

Alessandro F. Cunha
RFID – Etiquetas com eletrônica de ponta – Parte II

1. FAIXAS DE FREQUÊNCIA – ALCANCE – CAPACIDADE

Como consequência dos campos eletromagnéticos, a faixa de frequência determina também as características de atuação do sistema RFID. A fim de padronizar as etiquetas, as normas disponíveis determinam a construção de sistemas dentro de determinadas faixas de frequência específicas:

- LF (*low frequency*): de 30 kHz até 300 kHz. As etiquetas desta faixa de frequência são fabricadas em 125 kHz ou 134,2 kHz. Geralmente são etiquetas passivas e seu maior uso é na identificação de animais e rebanhos;
- HF (*high frequency*): de 3 MHz até 30 MHz. Etiquetas construídas em 13,56 MHz, geralmente utilizada para identificar objetos individuais, como nas lojas de departamento em sistemas anti-furto;
- UHF (*ultra-high frequency*): de 300 MHz até 1 GHz. Nesta faixa, as etiquetas são fabricadas em 868 MHz na Europa e em 915 MHz nos Estados Unidos. Estas etiquetas geralmente são utilizadas em processos logísticos, como transportes de cargas;
- Microondas: acima de 1 GHz. Duas frequências para RFID: 2,45 GHz e 5,8 GHz. Esta faixa de frequência é utilizada em aplicações industriais, científicas e médicas (ISM).

As características de propagação e recepção de cada faixa de frequência são inerentes ao ambiente, tipo de material existente, obstruções, etc. Baixas frequências (LF e HF) sempre fazem acoplamento magnético, exatamente como um transformador, e trabalham a pequenas distâncias. Já frequências mais altas (UHF e microondas) trabalham com campos eletromagnéticos, como um celular, e conseguem atingir distâncias maiores. Mas as características de propagação ainda causam outros efeitos: altas frequências são mais suscetíveis a áreas nulas (zonas mortas), regiões em que o campo não pode ser lido, a não ser que as polarizações entre as antenas e a etiquetas estejam bem feitas. Além disto, sinais de alta frequência tendem a ser absorvidos por líquidos e refletidos por metais.

O tamanho da etiqueta também está diretamente relacionado com a faixa de frequência em que ela irá atuar. Como a recepção está ligada a um ou dois comprimentos de onda, etiquetas de HF precisam de maior área e indutores maiores, o que aumenta o tamanho e o custo do processo de fabricação. Já etiquetas que trabalham em UHF podem ser muito menores, reduzindo o custo de produção e aumentando as possíveis aplicações.

A [tabela 03](#) faz um resumo das aplicações de cada faixa de frequência.

Tipo	LF	HF	UHF	Microondas
Faixa de frequência	125 ou 134,2 kHz	13,56 MHz	860 ou 930 MHz	2,45 ou 5,8 GHz
Alcance para leitura	< 0,5 m	≈ 1 m	Entre 4 e 5 m	≈ 1 m
Particularidades	Precisa de antenas grandes, o que resulta em altos custos de produção. Sofre pequena degradação de sinal na presença de líquidos e metais.	Melhor aproveitamento em alcance do que as LF. É a melhor escolha para quem não precisa de um alcance muito grande e não necessita de um grande número de etiquetas lidas ao mesmo tempo.	Muito mais baratas que as LF e HF. Tem os chips mais avançados e permite a leitura de múltiplas etiquetas ao mesmo tempo.	Características parecidas com a UHF, com diferença de ser muito mais rápida na transmissão de dados. É muito afetada na presença de líquidos e metais.
Fonte de energia	Acoplamento magnético (campo próximo)	Acoplamento magnético (campo próximo)	Acoplamento eletromagnético (campo distante)	Acoplamento eletromagnético (campo distante)
Aplicações típicas	Controle de acesso, identificação de animais e rebanhos, imobilização de veículos.	Controle de acesso, controle de pagamento, identificação de objetos, controle de bagagens, livrarias, lavanderias,	Identificação de pallets e caixas de equipamento.	Coleta de dados em tempo real. A frequência de 5,8 GHz vem sendo abandonada pelos sistemas RFID.
Leitura múltipla	Lenta	Média	Rápida	Rápida
Leitura em ambientes metálicos ou com líquidos	Melhor	Média	Ruim	Pior
Tamanho da etiqueta	Grande	Médio	Pequeno	Pequeno

[Tabela 03 – Comparativo entre as faixas de frequência.](#)

2. PROTOCOLOS EXISTENTES

No começo dos testes e implantações dos sistemas RFID, cada empresa que conseguia uma solução criava um protocolo proprietário, o que implica em pagamento para uso da tecnologia, os famosos royalties. Como diversas empresas realizaram testes, teve-se uma torre de Babel: cada um com seu protocolo e ninguém falando com ninguém. Para que a tecnologia tivesse alcance global, decidiu-se pela padronização. Mesmo assim, ainda existem diversos protocolos sendo utilizados. Os dois padrões mais comuns serão apresentados a seguir.

2.1. ISO – *International Standard Organization*

Esta organização é a mesma que desenvolve as normas da qualidade, utilizadas e aceitas mundialmente. Por isso mesmo, os protocolos são reconhecidos globalmente e utilizados como normas locais em vários países do mundo. O conjunto de normas referentes aos sistemas RFID regulamenta todos os aspectos de funcionamento do sistema: desde qual é a potência padrão para as antenas até como deve ser composto os quadros que carregam os dados. Na [tabela 04](#) tem-se a relação das normas ISO para RFID e suas respectivas aplicações.

Aplicação	Número da norma	Nome da norma
Manejo e gerenciamento de animais	ISO 11784	Estrutura de código
	ISO 11785	Conceitos técnicos
	ISO 14223	Codificação e estrutura de código
Frete de containeres	ISO 10374	Identificação automática
	ISO 18185	Lacre eletrônico para segurança
Gerenciamento de objetos	ISO/IEC 18000-1	Arquitetura de referência
	ISO/IEC 18000-2	Interface aérea abaixo de 135 kHz
	ISO/IEC 18000-3	Interface aérea em 135 kHz
	ISO/IEC 18000-4	Interface aérea em 2,45 GHz
	ISO/IEC 18000-6	Interface aérea em 860 e 960 MHz
	ISO/IEC 18000-7	Interface aérea em 433 MHz
	ISO/IEC 15961	Interface de aplicação do protocolo de dados
	ISO/IEC 15962	Regras para codificação de dados no protocolo de dados
	ISO/IEC 15963	Identificação unida de objetos
	TR 18001	Requisitos de aplicação
	TR 18046	Método de testes de performance
TR 18047	Métodos de testes de conformidade	
Cartão de identificação de proximidade (de mm até cm)	ISO/IEC 14443-1	Características físicas
	ISO/IEC 14443-2	Potência e rádio frequência
	ISO/IEC 14443-3	Anti-colisão e inicialização
	ISO/IEC 14443-4	Protocolo de transmissão
Cartão de identificação de proximidade (de cm até 0,7 m)	ISO/IEC 15693-1	Características físicas
	ISO/IEC 15693-2	Interface aérea e inicialização
	ISO/IEC 15693-3	Protocolos e sistemas anti-colisão
Comunicação com campo próximo	ISO/IEC 18092	Interface e protocolo

Tabela 04 – Normas ISO para RFID.

2.2. EPC – *Electronic Product Code*

A partir de estudos feitos pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), em conjuntos com empresas e outros centros de pesquisa, desenvolveu-se tecnologia modelo para o rastreamento e localização de produtos através de RF. O resultado deste estudo foi o EPC – Código Eletrônico de Produto. Para funcionamento em conjunto com a tecnologia RFID, o EPC enviou seus protocolos e técnicas pra a aprovação junto a organização ISO, criando todo um conjunto de normas para estes sistemas.

Com isto o EPC provê especificações técnicas e um número único que identifica cada objeto. A evolução deste conjunto de normas é chamada de **EPC Gen 2** (EPC de segunda geração) amplamente apoiado por indústrias e outras companhias, devido a capacidade de transmissão e recepção de dados e individualização de objetos, além da velocidade de leitura e dos mecanismos anti-colisão, que permitem diversas etiquetas serem lidas praticamente ao mesmo tempo.

A individualização de produtos ocorre através do EPC propriamente dito, que é um número binário gravado na memória do chip da etiqueta que vai anexada ao produto. Este número é construído de acordo com a estrutura mostrada na [figura 17](#).



Figura 17 – Estrutura típica de um código eletrônico de produto (EPC).

Onde:

- *Header* – cabeçalho: define o tamanho do código que será usado, o que pode variar de 64 a 256 bits de comprimento;
- *EPC Manager* – Fabricante: informa o fabricante do produto;
- *Object Class* – Classe do objeto: se refere ao tipo exato de produto em uma unidade de estoque SKU (*Stock Keeping Unit*). Assim, entre líquidos é possível separar o vinho de água e de leite, por exemplo;
- *Serial Number* – número serial: identificador individual de unidade, o que dá uma variação de até 2^{96} produtos diferentes dentro de uma mesma classe de objeto (aproximadamente 100 bilhões de objetos).

Além de conter o EPC, cada etiqueta é fabricada de acordo com uma classe específica. Cada classe, dentro do protocolo EPC, atribui uma característica específica que deve ser aplicada àquela etiqueta, como pode ser visto na [tabela 05](#).

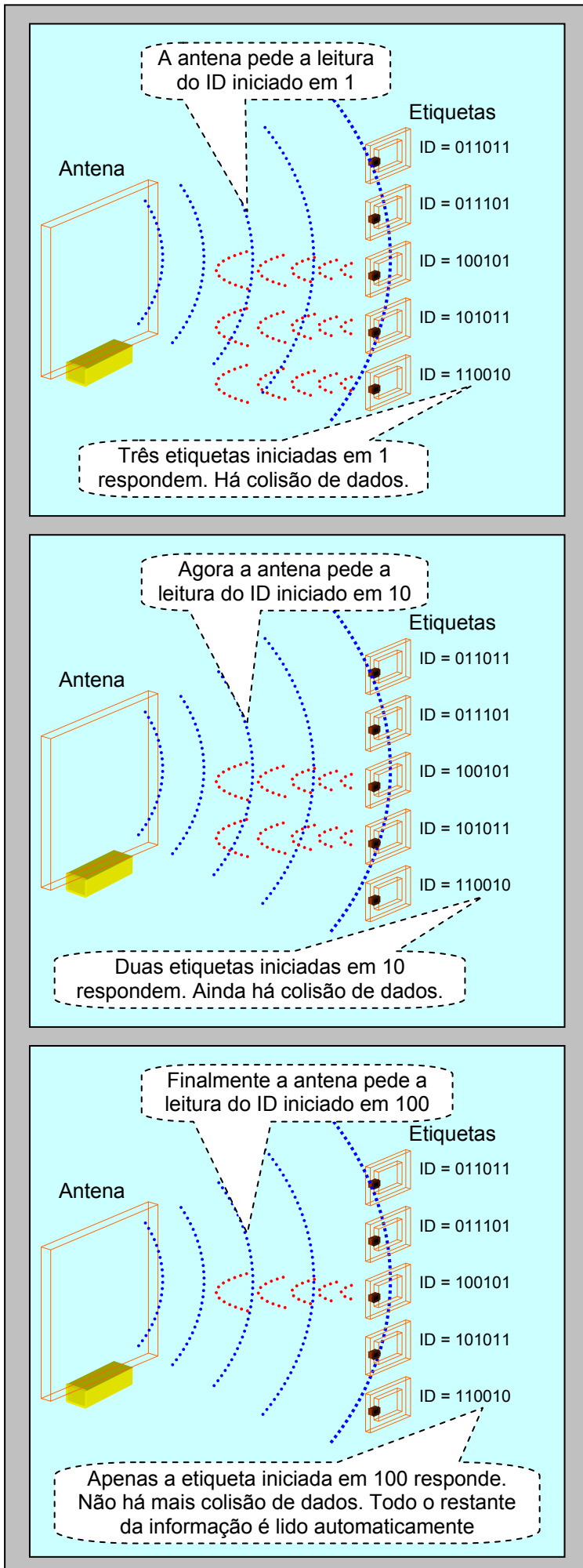
Classe	Memória	Alimentação
0	Somente leitura	Passiva
1	Gravável apenas uma vez	Passiva
2	Re-gravável	Passiva
3	Re-gravável	Semi-passiva
4	Re-gravável	Ativa

[Tabela 05 – Classificação de etiquetas segundo normas EPC.](#)

Cada classe de etiquetas tem ainda algumas particularidades:

- Classe 0: Apenas leitura e programação em fábrica. É o tipo mais simples de etiquetas. Geralmente contem apenas um número de série EPC e não tem memória no chip. É o tipo utilizado em sistemas anti-furto de supermercados, lojas de conveniências, livrarias, etc.;
- Classe 1: Apenas leitura, mas permite uma única gravação de dados. Deste modo, pode vir de fábrica programada ou o usuário pode programá-la. Pode conter uma memória que armazene dados referentes ao produto onde será anexada, tornando as informações sobre eles mais completas, como a configuração de um computador, por exemplo;
- Classe 2: Leitura e escrita, permitindo a gravação de dados a qualquer momento. É o tipo mais flexível de etiquetas, uma vez que pode ser regravada várias vezes e acompanhar as ações que foram feitas no produto. Um exemplo de aplicação é em uma linha de produção de equipamentos, onde a cada etapa mais peças são agregadas até formar o produto final. A cada etapa as etiquetas recebem informações sobre o que foi feito e pode levantar um histórico sobre tudo que ocorreu durante a montagem;
- Classe 3: Leitura e escrita, com bateria e sensores. Além de conter informações sobre o produto, pode interagir com ele, coletando dados como temperatura, pressão, tensão elétrica, etc. estes dados são gravados na memória da etiqueta e enviados toda vez que solicitado;
- Classe 4: Leitura e escrita com transmissores integrados. Acabam funcionando como mini rádios, podendo se comunicar não apenas com os leitores, mas também com outras etiquetas. Formam redes inteligentes de logística.

3. AMBIENTE REAL: VÁRIAS ETIQUETAS AO MESMO TEMPO



Imagine uma loja de CDs onde cada disco tem uma etiqueta que informa além do número de série, qual é o artista, quantas músicas têm, data de lançamento, etc. Agora imagine que na hora de fazer um balanço do estoque, o proprietário ligue um leitor de etiquetas manual e o aponte para a seção de música clássica. Todas as etiquetas dos CDs de música clássica irão responder ao mesmo tempo.

Caso não haja um mecanismo que capaz de separar a informação enviada por cada uma delas, a colisão de dados será inevitável, e informações serão perdidas. Os sistemas RFID tem algoritmos anti-colisão, que evitam a perda de dados nesse caso. Vejamos como eles funcionam.

Quando o comando de leitura é enviado a múltiplas etiquetas, várias respondem ao mesmo tempo. Para separar cada uma o pedido de leitura é feito bit a bit. Ao ler o primeiro bit, havendo colisão de dados, manda-se ler o próximo bit. Caso ainda persista a colisão e acrescentando mais um bit, até que todos os bits sejam lidos sem colisão. Como cada etiqueta tem um código único, este processo é relativamente rápido. Alguns fabricantes, como a Impinj, anunciam já ter sistemas capazes de ler até 1000 etiquetas por segundo. Na [figura 18](#) tem-se um exemplo do funcionamento destes algoritmos.

Figura 18 – Princípio de funcionamento de algoritmos anti-colisão.

4. VANTAGENS E LIMITAÇÕES PRÁTICAS DAS ETIQUETAS

As principais vantagens da tecnologia RFID são:

- Tecnologia sem fios: há uma comunicação bidirecional entre leitor e etiquetas completamente sem fios. Apenas esta característica já elimina uma série de custos envolvidos em sistemas cabeados. Isto elimina também a necessidade de conexão com a etiqueta para efetuar a leitura e gravação da mesma.
- Tecnologia reciclável: as etiquetas podem ser utilizadas nas mais diversas aplicações. Algumas etiquetas permitem a gravação leitura no ambiente de utilização. Isto significa dizer que uma etiqueta pode ser regravada diversas vezes e reaproveitada em outros objetos após o uso.
- Tecnologia robusta: por sua construção mecânica não ter partes móveis e ser lacrada, não permitindo acesso ao chip, as etiquetas podem ser aplicadas nas mais diferentes condições de umidade, calor, ambientes corrosivos (com tratamento adequado), etc. e ainda assim serem extremamente funcionais.
- Capacidade de armazenamento de dados: caso os chips possuam memórias, dados referentes ao produto podem ser gravados, contendo desde o histórico do mesmo até as configurações e particularidades de cada um. Quanto maior a memória, mais dados e maior a capacidade de gerenciamento de informações que as etiquetas proporcionam.

Apesar destas vantagens, algumas limitações devem ser consideradas, como:

- Física: ondas de rádio frequência (RF) não se propagam facilmente em qualquer ambiente. Isto limita algumas aplicações dos sistemas.
- Ambiente: interferências de outros sistemas, excesso de calor, tempestades solares, eletricidade estática. Tudo isso pode mudar as condições de propagação ou maquiara os dados trocados entre antenas e etiquetas.
- Precisão: colisão de dados lidos, distância entre antena e etiqueta, condições ambientais entre outros são componentes que prejudicam a precisão das operações de leitura e escrita de dados.
- Segurança: as informações de todas as etiquetas pode ser lido por qualquer um que tenha um leitor de dados idêntico aquele utilizado pelo sistema. Isso faz necessário criar códigos de segurança para objetos importantes.
- Normatização: como ainda existem diversos padrões disponíveis no mercado, existe uma possibilidade de adquirir um sistema RFID que seja incompatível com o do seu principal fornecedor.
- Maturidade: esta tecnologia ainda se encontra em fase de constante desenvolvimento. Novidades podem surgir a cada instante e mudar toda a tecnologia adquirida.

5. APLICAÇÕES TÍPICAS

5.1. Indústrias de transportes – monitoramento de cargas

Em cada container ou *pallet* que é carregado no caminhão, uma etiqueta RFID é aplicada. Nela são gravados dados de todos os produtos, número da nota fiscal, destino e cliente que vai receber a encomenda.

Durante o trajeto do transporte, podem-se montar pontos de fiscalização, onde a mercadoria enviada é conferida com as informações das etiquetas.

Ao chegar ao seu destino, mais um leitor de RFID é acionado e todas as informações das etiquetas são conferidas com o recebimento de material.

5.2. Indústrias de transportes – monitoramento de cargas

Para fiscalização de taxas outro ambiente pode ser montado. Leitores são instalados nas praças de pedágio, e nas etiquetas são armazenadas as informações de cada carro, com um respectivo saldo em dinheiro que o proprietário carregou previamente. Ao passar pelo pedágio, a taxa é cobrada automaticamente, sem a necessidade de parar o veículo. Caso o saldo tenha se esgotado, o proprietário pode optar por gravar na etiqueta dados bancários, o que permite o débito automático em conta corrente. Isto permite a geração de relatório com os horários de passagem por cada praça de pedágio, o que é excelente para os controles de empresas.

5.3. Segurança

Uma empresa pode limitar o acesso a certas áreas através dos crachás dos funcionários. Sensores instalados em cada porta lêem automaticamente os dados de cada pessoa e consultam um banco de dados para saber se tem ou não permissão de entrada. Em caso afirmativo, um comando libera o acesso a porta. Outras pessoas não podem entrar em conjunto, pois o leitor identificará automaticamente quem está burlando o sistema, uma vez que não precisa de contato físico com o leitor para isto.

Em hotéis, as chaves dos quartos podem conter estes sistemas, assim como o acesso a cada dependência, sendo ela restritas ou não a hóspedes e /ou funcionários.

Um parque de diversões pode vender atrações individuais. Cada usuário terá acesso apenas as atrações que comprou.

5.4. Linhas de produção

Etiquetas podem ser colocadas em cada peça utilizada na manufatura de um produto. Leitores são espalhados pela linha de produção acompanhando cada etapa. Quando uma configuração específica é solicitada por um cliente, componentes extras são instalados ou retirados, até montar o equipamento customizado.

Ao final do processo, um leitor verifica se a configuração obtida equivale ao pedido feito. Qualquer divergência é corrigida automaticamente e os setores de vendas e estoques recebem estas informações.

5.5. Agropecuária

O controle de rebanhos e animais já está sendo feito em várias partes do mundo através das etiquetas eletrônicas. Leitores espalhados pela propriedade identificam e localizam cada rês. Uma etiqueta instalada na orelha do animal, como um brinco, contém desde a data de nascimento, período de engorda, época para abate até dados genéticos.

Empresas como a australiana *Allflex* (www.allflex.com.au) produzem toda solução para o gerenciamento de rebanhos: desde as etiquetas, passando pelos aplicadores e leitores, até os softwares de gerenciamento e controle. Uma amostra das etiquetas pode ser visto na [figura 19](#).



Figura 19 – Amostra de etiquetas para uso animal da *Allflex*.

5.6. Academias

Academias modernas têm chips onde cada usuário grava a sua seqüência de exercícios a serem feitos. Algumas soluções já estão sendo testadas com etiquetas RFID presas a pulseiras. Cada equipamento tem um leitor. Quando o usuário se aproxima do aparelho, este lê as informações da etiqueta e se prepara de acordo com as necessidades de treino: ajusta os pesos, controla o tempo de uso, emite relatórios para uma central de gerenciamento.

Na central de gerenciamento um professor pode acompanhar o desempenho do aluno e alterar a seqüência de exercícios, aumentar ou diminuir a carga, mudar o tempo, etc. estas alterações são gravadas automaticamente na etiqueta dos alunos para uso nas outras máquinas e aparelhos.

5.7. Controle de estoque

Cada produto que entra no estoque recebe uma etiqueta RFID. Na entrada um leitor verifica cada item e grava informações de um código como o EPC. No banco de dados é armazenada a data de entrada, aplicação, cliente, etc.

Para fazer um histórico ou inventário, basta passear pelo estoque com um leitor manual. Algoritmos anti-colisão garantem que todas as etiquetas serão lidas e uma conferência completa dos produtos estará concluída. Bastará então conferir a lista de entrada do banco de dados com os resultados obtidos por esta leitura manual.

Na saída de qualquer produto um leitor medirá a etiqueta e pode conferir qual produto está saindo, para qual cliente será enviado, qual o uso e aplicação. Como este item será baixado do estoque, quando restarem poucas unidades de um determinado produto, um alarme pode ser acionado, indicando a necessidade de aquisição de novos produtos.

5.8. Identificação de bagagem em Aeroportos

Alguns aeroportos já utilizam um sistema de identificação de bagagens onde as etiquetas são RFID. No balcão do *check-in* a bagagem recebe a etiqueta, onde são gravados dados como o nome do proprietário, companhia aérea, destino e voo.

Leitores espalhados pelas esteiras de carga identificam cada destino e direcionam automaticamente para o portão de embarque correto.

Antes de entrar no avião um funcionário com um leitor manual confere se todas as bagagens são realmente para aquele voo, evitando assim os famosos e transtornantes desvios de bagagens. Uma amostra destas etiquetas, fabricada pela Texas Instruments e apresentado na [figura 20](#).



Figura 20 – Etiqueta RFID fabricada pela *Texas Instruments* para uso com bagagens.

5.9. Áreas médicas

O controle de pacientes em áreas médicas, hospitais e clínicas, também podem ser feito através de etiquetas RFID. Empresas como a americana *AeroScout* produzem etiquetas em formato de pulseiras e crachás onde são gravados todo o histórico do paciente.

Leitores espalhados pelo ambiente permitem a identificação e localização imediata de pacientes e funcionários, além de controlar o acesso a áreas restritas. Na [figura 21](#) tem-se uma amostra das etiquetas fabricadas pela *AeroScout*.



Figura 21 – Etiquetas RFID fabricada pela *AeroScout* para uso médico hospitalar.

6. CONCLUSÃO

O uso de etiquetas eletrônicas inteligentes RFID apresenta uma série de vantagens sobre outros sistemas de identificação: permite a monitoração e coleta de dados e nos mais diversos ambientes, sem a necessidade de contato físico, leitura simultânea de centenas de etiquetas, o que agiliza o processo de leitura, algumas etiquetas permitem a gravação de dados, o que permite um controle mais específico de objetos.

Várias organizações e indústrias já aplicam esta tecnologia. Estas aplicações estão crescendo dia a dia. Já nos deparamos com ela em algumas lojas de departamento, com sistemas anti-furto, e em rodovias, nos sistemas de pedágio automáticos. Suas aplicações são as mais variadas e tem grande mercado de aplicação. Enfim: essa tecnologia veio pra ficar e tem grande futuro

7. REFERÊNCIAS

www.checkpointepc.com

www.impinj.com

www.ti.com/rfid/default.htm

www.allflex.com.au/

www.ier.fr

www.tcs.com/rfid

www.rfidjournal.com

www.ask.fr

www.hanarfid.com

www.impinj.com

www.printronix.com

ier.fr/rfid/

www.printronix.com

www.rfidjournal.com/

www.omronrfid.com/

www.rfidguardian.org/

www.aeroscout.com

www.intermec.com/RFID

8. SOBRE O AUTOR

Alessandro F. Cunha é engenheiro elétrico, trabalha em telecomunicações desde 1994 e professor da rede SENAI.