alcance de leitura, o que explica a grande expansão do uso das etiquetas UHF em aplicações em que etiquetas tipo LF e HF eram mais comuns no passado (FIGUEROA *et al.*, 2009).

2.4.4.1. Regulamentação de Radiofrequência

Segundo Glover e Bhatt (2007), as frequências disponíveis para RFID estão ligadas as bandas reservadas, conhecidas como ISM – *Industrial, Scientific and Medical*. As bandas ISM são bandas sem licenciamento obrigatório e cada pedaço de espectro é disputado ao máximo. Conseqüentemente, faz-se mister um controle muito rigoroso por parte das entidades reguladoras de cada país. Como este controle é realizado no âmbito nacional torna-se, por vezes, complexo encontrar um consenso mundial para as bandas de frequência do funcionamento de uma dada tecnologia. Dessa forma, visando contribuir para padronização das alocações de frequências, o globo foi dividido em três regiões (definidas pela ITU – *International Telecommunication Union*): Europa, África e norte da Ásia (Região 1),

Américas do Norte e do Sul (Região 2) e Sul da Ásia e Oceania (Região 3), conforme Figura 11.

Assim sendo, o grupo de países inserido numa determinada região é obrigado a cumprir as normas da entidade reguladora da sua região. No Brasil, segundo as regulamentações da ANATEL, o RFID UHF opera no espectro de 902 a 907.5 Mhz e de 915 a 928 Mhz (HESSEL *et al.*, 2009).



Figura 11: Regulamentação para sistemas de radiofrequência
Fonte: Intermecc, 2009.

2.4.4.2. Faixas de Frequências Utilizadas

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 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 de Baixa Frequência;
- HF (*High Frequency*) – Faixa de operação de 13,56 Mhz. São denominados sistemas de Alta Frequência; e
- UHF (*Ultra High Frequency*) – Faixa de operação de 860 Mhz até 960 Mhz. São denominados sistemas de Ultra Alta Frequência.

As ondas de rádio possuem comportamento e características diferentes em cada uma dessas frequências, o que significa que para cada aplicação de RFID

deve ser avaliada qual a melhor faixa de frequência para a necessidade (RFID JOURNAL, 2009f).

A figura a seguir mostra as várias frequências aprovadas e em uso pelo mundo.

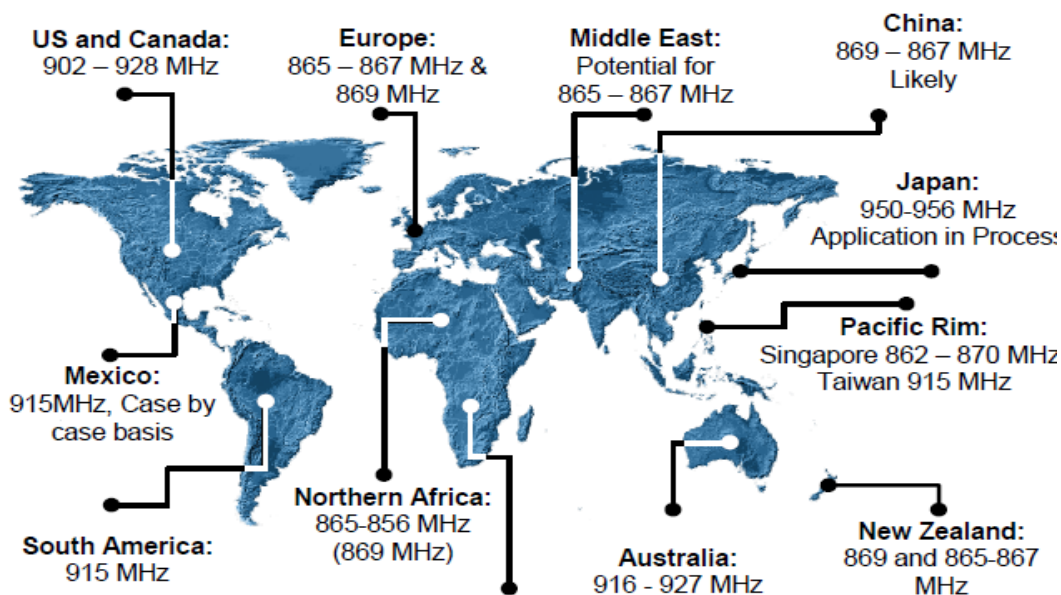


Figura 12: Frequências aprovadas e em uso pelo mundo

Fonte: Intermec, 2009.

As principais características dos sistemas de LF são:

- Operam entre as frequências 120 e 135 KHz;
- Taxas de transferência de dados baixa (leva até 100m para a leitura de um *tag* de 16 caracteres);
- Capacidade de leitura de múltiplos *tags* é baixa;
- Habilidade de leitura em ambientes sujos e úmidos;
- Pequenas distâncias de leitura (menor que 1m);
- Coeficiente de penetrabilidade alto e moderadamente tolerante a metais; e
- Aplicações: identificação de animais, controle de acesso e cronometragem em corridas de rua.

As principais características dos sistemas de HF são:

- Operam na frequência de 13,56 Mhz;
- Bom coeficiente de penetrabilidade (exceto metais) com redução do alcance de leitura;
- Capacidade de leitura de múltiplos *tags* (40 *tags* por segundo);
- Boa taxa de transferência de dados (leva até 20m para a leitura de uma etiqueta de 16 caracteres);
- Normalmente a distância de leitura é menor que 2m; e
- Aplicações: gerenciamento de produtos, gerenciamento de bibliotecas, gôndola inteligente, identificação de pessoas e sistema de pagamentos.

As principais características dos sistemas de UHF são:

- Operam nas frequências entre 850 e 960 Mhz;
- A frequência de operação varia de acordo com as regulamentações de cada país;
- Capacidade de leitura de múltiplos *tags* (com protocolo de anti-colisão, até 1000 *tags*/segundo);
- Alto alcance de leitura, distância de até 10m (para etiquetas passivas) e 100m (para etiquetas ativas);
- Alta taxa de transferência de dados;
- Etiquetas com tamanho reduzido com baixo custo;
- Baixo coeficiente de penetrabilidade em líquidos (absorção) e metais (reflexão); e
- Aplicações: cadeia de suprimentos, gerenciamento de produtos, gerenciamento de bibliotecas, gôndola inteligente, identificação de pessoas, sistema de pagamentos.

2.4.5. Padronização de estruturas de dados

A busca pela padronização, visando a integrar os dados ao longo da cadeia de suprimentos, fez surgir codificações como UPCC (*Uniform Product Code Council*), também denominado como UPC, que contém 12 dígitos, adotado nos

EUA e Canadá e administrado pelo UCC (*Uniform Code Council*), e o EAN (*European Article Number*), composto de 13 dígitos, adotado no resto do mundo. A base criada para união dos dois sistemas deu início ao Sistema de Codificação EAN/UCC.

Segundo Dos Santos (2006), o principal produto em termos de padronização pelo GS1, nova marca da EAN, foi o Número Global de Item Comercial – GTIN (*Global Trade Item Number*), que corresponde a uma família de estruturas de dados globais que empregam 14 dígitos e podem ser codificadas em diversos tipos de portadores de dados. O UPC é uma forma existente do GTIN. A família de estruturas de dados do GTIN e as aplicações de cada variante são mostradas na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4: Estruturas do GTIN

GTIN-13 (EAN/ UCC-13)	Uso geral para todos os itens, que recebem preço e podem ser comercializados pela cadeia de suprimentos. Itens unitários; embalagens <i>multipacks</i> , e algumas caixas – quando constam no catálogo de vendas de um fornecedor, são referência para pedido de compra e ficam a disposição para compra pelo consumidor final. A numeração GTIN-13 é a identificação básica de todo item.
GTIN-8 (EAN/ UCC-8)	Aplicação em unidades de consumo muito pequenas. Numeração totalmente controlada pelas organizações GS1 (no Brasil: GS1 Brasil). Trata-se de uma exceção de aplicação, pois o uso geral pede numerações de 13 dígitos.
GTIN-14 (EAN/ UCC-14 ou ITF-14)	Aplicação freqüente em unidades logísticas, caixas, fardos, contêineres, contendo grupo de itens homogêneos. Os 14 dígitos podem constar no catálogo de vendas de um fornecedor e podem ser referência para pedido de compra. Todavia, não podem ser processados na frente de loja do varejo (<i>check-out</i>), mas são aproveitados em toda a movimentação da carga, até o recebimento e estoque do varejo. A numeração GTIN-14 identifica grupo de itens contidos em uma unidade logística, possibilita o cadastro da descrição dos itens contidos (que são idênticos) e a quantidade deles embalado na caixa ou fardo. Há alguns estabelecimentos comerciais americanos e canadenses que já aceitam numerações até 14 dígitos.
GTIN-12 (UPC-A)	Aplicação em itens exportados para os EUA e Canadá, até janeiro de 2005. Há alguns estabelecimentos comerciais americanos e canadenses que já aceitam numerações até 14 dígitos.

Fonte: Dos Santos (2006)

A Figura 13 apresenta algumas codificações correspondentes às estruturas citadas na tabela acima:

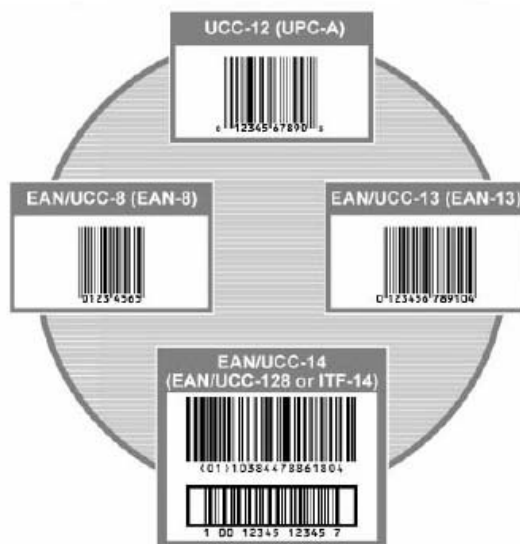


Figura 13: Família de estruturas do GTIN

Fonte: Dos Santos (2006)

O ideal, no entanto, seria a utilização de apenas uma destas estruturas como referência. A escolha natural recai sobre a versão com 14 dígitos, devido a sua maior capacidade de codificação (DOS SANTOS, 2006). Nota-se na Figura 14 que a alteração das estruturas menores para essa é realizada adicionando-se zeros à esquerda dos dígitos significativos.





Data Structure/Data Storage Examples		
UCC-12 (UPC)		
	Original Encoded Data	Full 14-Digit GTIN
	012345678905	00012345678905
EAN/UCC-13 (EAN-13)		
	Original Encoded Data	Full 14-Digit GTIN
	0123456789104	00123456789104
EAN/UCC-8 (EAN-8)		
	Original Encoded Data	Full 14-Digit GTIN
	01234565	0000001234565
EAN/UCC-14 (ITF-14)		
	Original Encoded Data	Full 14-Digit GTIN
	10012345123457	10012345123457

Figura 14: Mapeamento de estruturas para o GTIN-14

Fonte: Dos Santos (2006)

Embora esteja associado com os códigos de barras em razão das circunstâncias de sua criação, o GTIN, conforme mencionado anteriormente, é uma estrutura de dados passível de implementação sob vários métodos diferentes (DOS SANTOS, 2006). O advento de novas tecnologias pode fazer uso dessa mesma estrutura, com a vantagem de aproveitamento das bases de dados existentes. Dessa forma, desenvolveu-se o conceito de Código Eletrônico de Produto, que, na realidade, é uma extensão do GTIN, com capacidade aumentada para suportar o armazenamento de um número de série exclusivo a cada item.

2.4.5.1. Padrões *RFID* (ISO e *EPCglobal*)

A padronização fornece a base necessária ao desenvolvimento tecnológico através das especificações ou dos requisitos para produtos, serviços, sistemas, processos e materiais. A aceitação ampla dessas padronizações a nível internacional pode adicionalmente promover o desenvolvimento de um mercado global para bens ou serviços – um mercado construído sobre uma qualidade consistente e a confiança do consumidos (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Duas organizações estão mais envolvidas no desenvolvimento de padrões para tecnologia *RFID*, são elas: Organização Internacional para Padronização (*International Organization for Standardization* – ISO) e *EPCglobal*.

Segundo Oliveira *et al.* (2009), os padrões ISO e *EPCglobal* representam um papel crucial no desenvolvimento da tecnologia *RFID*, proporcionando compatibilidade e interoperabilidade entre os diversos componentes envolvidos em um sistema *RFID*. A padronização *EPC* tem sido um componente fundamental no desenvolvimento comercial da tecnologia *RFID*.

A ISO é a maior organização do mundo em desenvolvimento e publicação de normas internacionais, sendo constituída de uma rede de institutos nacionais de normalização de 161 países, um membro por país, com Secretariado Central em Genebra, na Suíça, que coordena o sistema. A ISO é uma organização não governamental que atua entre setores públicos e privados, formando um consenso a ser alcançado em soluções em que atendam aos requerimentos de negócios e às mais amplas necessidades da sociedade (ISO *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2009).

As normas ISO têm sido publicadas para cobrir quatro áreas-chaves da tecnologia *RFID* nas respectivas faixas de frequência reguladas para aplicação e

uso, sendo elas: interfaces aérea (comunicação de dados entre etiquetas e leitor), conteúdo e codificação de dados (sistema de numeração); testes de conformidade, performance e interoperabilidade entre as aplicações; e os sistemas RFID. Constantemente diversas normas sobre RFID estão sendo desenvolvidas, e muitas outras sendo atualizadas, por isso é aconselhado sempre consultar as páginas na Internet das entidades de normalização para obter a última versão da norma (ISO *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Os padrões ISO/IEC 18000 estão descritos na Tabela 5, a seguir:

Tabela 5: Padrões ISO/IEC 18000

Padrão	Descrição
18000-1	Princípios e arquitetura para um sistema RFID
18000-2	LF, <i>tags</i> passivas
18000-3	HF, <i>tags</i> passivas
18000-4	Microndas, <i>tags</i> passivas
18000-5	Retirada
18000-6	UHF, <i>tags</i> passivas – talvez adote o padrão Gen 2
18000-7	UHF, <i>tags</i> passivas regraváveis

Fonte: Quental Jr. (2006).

EPCglobal é uma subsidiária da GS1, organização de padronização global sem fins lucrativos, sendo composta por empresas líderes de seu setor e instituições focadas no desenvolvimento de padrões globais para o uso do EPC. No Brasil, cabe à GS1 Brasil (nova marca da EAN BRASIL) disseminar os padrões EPC, visando a melhoria das cadeias de suprimentos, colaborando, assim, para o processo de automação, desde a matéria-prima até o consumidor final (GS1 BRASIL, 2010).

Segundo Quental Jr. (2006), a rede EPCglobal é um meio padronizado de utilizar a tecnologia de RFID na cadeia logística, usando EPC e a internet para acessar grandes quantidades de informação associada ao produto que pode ser compartilhada entre os usuários autorizados. Esta rede sugere que o máximo de processamento seja delegado aos níveis mais baixos da arquitetura (processamento nas pontas) e ao mesmo tempo manter as regras de negócio nas camadas mais

altas da arquitetura (*middleware* e sistemas que processam as informações vindas deste).

Existem cinco componentes fundamentais da rede EPCglobal:

Tabela 6: Componentes da rede EPCglobal

Identificador	Descrição
Electronic Product Code (EPC)	Número único que identifica o objeto em movimento na cadeia de suprimentos.
Sistema de Identificação	Consiste nos tags EPC e nos leitores EPC.
Middleware	Gerencia os eventos e as informações em tempo real, oriundas dos leitores.
Serviços de descoberta	Um conjunto de serviços que possibilita que usuários encontrem dados relativos a um EPC, o ONS (<i>Object Naming Service</i>) é um destes serviços.
EPC Information Services (EPCIS)	Possibilita o intercambio de informações relacionados a EPCs com parceiros através da rede.

Fonte: Quental Jr. (2006).

Estes componentes coordenados possibilitam captura, processamento e compartilhamento da informação na rede EPCglobal. Os *tags* armazenam o código EPC que identifica de forma única um objeto. Leitores, estrategicamente posicionados, irão ler os *tags* no instante em que elas estiverem ao seu alcance, registrando o código EPC, o instante e o local onde foram lidos. Em seguida, o *middleware* recebe os dados e os processa e integra toda esta informação. Uma vez capturada a informação, a internet é usada para disseminar entre as pessoas autorizadas a informação. Neste instante, serviços como o ONS (*Object Naming Service*) são usados para que parceiros autorizados tenham toda a informação relativa ao EPC ao seu alcance. No EPCIS (*EPC Information Services*) toda a informação relativa à etiqueta é processada e armazenada. Pode-se notar que o resultado é uma rede de informação que possibilita o rastreamento de itens individualmente pela cadeia de suprimentos (QUENTAL JR, 2006). Assim sendo, consegue-se obter alguns benefícios:

- A criação de um número único que identifica um item, podendo ser tratada a informação relativa a cada item movimentado na cadeia;

- A facilidade para a identificação de itens, em grandes quantidades e com pouco tempo de leitura, na passagem pelos pontos de leitura; e
- Uma rede de informação que possibilita registrar e transmitir a informação de itens ao longo da cadeia.

2.4.5.2.

EPC – Código Eletrônico de Produto

O EPC foi desenvolvido pelo Auto-ID Center. O Auto-ID Center foi um centro de pesquisa e desenvolvimento sem fins lucrativos constituído de empresas privadas e universidades, sendo considerada entidade pioneira no desenvolvimento de infra-estrutura de Internet para o rastreamento global de mercadorias através das etiquetas RFID contendo o EPC. O Auto-ID *Center* foi fechado em setembro de 2003, sendo criada então a EPCglobal para continuar o trabalho de promover o uso da tecnologia EPC, e o Auto-Id *Labs* para conduzir as atividades de pesquisa e desenvolvimento do EPC e outras tecnologias relacionadas (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

O Auto-ID Center desenvolveu o EPC como um simples número serial de identificação de um objeto, o qual iria complementar o sistema de código de barras convencional, conhecido como Código Único do Produto (UPC). Contudo, o EPC, além da capacidade de identificar o fabricante e a categoria do produto, é capaz de identificar ainda cada item individualmente. Essa característica do código EPC, de individualizar a identificação do produto, é considerada como uma fundamental diferença entre os códigos EPC e UPC. O sistema de numeração EPC é formado por um conjunto numérico de 96 bits, fornecido através dessa característica um escopo de identificação muito maior do que o sistema de código de barras (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

O código EPC foi concebido para ser suficientemente grande, sendo capaz de enumerar todos os objetos, acomodar todos os atuais e futuro métodos de nomeação ou identificação requeridos pela indústria de padrões de codificação, tal como GS1. Para Hessel *et al.* (2009) o EPC deve, tanto quanto possível, ser universal e globalmente aceito. Uma vez que o EPC é utilizado, principalmente, para vincular objetos físicos à rede, ele deve servir como uma eficiente referência de informação, ser extensível, permitindo futura expansão em tamanho e desenho.

Atualmente o código EPC é definido como um esquema para identificação de um objeto físico de forma única através das etiquetas RFID. A padronização da codificação do EPC da etiqueta consiste na geração de um código que identifique unicamente um determinado objeto, assim como o valor de filtro permitirá uma filtragem de leitura efetiva e eficiente das etiquetas. Esse esquema foi desenhado para suportar várias necessidades industriais, tanto por incluir o esquema de código existente, quanto por definir novos esquemas quando necessário. Os vários esquemas de codificação são referenciados como identificadores de domínio, isso indica que a identificação do objeto fornecido se encontra dentro de um determinado domínio como uma indústria em particular ou grupo de indústrias (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

O EPC é um número que permite identificar de forma exclusiva um item. Inicialmente foram propostos EPCs de 64, 96 e 128 bits. Entretanto, nota-se, hoje em dia, que existem etiquetas que vão desde o armazenamento de 1 bit, geralmente usada em dispositivos de segurança (EAS), a etiquetas com capacidade muito grande de armazenamento. Em decorrência da padronização, é mais comum encontrar etiquetas com 64 e 96 bits (QUENTAL JR., 2006). O EPC 96-bit, talvez o mais usado, é composto por um cabeçalho e três conjuntos de dados, conforme visto na Figura 15:

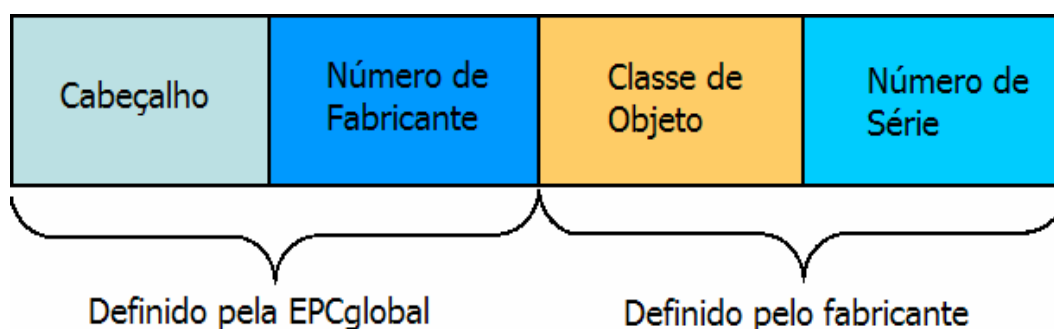


Figura 15: Estrutura básica de um EPC

Fonte: Dos Santos (2006)

O cabeçalho, para o qual estão alocados 8 bits, identifica a versão do EPC. A segunda parte, com 28 bits, identifica o administrador do EPC, fabricante do produto ao qual o EPC está associado. A terceira parte, com 24 bits, é chamada de classe do objeto, a qual se refere ao exato tipo de produto ou categoria deste. A quarta parte, com 36 bits, é o número serial, identificador único de um item específico (EPCGLOBAL *apud* PRADO *et al.*, 2006). O EPC 128-bit, usa o EPC 96-

bit mais outros 32 bits para executar correções de erro e um comando para matar a etiqueta. O comando para anular (ou matar) a etiqueta, de acordo com Morgenroth *apud* Prado *et al.* (2006), reduz a preocupação sobre privacidade.

O termo “Gen 2” vem sendo usado atualmente com muita frequência. Não se deve confundir este termo com “Classe 2”. O Gen 2 é uma abreviação para “Classe 1 Geração 2” que é uma nova geração de protocolos para *tags* Classe 1 UHF (QUENTAL JR, 2006). O que se viu foi a EPCglobal instituindo um grupo de trabalho de usuários influentes do mundo inteiro que participaram do Grupo de ações de negócio – uma tradução livre para *Business Action Group* (BAG). Este comitê do BAG definiu os requisitos da EPC UHF *Generation 2* (Gen 2) (INTERMEC, 2009). O “EPC Classe 1 Gen 2” é uma nova especificação para etiquetas que apresentam melhorias sobre as gerações de etiquetas anteriores. Estas melhorias estão relacionadas ao protocolo de comunicação, ao uso de algoritmos anti-colisão, a formatação dos dados, além do maior espaço de memória (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Quental JR. (2006) afirma que com o desenvolvimento natural da tecnologia uma infinidade de padrões se tornam obsoletos a medida que novos surgem, porém com a chegada do “Gen 2” existe uma esperança que esta taxa de obsolescência reduza, facilitando a cristalização dos padrões.

2.4.6. Protocolo Anti-colisão

Este termo descreve um conjunto de procedimentos que evitam com que as etiquetas interrompam a comunicação umas das outras. Enquanto singularização é uma forma de identificar etiquetas individualmente, anti-colisão, segundo Figueroa *et al.* (2009), é uma forma de controlar o tempo com que as etiquetas respondem e encontrar maneiras de permitir que um interrogador identifique um *tag* no meio da resposta de várias outras ao mesmo tempo.

Em situações nas quais há diversas etiquetas na zona de interrogação, alguns tipos de protocolo anti-colisão devem ser usados, ou seja, necessitam de técnicas de compartilhamento do canal de comunicação. Desde que o leitor possa apenas processar uma resposta de uma etiqueta no tempo, esse leitor deve ter o controle para saber qual etiqueta deve responder naquele instante (GLOVER e BHATT *apud* FIGUEROA *et al.*, 2009).

Figuroa *et al.* (2009) afirmam que os vários tipos de protocolo anti-colisão podem ser divididos em dois grupos básicos: determinísticos e probabilísticos. Um exemplo determinístico é o Protocolo Árvore Binária e um exemplo probabilístico é o protocolo ALOHA, descritos posteriormente. Segundo Oliveira *et al.* (2009), o protocolo determinístico trabalha “perguntando” pelos bits no ID das etiquetas e apenas as etiquetas cujos bits são casados “respondem”. O protocolo inicia perguntando pelo primeiro bit do ID da etiqueta. Se obtiver resposta de alguma etiqueta, pergunta pelo segundo bit. Então, continua perguntando até encontrar todas as etiquetas existentes na Zona de Interrogação (ZI). Esse tipo de protocolo é lento, mas preciso para encontrar as etiquetas na ZI. Ainda segundo os mesmos autores, no protocolo probabilístico as etiquetas respondem em tempos aleatórios. Se ocorrer colisão, as etiquetas, que colidirem, responderão depois de aguardarem novamente um tempo aleatório. Esse protocolo identifica todas as etiquetas na zona de interrogação, mas é propenso a colisão, desde que ele possibilite que as etiquetas escolham um tempo de resposta muito próximo um do outro.

2.4.7. Segurança e Privacidade

Para qualquer tecnologia de identificação existem preocupações relativas à segurança e privacidade e para a tecnologia de identificação por radiofrequência não é diferente.

Uma das preocupações inerentes à tecnologia RFID é a de que pessoas não autorizadas possam obter informações sigilosas e até, possivelmente, alterar tais informações armazenadas em um *tag*.

A longevidade que a informação tem em um *tag* também representa uma outra preocupação. No *tag* ativo, recebendo uma correta alimentação, a informação armazenada é enviada de volta. Já para o *tag* passivo não existe esta necessidade de alimentação, basta passá-lo pelo campo de leitura de um interrogador que a sua informação pode ser acessada. Esta característica é desejável enquanto os dados estiverem dentro da cadeia de suprimentos. Entretanto, no instante em que o produto sai da cadeia de suprimento, chega ao seu destino final – o consumidor, é que surge o problema. Com a possibilidade de terceiros rastream a informação

sem o consentimento do atual proprietário, esta tecnologia vem angariando críticos cada vez mais fervorosos.

Segundo Hessel (2005), meios de segurança podem ser fornecidos de duas formas. A primeira forma dar-se-á por meio de controles fixos de passagem que fazem consultas nas etiquetas para determinar o status de segurança das mesmas. A outra forma ocorre com o estabelecimento nas etiquetas de um bit de segurança, o qual pode ser ativado em zero ou um, a ser verificado em estações de leitura.

Insta ressaltar que existe também a possibilidade de desabilitar um *tag*. Usando-se uma senha, que não pode ser lida pelo leitor, nem alterada por outra pessoa, o interrogador envia um “*kill code*” que desabilita o *tag*. Embora esta solução pareça simples, ela requer uma infra-estrutura complexa para funcionar corretamente. Além desta possibilidade, nos *tags* Gen 2 constata-se a possibilidade de codificar a informação trafegando pela via aérea, dificultando assim não apenas a leitura, mas também a alteração de informação, sendo preciso fornecer uma senha de acesso para obter o dado.

2.4.8. Vantagens RFID

Como visto na seção 2.4.1 (comparação RFID x Código de Barras), a RFID possui uma série de vantagens tangíveis e mensuráveis em relação a outras tecnologias de identificação, quais sejam:

- Captação de ondas à distância (BARROS, 2004);
- Identificação sem contato nem visão direta do produto (STANTON, 2004), que possibilita a codificação em ambientes hostis;
- Capacidade de armazenamento (THORNTON *et al.*, 2006), leitura (PINHEIRO, 2004) e envio dos dados para etiquetas ativas;
- Possibilidade de leitura de grandes volumes de materiais de forma simultânea (FREIBERGER e BEZERRA, 2010; FIGUEIREDO, 2004);
- A detecção sem necessidade da proximidade da leitora para o reconhecimento dos dados (FREIBERGER e BEZERRA, 2010; SOARES *et al.*, 2008), reduzindo, consideravelmente, o manuseio do material e o tempo de inspeção (SOARES *et al.*, 2008);

- Rapidez, precisão e confiança na transmissão de dados (DIDONET *et al.*, 2004); e
- A durabilidade das etiquetas com possibilidade de reutilização (FREIBERGER e BEZERRA, 2010; SOARES *et al.*, 2008; GÜNTER *et al.*, 2008).