

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia Elétrica

Paulo Vitor Cotrim Godoy

Tecnologia RFID: Uma proposta de sistematização na gestão hospitalar

São Carlos,
2011

Paulo Vitor Cotrim Godoy

Tecnologia RFID: Uma proposta de sistematização na gestão hospitalar

Aluno: Paulo Vitor Cotrim Godoy - 5656515

Orientador: Prof. Marcel Andreotti Musetti

São Carlos,
2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

Godoy, Paulo Vitor Cotrim.

G591t Tecnologia RFID : uma proposta de sistematização na gestão
hospitalar. / Paulo Vitor Cotrim Godoy ; orientador Marcel
Andreotti Musetti -- São Carlos, 2011.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em
Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade
de São Paulo, 2011.

1. Tecnologia RFID. 2. Rádio frequência. 3. Logística
hospitalar. 4. Gestão hospitalar. 5. Recursos hospitalares. I.
Titulo.

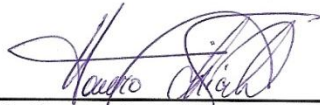
FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Paulo Vitor Cotrim Godoy

Título: “Tecnologia RFID: Uma Proposta de Sistematização na Gestão Hospitalar”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 29 / 11 / 2011,

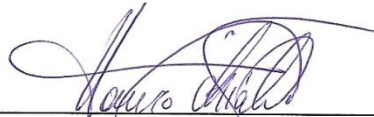
com NOTA 9.5 (nove, cinco), pela comissão julgadora:



Prof. Associado Homero Schiabel - EESC/USP



MSc. Danilo Hisano Barbosa - EESC/USP



Prof. Associado Homero Schiabel
Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica
EESC/USP

*Aos meus professores, aos meus amigos e,
principalmente, à minha família*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Marcel Andreotti Musetti, primeiro pela oportunidade, depois pelo apoio e atenção durante todo o caminho deste trabalho.

Aos professores de graduação, com os quais aprendi a aprender, em especial aos professores Homero Schiabel, José Carlos Pereira, Azauri Albano de Oliveira Júnior, Evandro Rodrigues e Hildebrando Munhoz Rodrigues, que marcaram a minha formação e cujo ensino foi especial.

Aos integrantes do grupo de pesquisa LOGOSS, pela força, disponibilidade e ajuda.

Aos meus amigos, pelo implacável apoio e carinho.

Acima de tudo, à minha família, base sem a qual eu não seria ninguém. Devo a eles todas e quaisquer conquistas.

RESUMO

GODOY, P.V. C. **Tecnologia RFID**: Uma proposta de sistematização na gestão hospitalar. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

Empregada desde a Segunda Guerra Mundial, a tecnologia RFID (*Rádio Frequency Technology*) faz parte do ramo das tecnologias de identificação automática, que captura, de maneira automática, dados únicos de identificação de objetos. O objetivo deste trabalho foi propor uma sistematização para a implantação da tecnologia RFID no controle de ativos móveis em ambientes hospitalares, complexos sistemas logísticos onde recursos humanos, físicos e de informação necessitam ser coordenados e harmonizados. Através das funcionalidades da tecnologia, este estudo buscou identificar os principais dados que devem ser analisados para que tais ativos possam ser localizados e controlados, contribuindo com a melhoria dos processos hospitalares que dependem destes recursos e, ao mesmo tempo, diminuindo tempos de busca dos equipamentos, chances de roubo ou perdas e gastos de manutenção. O método utilizado foi o de revisão bibliográfica buscando consolidar informações sobre a tecnologia RFID e comprovar sua validade na gestão hospitalar através do controle de ativos móveis, através da proposta de sistematização.

Palavras chave:

1. Tecnologia RFID
2. Rádio Frequência
3. Logística Hospitalar
4. Gestão Hospitalar
5. Recursos Hospitalares

ABSTRACT

GODOY, P.V. C. **RFID Technology**: A proposal for systematization in hospital management. Thesis – School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2011.

Used since the Second World War, the RFID technology (Radio Frequency Technology) is a kind of automatic identification technology that captures, automatically, unique identification data of objects. The objective of this study was to propose a systematic step by step for the implementation of RFID technology for tracking mobiles assets in hospitals, complex logistics systems where human, physical and information resources need to be coordinated and harmonized. Through the technology features, this study tried to identify the main data that must be analyzed in order to locate and control such assets, contributing to the improvement of hospital's processes and reducing equipment's search times, chances of robbery or losts and maintenance costs. The method used was a literature review that tried to consolidate all RFID technology information proving its validity in hospital management through the control of mobile assets.

Key words:

1. RFID Technology
2. Radio Frequency
3. Hospital Logistics
4. Hospital Management
5. Hospital Resources

LISTA DE SIGLAS

AC – *Alternating Current*

AIAG – *Automotive Industry Action Group*

ANSI – *American National Standards Institute*

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

CEN – *Comitè Européen Normalisation*

DC – *Direct Current*

DoD – *Department of Defense*

EAN – *European Article Numbering*

EAN.UCC – *European Article Numbering Association International and Uniform Code Council*

EKD – *Enterprise Knowledge Development*

EMI – *Electromagnetic Interference*

EPC – *Electronic Product Code*

EPCIS – *EPC Information Server*

ERO – *European Radiocommunications Office*

ERP – *Enterprise Resource System*

ETSI – *European Telecommunications Standards Institute*

GPS – *Global Positioning System*

HF – *High Frequency*

ID – *Identificação*

ISM – *Industrial Scientific Medical*

ISO – *International Organization for Standardization*

LF – *Low Frequency*

MF – *Microwave Frequency*

ONS – *Object Naming Service*

PDA – *Personal Digital Assistant*

RF – *Radio Frequency*

RFID – *Radio Frequency Technology*

RX – *Conexão de Recepção*

TI – *Tecnologia da Informação*

TX – *Conexão de Transmissão*

UHF – *Ultra High Frequency*

UPU – *Universal Postal Union*

VHF – *Very High Frequency*

WMS – *Warehouse Management System*

XML – *Extensible Markup Language*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Método do Trabalho.....	6
Figura 2 - Tecnologia RFID	10
Figura 3 - Sistema RFID para pedágios Via Fácil	11
Figura 4 - Arquitetura RFID.....	12
Figura 5 - Onda Eletromagnética	13
Figura 6 – Descrição física de uma onda	13
Figura 7 - Faixa de Frequência	14
Figura 8 - Esquema de comunicação Leitor-Tag Passiva.....	18
Figura 9 - Exemplos de Tags Passivas.....	19
Figura 10 – Acoplamento difuso de retorno	20
Figura 11 - Acoplamento Indutivo 1	20
Figura 12 - Acoplamento Indutivo 2	21
Figura 13 - Acoplamento Magnético	21
Figura 14 - Esquema Tag Ativa	22
Figura 15 - Exemplos Tags Ativas.....	23
Figura 16 - Tag Semi-Ativa.....	24
Figura 17 - Leitor Móvel e Fixo, respectivamente	25
Figura 18 – Papel do leitor	26
Figura 19 - Antenas RFID	27
Figura 20 - Formatos das antenas RFID	28
Figura 21 - Impressora RFID	29
Figura 22 - Sensores e Atuadores	30
Figura 23 - Middleware RFID	31
Figura 24 - Sistema RFID completo	32
Figura 25 - Código EPC	35
Figura 26 - RFID para Supply Chain.....	46
Figura 27 - A Cadeia de Suprimento do Futuro 1	47
Figura 28 - A Cadeia de Suprimento do Futuro 2	48

Figura 29 - Cenário acesso a pista de Ski	50
Figura 30 - Aplicações de Smart Cards.....	51
Figura 31 - Smart Card.....	52
Figura 32 - Pedágio Via Fácil.....	52
Figura 33 - Tickets Lufthansa	53
Figura 34 - Aplicações médicas da tecnologia.....	61
Figura 35 - Controle de medicamentos.....	64
Figura 36 - Tag passiva em pacientes	66
Figura 37 - Aplicação de RFID em lentes.....	67
Figura 38 - Medição da pressão intra-ocular	68
Figura 39 - Gaze com tag RFID.....	70
Figura 40 - Gaze com RFID da Siemens	71
Figura 41 - Localização de ativos por região	88
Figura 42 - Proposição passo a passo de uma aplicação da tecnologia RFID	91
Figura 43 - Metodologia EKD.....	94
Figura 44 - Custo vs Desempenho do controle de recursos	95
Figura 45 - Resumo ilustrativo da sistematização	107

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Objetivo do trabalho.....	4
1.2	Método do trabalho.....	4
1.3	Estrutura do trabalho.....	7
2.	A TECNOLOGIA RFID	9
2.1	As ondas de rádio frequência.....	12
2.2	Classificação de Frequências RFID	15
2.3	Principais componentes da tecnologia RFID	16
2.3.1	<i>Tag RFID</i>	17
2.3.1.1	<i>Tag RFID Passiva</i>	17
2.3.1.2	<i>Tag RFID Ativa</i>	22
2.3.1.3	<i>Tag RFID Semi-Ativa</i>	24
2.3.2	<i>Leitor RFID</i>	25
2.3.3	<i>Antena RFID</i>	27
2.3.4	<i>Impressora RFID</i>	28
2.3.5	<i>Sensores e Atuadores</i>	29
2.3.6	<i>Middleware RFID</i>	30
2.3.7	<i>Sistema RFID</i>	32
2.4	Protocolo de comunicação.....	33
2.4.1	<i>EPCglobal</i>	34
2.4.1.1	<i>Electronic Product Code</i>	35
2.4.2	<i>Padrões ISO</i>	35
2.5	Vantagens e desvantagens da tecnologia RFID e sua comparação com o código de barras 36	
2.5.1	<i>Vantagens da tecnologia</i>	36
2.5.2	<i>Desvantagens da tecnologia</i>	36
2.5.3	<i>Comparação com o código de barras</i>	37

3.	APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA RFID	41
3.1	Histórico de aplicações	42
3.2	Detalhamento de algumas aplicações	43
3.2.1	<i>Rastreamento e controle de itens (pessoas, animais, materiais)</i>	44
3.2.2	<i>Controle de Acesso</i>	49
3.2.3	<i>Smart Card e Pagamento Eletrônico</i>	50
3.2.4	<i>Controle de bagagem em aeroportos</i>	54
4.	TECNOLOGIA NO AMBIENTE HOSPITALAR.....	57
4.1	Contextualização do ambiente hospitalar	57
4.2	Aplicação de tecnologia no ambiente hospitalar	58
4.2.1	<i>Controle de medicamentos</i>	62
4.2.2	<i>Gestão de Pacientes</i>	65
4.2.3	<i>Oftalmologia</i>	67
4.2.4	<i>Aplicações Cirúrgicas</i>	68
4.2.5	<i>Aplicações Administrativas</i>	71
4.2.6	<i>Aplicações no Controle de infecções</i>	72
4.2.7	<i>Aplicações no Gerenciamento de Ativos</i>	74
4.3	Barreiras das aplicações de tecnologia RFID no ambiente hospitalar.....	76
4.3.1	<i>Alto custo</i>	76
4.3.2	<i>Segurança e Privacidade</i>	77
4.3.3	<i>Interferências</i>	78
4.3.4	<i>Complexidade da tecnologia</i>	80
4.3.5	<i>Falta de experiências anteriores</i>	80
4.3.6	<i>Barreiras Sociais</i>	81
5.	PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO	83
5.1	Tipos de Recursos	86
5.2	Localização dos equipamentos móveis.....	87
5.3	Controle de disponibilidade	89
5.4	Planejamento de Manutenção	90
5.5	Proposta de Sistematização dos dados no controle de ativos móveis.....	90

5.5.1	<i>Passo 1: Obtenção de informações do sistema através de um estudo</i>	92
5.5.2	<i>Passo 2: Elaboração de um projeto preliminar</i>	95
5.6	Resumo ilustrativo da sistematização	107
5.7	Análise SWOT da aplicação	108
6.	CONCLUSÃO	111
	Referências Bibliográficas	113
	Anexos	118

1. INTRODUÇÃO

“Em minutos, a América está em pânico. Pessoas, histéricas, acorrem aos hospitais. Com os nervos à flor da pele, ouvintes ligam para delegacias de polícia. Naves espaciais são avistadas em Buffalo, Chicago, Saint Louis e em diversas outras cidades americanas (...). Histórica pelos efeitos que causou, a versão de Orson Wells para Guerra dos Mundos transmitida no *Mercury Theater on the Air*, constitui-se no exemplo mais emblemático da força do rádio” (FERRARETTO, 2001).

E quem disse que rádio é coisa do passado? Aquele aparelhinho velho, classicamente quadrado e antigamente valvulado pode ser coisa ultrapassada. Porém, a citada força do rádio era sustentada por uma tecnologia bastante simples mas que se utilizava de um meio extremamente poderoso, as ondas eletromagnéticas. As ondas usadas para transmitir partidas de futebol, ou melhor, as famosas ondas de rádio frequência, possuem utilidades e objetivos muito maiores do que as transmissões comerciais e podem, entre outras coisas, até salvar vidas. A “Era do Rádio” que marcou os anos 80 e 90 (FERRARETTO, 2001) ficou para trás, mas a tecnologia que sustentou a época e a utilidade das ondas de rádio frequência foram muito além. “As transmissões de rádio e as comunicações parecem conter um tipo de alusão mágica que atrai uma grande variedade de pessoas e as seguram por anos” (CARR, 2001).

Tudo começou em 1863 quando James Clerck Maxwell demonstrou teoricamente a provável existência das ondas eletromagnéticas. O princípio da propagação ráiofônica veio mesmo em 1887, através de Hertz, que fez saltar faíscas através do ar que separavam duas bolas de cobre e por esse motivo as ondas eletromagnéticas passaram a ser chamadas de “ondas hertzianas” ou “quilohertz”. Em 1896, o italiano Guglielmo Marconi deu início à industrialização das ondas, através dos rádios, e já havia demonstrado o funcionamento de seus aparelhos de emissão e recepção de sinais na Inglaterra, quando percebeu a importância comercial da telegrafia (RAPPAPORT, 2002; CARR, 2001). A partir deste momento a tecnologia nunca parou de evoluir.

Mas foram nas décadas de 50 e 60, com os avanços da comunicação RF (Rádio Frequência), e com suas raízes nos sistemas de radares utilizados na Segunda Guerra Mundial,

que começaram a surgir os primeiros estudos do que futuramente veio a se chamar “Tecnologia de identificação via Rádio Frequência”, ou simplesmente, Tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification Technology*). Juntamente com o código de barras, fingerprint¹ e outros, a tecnologia RFID faz parte do ramo das tecnologias de identificação automática, conhecidas como tecnologias AUTO-ID (*automatic identification*, qualquer sistema automatizado para inserir uma identidade a um item). Cientistas e acadêmicos dos Estados Unidos, Europa e Japão realizaram pesquisas e apresentaram estudos explicando como a energia RF poderia ser utilizada para identificar objetos remotamente, base fundamental da tecnologia, que captura, de maneira automática, dados para identificação de objetos através de dispositivos eletrônicos, chamados tags (etiquetas inteligentes com chips), que emitem sinais de rádio-frequência (ou aquelas famosas ondas eletromagnéticas) para leitores que captam estas informações. Há quase 60 anos, embalado pelo avanço dos transistores (1947), entidades comerciais e governamentais têm usado RFID para registrar itens e fornecer controle de acesso a dispositivos (GLOVER; BHATT, 2006).

Inicialmente vista como substituta dos famosos códigos de barras, a tecnologia RFID vai muito além das capacidades dos “risquinhos preto e branco”, diminuindo a interferência humana, o contato visual e conseqüentemente os possíveis erros. Aplicada em diversas e variadas áreas como a da logística, varejo², farmacêutica, segurança, comerciais, industriais, entre outras, a tecnologia agrega valor e por isso, vem atingindo investimentos de bilhões de dólares, principalmente após a rede americana de supermercados Wal Mart anunciar, em 2003, sua aposta na tecnologia, acelerando seu desenvolvimento (MEHRJERDI, 2010 e WAL-MART, 2003). Segundo a rede, a tecnologia RFID pode mudar dramaticamente a capacidade de uma organização obter informações em tempo real da localização e dados dos objetos e pessoas (WANG, 2006). Adicionalmente, em 2005, a rede, considerada maior do mundo no ramo de varejo, e o Departamento de Defesa dos EUA (*DoD, Department of Defense*) exigiram que seus fornecedores adotassem as tags RFID, desencadeando também o interesse e aposta de gigantes do ramo de computadores como Intel, HP e IBM (AHSON; ILYAS, 2008).

¹ Identificação através leitura da impressão digital

² Venda em pequenas quantidades

As aplicações da tecnologia não se restringem apenas as já citadas. Uma organização hospitalar pode ser caracterizada como um complexo sistema logístico, onde recursos humanos, físicos e de informação necessitam ser coordenados e harmonizados, o que, em razão da atual complexidade desses sistemas, só é possível de ser realizado de forma eficiente por meio da incorporação ao processo gerencial de tecnologias da informação e da comunicação (GOMES; REIS, 2001), representando uma oportunidade para a aplicação da tecnologia RFID. Além da complexidade, os fornecedores de serviços médico-hospitalar estão tendo que responder a mudanças nas demandas dos pacientes que estão ficando mais exigentes e toleram cada vez menos longas esperas por tratamentos, gerando ainda mais pressão para que estes fornecedores evoluam o modo como entregam seus serviços. Para piorar a situação, além dos pacientes, o governo e outras instituições financiadores de saúde estão exigindo cada vez mais que os fornecedores modernizem seus serviços de modo a aproveitar os recursos de maneira cada vez mais eficiente e eficaz (VISSERS; BEECH, 2005).

Dentre as diversas tecnologias que poderiam ajudar estas organizações hospitalares a atingirem seus objetivos estão (NANAG; POKHAREL; JIAO, 2003) o código de barras e os sistemas PDAs (assistentes digitais pessoais). Publicações mais recentes destacam a aplicação da tecnologia RFID (YU; RAY; MOTOC, 2008) e exemplos de aplicação comprovam que, aos poucos, ela vem se tornando crítica para a gestão das organizações hospitalares. Os hospitais e a indústria da *health care* tem investido cada vez mais em tecnologias de informações com os objetivos de atingir as necessidades e exigências citadas, como também de reduzir custos operacionais e aumentar a segurança do paciente (WANG et al, 2006).

Deficiências no processo de gestão hospitalar como, por exemplo, no controle de equipamentos e materiais, podem afetar drasticamente a qualidade dos serviços (VISSERS; BEECH, 2005). Assim, a justificativa principal do trabalho é a sistematização da implantação da tecnologia RFID no controle de ativos móveis em ambientes hospitalares como, por exemplo, cadeiras de rodas, macas, desfibriladores, bombas etc, identificando informações sobre estes recursos que poderiam ser utilizadas como base de melhoria dos processos. Espera-se que essa aplicação diminua erros humanos, tempos de espera e dificuldades de trabalho, resultando em ganho logístico, financeiro e aumento da confiança e satisfação dos pacientes.

1.1 Objetivo do trabalho

O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é propor uma sistematização para a implantação da tecnologia RFID no controle de ativos móveis em ambientes hospitalares.

Através da identificação de funcionalidades da tecnologia aplicadas à gestão hospitalar (controle de ativos), este estudo identifica os principais dados que devem ser analisados para que esta implementação possa gerar informações detalhadas sobre tais ativos, contribuindo com a melhoria da logística e dos processos hospitalares e, ao mesmo tempo, para que as necessidades dos pacientes sejam atingidas de maneira mais eficaz, fornecendo serviços de maior qualidade.

1.2 Método do trabalho

“Pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema”.

Pode-se dizer que esta definição de Gil (2007) se encaixa no objetivo deste trabalho, cujas fontes e informações sobre a tecnologia RFID e sobre o ambiente hospitalar são inúmeras, porém não claras, suficientes ou organizadas para responder a essa proposta de implantação. Muitos autores acreditam inclusive que a tecnologia RFID ainda não é uma realidade e unanimidade devido a sua complexidade e a falta de históricos confiáveis de aplicação no ambiente hospitalar.

Assim sendo, a metodologia utilizada neste trabalho buscou consolidar essas informações para desmistificar os problemas e comprovar a validade do uso da tecnologia na gestão hospitalar através da sistematização do controle de ativos móveis. Para isso, o método do trabalho utilizado foi de revisão bibliográfica desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros, artigos científicos e publicações periódicas

(nacionais e principalmente internacionais) sugeridos por indicações, teses, dissertações e qualificações e através da busca por palavras chaves, como as descritas no resumo deste trabalho.

“A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente” (GIL, 2007). Embora existam os autores desacreditados com o uso da tecnologia RFID no ambiente hospitalar, também existem aqueles que defendem o seu uso e este trabalho consolida todas essas informações resultando na sistematização da aplicação citada anteriormente.

Este trabalho foi estruturado da maneira mais didática possível, com objetivo de defender o uso da tecnologia de rádio frequência no ambiente hospitalar e criar uma sistematização de uma aplicação de grande contribuição para a logística e gestão destes ambientes. Para encontrar tal didática, a pesquisa bibliográfica partiu para pontos de definição da tecnologia, exploração de suas funcionalidades e pontos fortes, exemplos que comprovassem esta potencialidade e a necessidade de aplicação para o ambiente hospitalar, “casamento” defendido e concluído no desenvolvimento do trabalho, como pode ser visto na Figura 1.

Visto que poucos conhecem a tecnologia de rádio frequência e que apesar de simples ela possui um lado técnico e inovador, primeiramente a pesquisa bibliográfica focou sua definição e princípio de funcionamento da maneira mais simples possível, colocando todos os leitores no mesmo estágio de entendimento e preparando-os para o entendimento das funcionalidades e aplicações da mesma.

O método então segue com o funcionamento da tecnologia, detalhamento seus principais componentes e seus papéis dentro de um sistema RFID. Todas essas definições concluem-se na análise das vantagens, desvantagens e funcionalidades da tecnologia. Em seguida buscou-se comprovar as funcionalidades da tecnologia na “prática” através de exemplos de aplicação e análises mais completas de como os sistemas são estruturados, dos problemas encontrados e dos resultados de aplicação.

Neste ponto o conceito da tecnologia encontra-se bem apresentado e o foco de aplicação hospitalar é sugerido com o destaque para a complexidade do ambiente e sua necessidade de responder as demandas por mudança e eficiência, o que só é possível através da incorporação de tecnologias da informação, com especial destaque e casamento com o que havia sido discutido, da tecnologia RFID.

Assim como na primeira parte, as vantagens e funcionalidades da tecnologia ficaram mais claras através dos exemplos de aplicação e análise de algumas das barreiras mais encontradas por autores que usaram a tecnologia no ambiente hospitalar. Este ponto fecha a revisão bibliográfica e inicia o desenvolvimento do trabalho que, antes de começar a proposta de sistematização, embasa e revisa alguns conceitos sobre recursos, mais precisamente, ativos hospitalares. A proposta é baseada na metodologia de Jones e Chung (2008) sobre como realizar uma aplicação de sucesso da tecnologia RFID em um ambiente hospitalar.

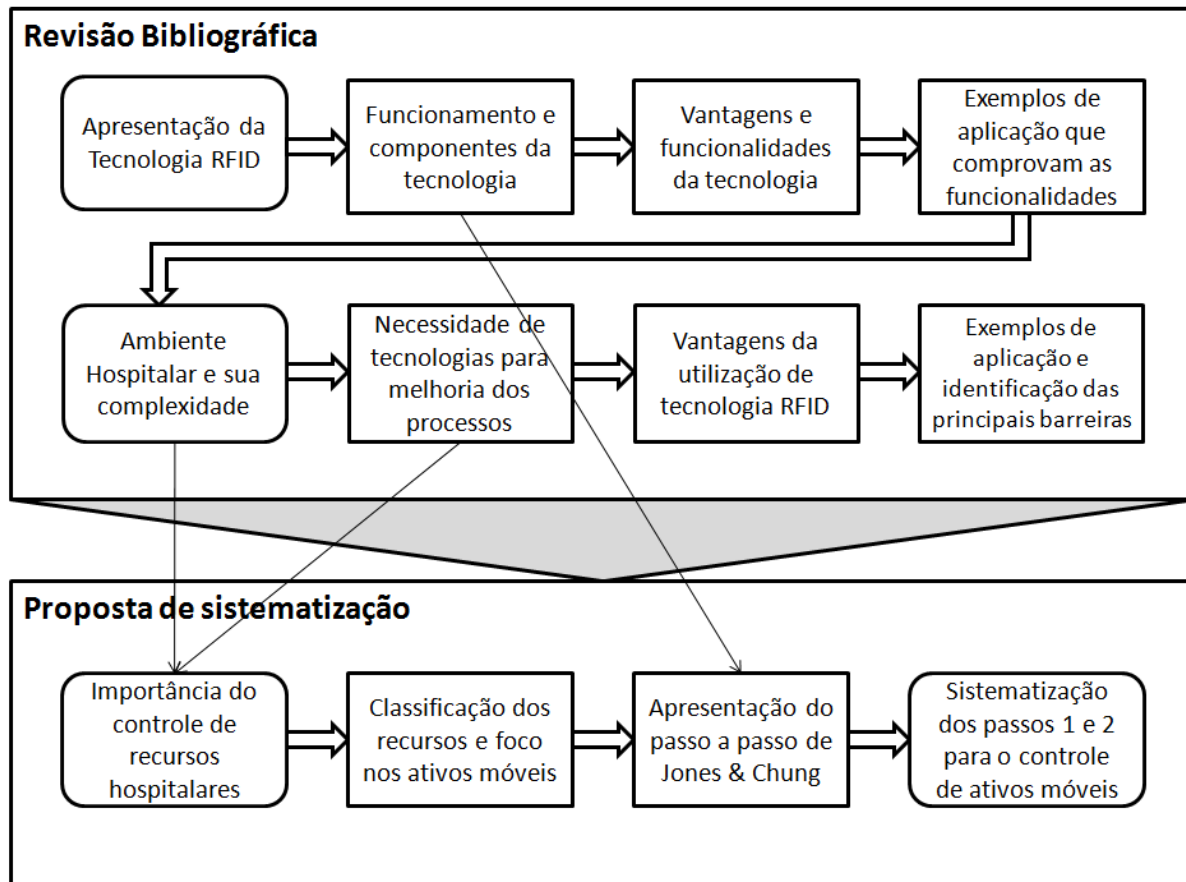


Figura 1 - Método do Trabalho

1.3 Estrutura do trabalho

Para cobrir a didática proposta pelo método apresentado no tópico anterior, este trabalho foi estruturado segundo a lógica mostrada na Figura 1. Na segunda parte foram apresentados conceitos de funcionamento da tecnologia, desde sua definição até o detalhamento de cada componente e de como funciona a comunicação via rádio frequência, fechando com a análise das vantagens, desvantagens e comparação com o conhecido código de barras.

Na terceira parte do trabalho, o estudo da tecnologia foi comprovado na prática através de exemplos de aplicação e descrição de casos reais de implementação da tecnologia como, por exemplo, no controle de itens, controle de acesso ou pagamento eletrônico, destacando como foram elaborados os sistemas, analisando suas funcionalidades e os problemas encontrados.

Já na quarta parte deste trabalho, o ambiente hospitalar foi apresentado, destacando sua necessidade de controle e aplicação de tecnologias da informação, mostrando como a tecnologia RFID poderia contribuir para combater os problemas apresentados e exemplos de aplicações e casos reais de uso da tecnologia neste ambiente.

Na parte final, destacou-se a importância e funcionalidade de aplicação da tecnologia RFID no controle de ativos móveis hospitalares, definindo a classificação dos recursos, as características dos ativos móveis e as funcionalidades que podem ser obtidas com a aplicação. Para finalizar, foi proposto a sistematização dos dados necessários para que o passo a passo de Jones e Chung (2008) culminasse em um controle de equipamentos móveis de sucesso, contribuindo para a melhoria dos processos hospitalares e diminuindo chances de roubos, perdas ou gastos desnecessários.

2. A TECNOLOGIA RFID

Apesar de não ser uma tecnologia relativamente nova, visto que já era estudada e empregada desde a Segunda Guerra Mundial, a tecnologia de identificação via ondas de rádio frequência, ou simplesmente RFID, possui um conceito bastante inovador. Devido aos altos custos de implementação, os sistemas RFID mais complexos ainda são pouco difundidos e a tecnologia passa despercebida pelas pessoas de modo geral. Adicionalmente, diversas aplicações mais simples e difundidas são utilizadas sem que as pessoas saibam que se trata da mesma, como no caso de cartões de acesso ou de transporte público. Entretanto, este cenário já não se aplica nos “bastidores” da produção e grande parte das empresas já conhecem bem a tecnologia e suas funcionalidades.

O fundamento da tecnologia é antigo, mas os sistemas e as aplicações desenvolvidas atualmente são bastante inovadores no sentido que trilham o caminho da integração e automatização dos processos. Com o passar do tempo e a queda dos custos, a tecnologia vai chegar ao conhecimento de todos. Assim, antes de começarmos a abordar o funcionamento da mesma, precisamos entender o que é a tecnologia na prática e seus conceitos mais básicos, para depois estarmos maduros para entender suas funcionalidades, aplicações e alguns detalhes mais específicos que explicam porque é vista como a grande aposta do mercado hospitalar.

A tecnologia RFID é uma ramificação das tecnologias de auto-identificação (auto-id), mais precisamente, das de auto-identificação sem fio (*wireless*). Uma tecnologia auto-id é uma tecnologia de identificação automática, isto é, que identifica pessoas ou objetos automaticamente através de um código específico. Para exemplificar, pode-se citar o caso do código de barras, do *fingerprint*, do leitor de retina ou de voz, entre outros. Cada um deles utiliza um “veículo” de que carrega o código de identificação: o código de barras utiliza um código binário para identificar itens, o *fingerprint* utiliza a impressão digital para identificar pessoas e assim por diante. No caso da RFID não é diferente e utiliza como veículo as ondas eletromagnéticas de rádio frequência (abordadas no próximo tópico) que transportam o código

de identificação único de itens (pessoas, animais, equipamentos, materiais etc) gravado em um chip para outros sistemas.

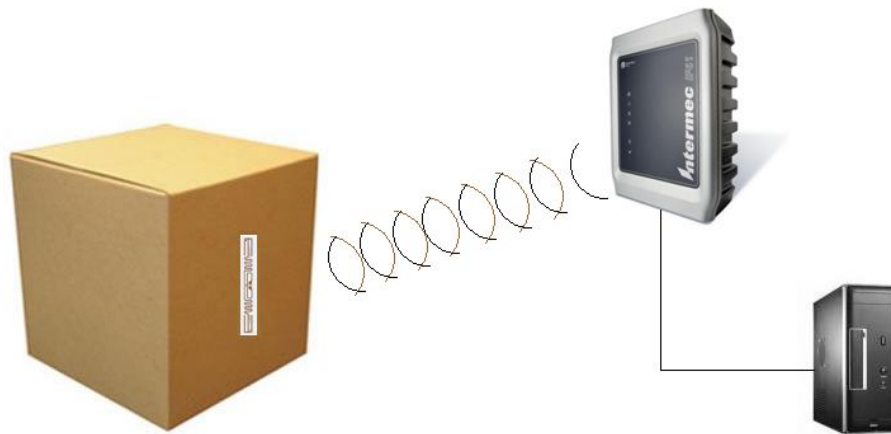


Figura 2 - Tecnologia RFID

O chip, ou melhor, o microchip (do tamanho de um grão de areia) é anexado em etiquetas, conhecidas pelo nome de etiquetas inteligentes (*smart tags*). Famosa pelas tags, (“Tecnologia RFID? Aquela das tags?”), a tecnologia possibilita o rastreamento de um produto único e em tempo real, o que representa uma grande revolução para o mercado. As etiquetas inteligentes são vistas como substitutas do código de barras, porém suas vantagens vão muito além das funções do mesmo e, quando os custos das duas tecnologias forem suficientemente próximos, a tendência é a dominação da RFID por todos os motivos que serão discutidos adiante (IBM, 2003).

“Tecnologia RFID? É aquela usada no pedágio?”. Para os brasileiros, o maior exemplo e a maneira mais fácil de explicar o que é tecnologia RFID é através do conhecido sistema de pedágios Via Fácil, comumente chamado de “Sem Parar”. Uma tag RFID com as informações do usuário gravada em seu chip é colocada no carro e, quando este se aproxima do pedágio, tem sua tag lida por leitores estrategicamente localizados abrindo a passagem automaticamente, como pode ser visto na Figura 3. A cobrança do valor do pedágio na conta do cliente também é feita de maneira automática e trata-se, por enquanto, do produto RFID mais famoso para os brasileiros.

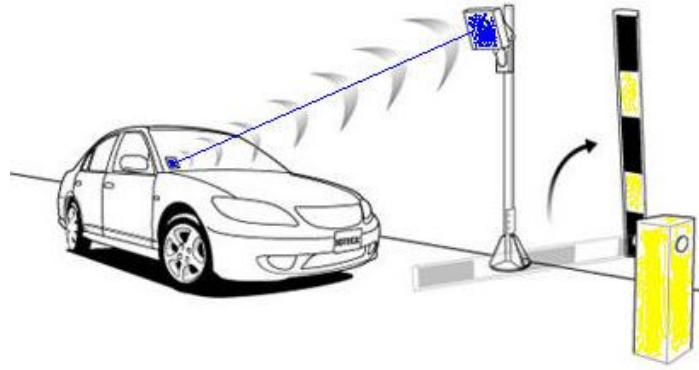


Figura 3 - Sistema RFID para pedágios Via Fácil

Fonte: Via Fácil (2011)

Segundo a IBM (2003), as etiquetas inteligentes se tornarão o novo código de barras: "*Smart tags: RFID becomes the new bar code*". A empresa ainda acredita que a identificação via rádio frequência pode ser vista como um código de barras que opera a distância e que os usos da RFID vão se expandir drasticamente com a queda de seus custos e com seu uso em combinação com outras tecnologias, como sensores e GPS.

Enquanto o código de barras necessita de um scanner em "contato" visual com seu produto para realizar a leitura de seu código de identificação, chamado EAN (*European Article Numbering*, que contém informações sobre o fabricante e o lote), o sistema RFID fixa etiquetas aos produtos, gravando em seu chip um código chamado EPC (*Electronic Product Code*). Este código é formado pelo código EAN, juntamente com um número serial de identificação única de cada produto. Através dos leitores (*interrogators*), os chips são identificados e transmitem suas informações e localização que são repassadas para um computador ou interface de ligação. Isto é, o rastreamento das etiquetas, feito via rádio frequência é amplo e sem a necessidade visual do produto, o que implica em pouca intervenção humana. Além disso, as tags têm capacidades tanto de leitura, quanto de escrita, armazenando dados enviados por leitores. Conclusão, a tecnologia cria um caminho automático para coletar informação sobre um produto, lugar, tempo ou transação rapidamente, facilmente e sem erro humano (IBM, 2003). Os códigos EAN e EPC, assim como seus protocolos de comunicação, serão discutidos mais a frente.

Apesar da tecnologia de RFID ter sido usada desde a 2ª Guerra Mundial (FINKENZELLER, 2003), empregá-la no rastreamento físico de objetos (produtos) é uma pesquisa mais recente. O trampolim mais marcante da tecnologia foi a aposta da rede americana de supermercados Wal-Mart (2003), uma das empresas pioneiras em adotar a tecnologia. A empresa de computadores HP, que possui a nona maior cadeia de suprimentos não militares do mundo, também se interessou e começou a caminhar nessas diretrizes, desenvolvendo projetos pilotos envolvendo RFID há alguns anos, com objetivo de melhorar sua própria cadeia de suprimentos e oferecer novas funções de seus produtos aos seus clientes (HP, 2004).

Todas essas funcionalidades apresentadas só são possíveis devido a características de funcionamento da tecnologia e, para que este seja compreendido em maiores detalhes, é preciso conhecer melhor os seus componentes. Um sistema de RFID básico é composto de Tag (etiqueta inteligente), Leitor, Antenas, Sensores e Atuadores, Infra-estrutura de comunicação (Middleware) e Software (Host), como mostrado na Figura 4. No tópico 2.3 cada componente será melhor apresentado após a descrição de conceitos sobre as ondas de rádio frequência e as frequências de operação da tecnologia.

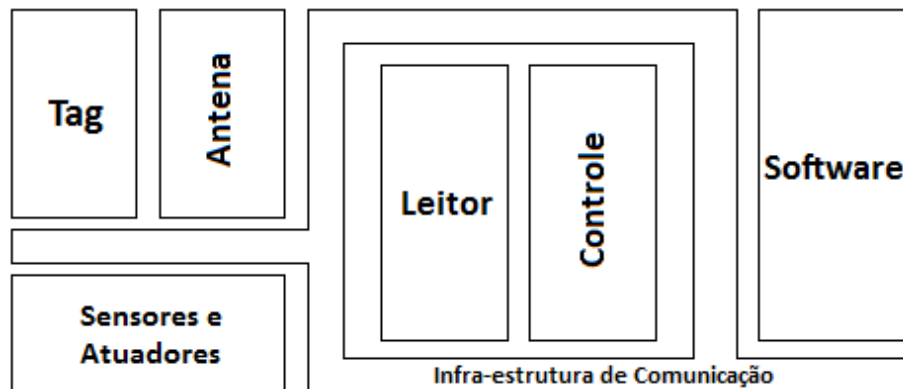


Figura 4 - Arquitetura RFID

Fonte: Lahiri (2006)

2.1 As ondas de rádio frequência

Assim como o “radinho”, a tecnologia RFID é fundamentada pela teoria das ondas eletromagnéticas. Antes de estudar o funcionamento da tecnologia, é importante definir o

conceito de ondas e, principalmente, das ondas de rádio frequência, usadas como meio de transporte das informações.

Segundo Jordan e Balmain (1968), uma onda é uma perturbação que transporta energia de um ponto a outro. Ondas eletromagnéticas são criadas por elétrons em movimento oscilando seu campo elétrico e magnético, conforme mostrado na Figura 5, podendo atravessar vários tipos de materiais.

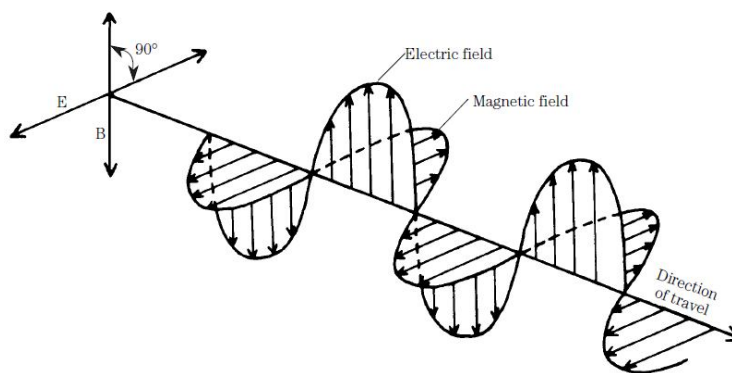


Figura 5 - Onda Eletromagnética

Fonte: Adaptado de Carr (2001)

Sendo sua componente mais importante, as ondas eletromagnéticas são classificadas de acordo com sua frequência (f), inversamente proporcional ao seu comprimento (λ). A frequência é o número de oscilações (ou ciclos) por unidade de tempo, sendo o comprimento, a distância entre dois picos ou dois vales.

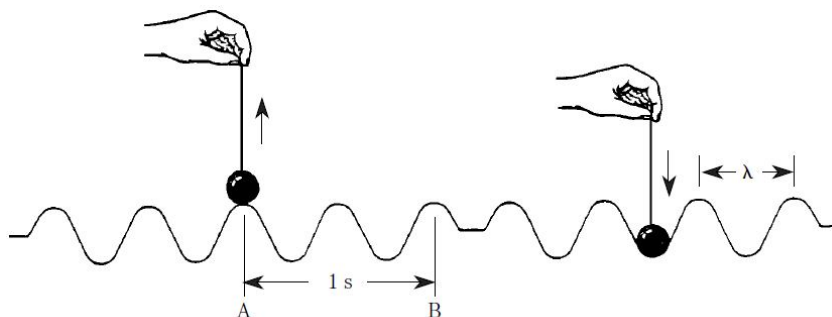


Figura 6 – Descrição física de uma onda

Fonte: Adaptado de Carr (2001)

A relação entre a frequência e o comprimento resulta na velocidade de propagação da onda (m/s), dada por $v = \lambda \cdot f$, onde a frequência é dada em Hz e o comprimento em metros. Intuitivamente, a propagação do sinal de rádio (ondas RF) é bastante similar a da luz, visto que ambas são ondas eletromagnéticas (CARR, 2001). Assim, devido a proximidade de velocidade entre as duas e sabendo que a velocidade de propagação da luz é de 300.000.000 m/s, a relação entre frequência e comprimento de uma onda de rádio frequência pode ser dada por:

$$v = \lambda \cdot f = 300.000.000 \text{ [m/s]}$$

$$f = \frac{300.000.000}{\lambda} \text{ [Hz]}$$

As ondas RF, isto é, as ondas de rádio frequência, são ondas eletromagnéticas com comprimento entre 0,1 cm e 1.000 km. Assim sendo, pela equação acima, temos que as ondas RF são ondas eletromagnéticas cuja frequência varia de 30 Hz a 300 GHz (LAHIRI, 2006; ANATEL, 2005). Na tecnologia RFID, as frequências utilizadas vão de 30 kHz a 5,8 GHz do tipo contínua, com ondas de frequência e amplitude constantes, permitindo modulação e assim, a transmissão de um sinal (LAHIRI, 2006). Esta faixa de frequência da tecnologia também é subdividida em categorias de características típicas que serão explanadas no tópico a seguir.

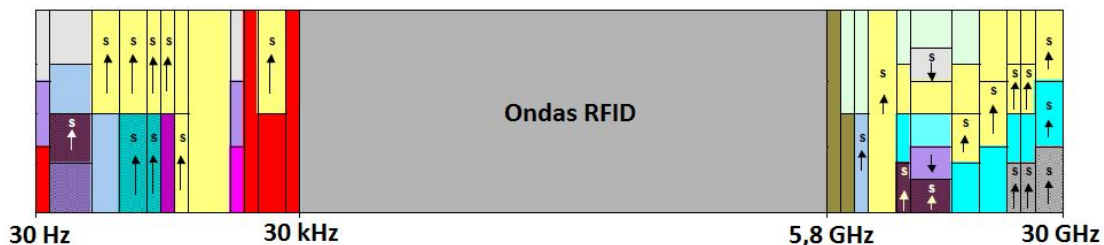


Figura 7 - Faixa de Frequência

Vale lembrar que ondas eletromagnéticas são susceptíveis a interferências como, por exemplo, mau tempo (com neve ou chuva, que afetam ondas de altas frequências), outras fontes de ondas de rádio (como celulares, rádios etc), descargas eletrostáticas e outros. No caso da tecnologia RFID, diversos estudos ajudam a combater o poder da interferência, principalmente da água e do metal. Hoje em dia, a tecnologia já evoluiu nesse sentido praticamente eliminando as perturbações mais comuns, assunto tratado mais adiante.

2.2 Classificação de Frequências RFID

A classificação de frequência é uma característica fundamental quando se trabalha com a tecnologia RFID. Além de serem controladas pelo governo para que não interfiram com outras aplicações (GLOVER; BHATT, 2006), a escolha da frequência de trabalho influencia diretamente no desempenho da aplicação, regulando precisão, alcance e velocidade de leitura, susceptibilidade a interferências etc. Frequências mais baixas, por exemplo, são mais capazes de viajar sobre a água, enquanto frequências mais altas podem carregar mais informações (GLOVER; BHATT, 2006).

Na prática, a banda de frequência que pode ser utilizada pela tecnologia é limitada ao grupo ISM (*Industrial Scientific Medical*) e baseado nessas regulamentações e nas características listadas acima, as ondas de rádio utilizadas pela tecnologia RFID são divididas em cinco faixas de frequência: *low frequency* (LF), *high frequency* (HF), *very high frequency* (VHF), *ultra high frequency* (UHF) e *microwave frequency* (LAHIRI, 2006).

Low Frequency (LF):

- Faixa de 30 kHz – 300 kHz
- Frequência de uso típica: 125 kHz ou 134,2 kHz
- Baixa velocidade de transferência de dados, o que é ruim, por exemplo, para monitorar produtos em movimento
- Boa em ambientes com metal, umidade, sujeira e outras barreiras

High Frequency (HF):

- Faixa de 3 MHz – 30 MHz
- Frequência de uso típica: 13,56 MHz
- Baixa velocidade de transferência de dados
- Uso aceitável em ambientes com metal e umidade

Very High Frequency (VHF):

- Faixa de 30 MHz – 300 MHz
- Faixa não usada para RFID

Ultra high frequency (UHF):

- Faixa de 300 MHz – 1 GHz.
- Frequência de uso passivo típica: 915 MHz nos EUA e 868 MHz na Europa
- Frequência de uso ativo típica: 315 MHz e 433 MHz
- Alta velocidade de transferência de dados (ativa ou passiva)
- Desempenho ruim em ambientes com metal e umidade, exceto para as frequências de 315 MHz e 433 MHz

Microwave Frequency (MF):

- Faixa superior a 1 GHz
- Frequência de uso típica: 2,45GHz (mais comum) ou 5,8GHz
- Alta velocidade de transferência de dados
- Desempenho péssimo em ambientes com metal e umidade

Países regularizam estas frequências liberando alguns valores para as faixas citadas. Como exemplo desta classificação, a Tabela 1 cita as regulamentações governamentais de frequência de alguns países.

País/Região	LF	HF	UHF	Microwave
USA	125-134 kHz	13,56 MHz	902-928 MHz	2400-5850 MHz
Europa	125-134 kHz	13,56 MHz	865-868 MHz	2,45 GHz
Japão	125-134 kHz	13,56 MHz	Não permitido	2,45 GHz
Cingapura	125-134 kHz	13,56 MHz	923-925 MHz	2,45 GHz
China	125-134 kHz	13,56 MHz	Não permitido	2446-2454 MHz

Tabela 1 - Regulamentação governamental de frequência

Fonte: Adaptado de Lahiri (2006)

2.3 Principais componentes da tecnologia RFID

Um sistema RFID é composto basicamente por Tags, Leitores, Antenas, Senhores e Atuadores, Middleware e Software. A seguir, cada componente será abordado em detalhes, destacando sua importância para o sistema RFID. Nesse sentido e por tratar-se de seu componente mais importante, uma atenção especial será dada as tags.

2.3.1 Tag RFID

A tag RFID é o componente mais importante da tecnologia RFID, pois é através dela que os dados podem ser armazenados e transmitidos. Uma tag, também chamada de *transponder*, é constituída por um pequeno chip, do tamanho de um grão de areia, responsável pelo armazenamento dos dados, e de uma antena, geralmente acoplada ao próprio material da etiqueta (no caso de tags passivas) ou integrada ao circuito receptor (no caso de tags ativas), responsável pela transmissão das informações via onda de rádio, respondendo aos sinais enviados pelos leitores.

As tags são classificadas segundo sua capacidade de armazenar dados e sistema de leitura, mas são divididas em dois grandes grupos: as passivas e as ativas, isto é, as que não possuem fonte de energia própria e usam energia das ondas enviadas pelo leitor e as que possuem fonte de energia on-board. Além destas classes, existe uma outra tag conhecida como semi-ativa ou semi-passiva, pois possui bateria mas não funcionam exatamente como as ativas, mantendo-se desligadas quando não estão em comunicação. As tags passivas são literalmente adesivos (para serem colados aos itens) com um microchip e uma antena impressa no papel (substrato). As tags ativas, por sua vez, são de fato circuitos elétricos como receptores de rádio de tamanhos variados. Dentre os maiores fabricantes de tags no mundo, alguns dos mais famosos e utilizados são: Acura, AeroScout, Alien, Avery Dennison, Impinj, Intermec, KSW, Omron, RSI, Sokymat, Symbol e UPM. A seguir analisam-se as diferenças entre os tipos de tags e suas características com mais detalhes.

2.3.1.1 Tag RFID Passiva

Como mencionado, as tags passivas são aquelas que não possuem bateria *on-board* e usam energia da própria onda emitida pelo leitor RFID, combinada com um resistor, micro transdutores e cristais piezoelétricos para alimentar o microchip e a comunicação. São teoricamente simples de fazer, apesar da microeletrônica e teoria dos materiais ser complexa e de não possuírem partes móveis (tudo deve ser integrado em um plástico adesivo). Todas estas

características resultam numa vida útil longa e etiquetas resistentes a contorções, variações de temperatura, ambientes hostis etc.

Em relação a comunicação com o leitor, as tags passivas apenas respondem aos chamados. Os leitores emitem sinais procurando pelas tags e quando uma tag passiva entra em seu campo de leitura, recebe este sinal e responde identificando sua presença. Este esquema é ilustrado na Figura 8. Resumindo as principais características, temos:

- Leitor comunica primeiro e a tag responde;
- Formatos variados, pequenos e baratos, com tempo de vida ilimitado;
- Baixa capacidades de armazenamento;
- Alcances de 2,54 centímetros a aproximadamente 9 metros (LAHIRI, 2006);
- Custo de cerca de 25-30 centavos de dólar cada tag, dependendo do: chip, substrato da antena, custo de montagem e de licença (MEHRJERDI, 2010). Porém, quando compradas em grandes quantidades (rolos) o preço pode cair drasticamente.

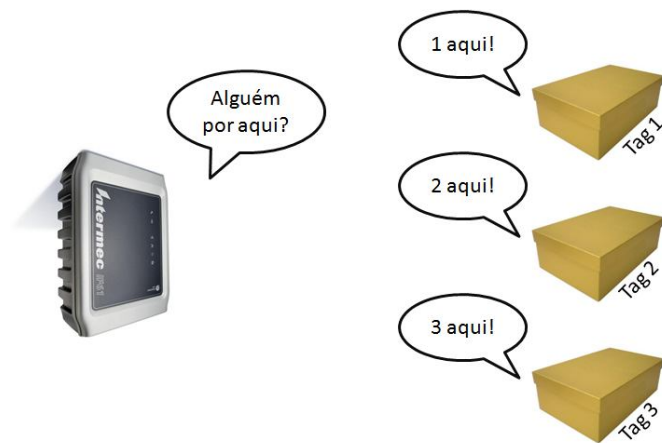


Figura 8 - Esquema de comunicação Leitor-Tag Passiva
 Fonte: Adaptado de Lahiri (2006) e Glover e Bhatt (2006)

A empresa Alien Technology, uma das mais famosas fabricantes de tags do mundo, cortaram seus custos, reduzindo os preços das tags passivas para menos de 0,20 centavos de dólar (COLLINS, 2004). A Figura 9 exemplifica alguns tipos de tags passivas, destacando seus componentes (antena e chip) e sua característica adesiva.



Figura 9 - Exemplos de Tags Passivas

2.3.1.1.1 Comunicação de tags passivas

A forma como as tags passivas se comunicam é curiosa partindo do ponto de vista que são apenas pequenos pedaços de plástico, sem fonte própria de energia. O que define a forma como uma tag passiva aproveitará a energia da onda enviada pelo leitor é seu acoplamento. “Um acoplamento determina a forma pela qual um circuito na tag e um no leitor influenciam um ao outro para enviar e receber informações ou energia” (GLOVER; BHATT, 2006). Alcances de leitura e frequências de operação são as características que afetam na escolha do acoplamento, mas esta característica é preocupação do fabricante, cabendo ao usuário apenas a escolha das tags compatíveis com o leitor e o sistema a ser utilizado. Existem três tipos de acoplamento mais utilizados: o difuso de retorno, o indutivo e o magnético.

- a) **Acoplamento difuso de retorno:** A idéia deste acoplamento, como já diz o próprio nome, é difundir ou refletir o sinal recebido pelo leitor para enviar o sinal de resposta, funcionando quase como um espelho que se abre e fecha. O sinal retornado é de mesma frequência, mas com características diferentes. Neste caso, a comunicação é realizada através de modulação de amplitude: além de refletir a energia de volta para o leitor, a antena joga um pouco da energia da onda recebida para o microchip através de micro transdutores e cristais piezoelétricos. O chip então controla o resistor variável que separa antena no meio (ilustrado na Figura 10). Para baixos valores de resistência, as

duas metades da antena se conectam e refletem o sinal com alta amplitude. Para resistências altas, as duas metades ficam separadas, diminuindo a amplitude do sinal, realizando a modulação por amplitude controlada por carga, de forma a transmitir exatamente o código armazenado no chip.

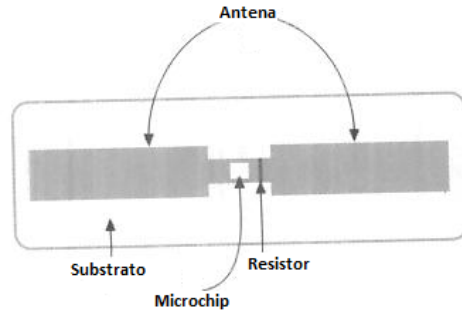


Figura 10 – Acoplamento difuso de retorno

Fonte: Glover e Bhatt (2006)

- b) **Acoplamento indutivo:** Muito semelhante ao funcionamento de um transformador de bobinas, neste caso, a antena da tag é enrolada em formato espiral, gerando um campo magnético através da onda recebida pelo leitor. Este campo magnético excita o surgimento de uma corrente elétrica que circula pela tag, exatamente como ocorre no secundário de um transformador. Isto fornece ao chip a energia necessária para se comunicar através da mesma modulação de amplitude controlada por carga.

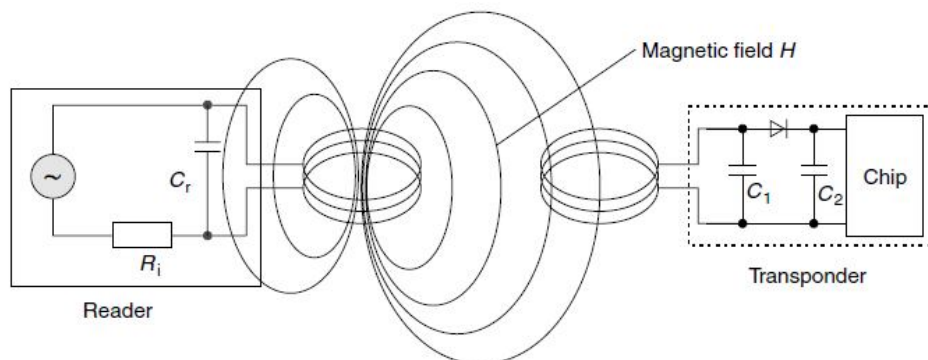


Figura 11 - Acoplamento Indutivo 1

Fonte: Finkenzeller (2003)

Existe um outro tipo de acoplamento indutivo que realiza comunicação modulada a frequência e não a amplitude. Para isso, a tag possui um capacitor que funciona como um oscilador interno, como visto na Figura 12.

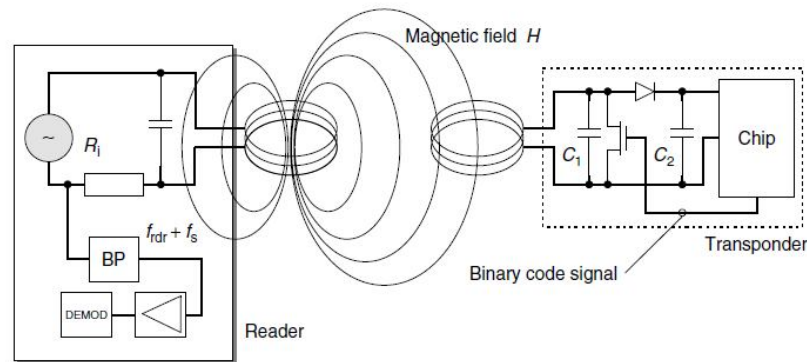


Figura 12 - Acoplamento Indutivo 2

Fonte: Finkenzeller (2003)

- c) **Acoplamento magnético:** A ideia do acoplamento magnético é a mesma do indutivo, utilizando o esquema de bobinas. A diferença é que a bobina do leitor é enrolada em um núcleo de ferrite na forma de U. Neste caso, a tag deve estar muito próximo ao leitor e colocada sobre a brecha de ar do núcleo de ferrite, realizando modulação por amplitude direta, sem uso do resistor. Isto limita a aplicação destes tipos de tags a casos cujos alcances de leitura podem ser muito pequenos, como controles de acesso por aproximação de cartões ou nos famosos *Smart Cards*, que serão abordados no tópico de aplicações.

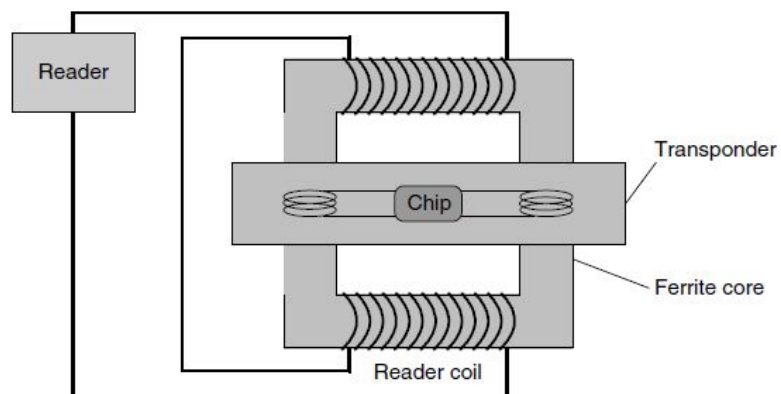


Figura 13 - Acoplamento Magnético

Fonte: Finkenzeller (2003)

2.3.1.2 Tag RFID Ativa

As tags ativas são aquelas que possuem uma fonte de energia on-board como, por exemplo, uma bateria ou até mesmo uma placa solar (LAHIRI, 2006), responsável por fornecer a energia necessária à comunicação sem utilizar a energia contida na onda emitida pelo leitor. Conclusão, as tags ativas são como circuitos receptores (alimentados por 7/12 Vcc), o que viabiliza a integração com outros eletrônicos internos ou externos como, por exemplo, microprocessadores ou sensores (termômetro), permitindo que a tag desempenhe tarefas especiais em conjunto com o leitor, como elemento atuador ou ativo. Veremos estes dispositivos (sensores e atuadores) mais adiante. A Figura 14 esclarece esta estrutura e o exemplo mais fácil de entender em relação a aplicação das tags ativas é o clássico pedágio “Sem Parar”, que precisa de mais potência para realizar uma leitura rápida (a tempo de abrir a cancela antes do carro passar) e em alta velocidade (carros são obrigados a passar em torno de 40 km/h).

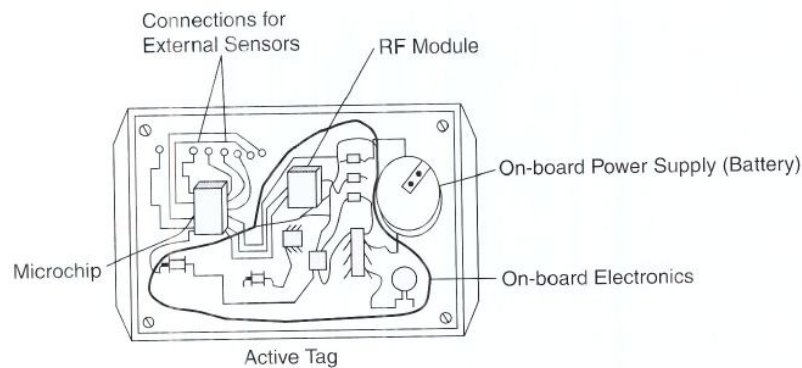


Figura 14 - Esquema Tag Ativa

Fonte: Lahiri (2006)

Em relação a comunicação, diferentemente das tags passivas, a tag ativa se comunica primeiro emitindo constantemente um sinal identificando sua presença e enviando seus dados (“Estou aqui, meu dados são esses”), independente da presença de um leitor. Quando ela se aproxima do alcance de um leitor, este responde firmando a comunicação e recebendo os

dados enviados. Devido a esta característica alguns estudos chamam as tags de ativas pelo nome de transmissores ou *transmitters* (LAHIRI, 2006).



Figura 15 - Exemplos Tags Ativas

Resumindo as principais características das tags ativas, tem-se:

- Tag comunica primeiro, seguida do leitor (transmite os dados continuamente com ou sem a presença de um leitor);
- Formatos pouco variados, maiores e mais robustos;
- Relativamente caras quando comparadas aos outros tipos;
- Tempo de vida reduzido (alguns anos);
- Alcances enormes, variando de 30 m a quilômetros (FINKENZELLER, 2003).

A função de seus componentes, vistos na Figura 14, não são muito diferentes das tags passivas, possuindo apenas características distintas pois tratam-se de CIs (circuitos integrados), além da presença da bateria e dos outros eletrônicos. Isto é, resumidamente:

- Microchip: Com capacidades maiores que os das tags passivas;
- Antena: Antena RF para transmissão e recepção dos sinais;
- Bateria e Eletrônicos integrados internos: Fornecimento de energia (bateria) e outros processamentos internos (eletrônicos).
- Conexão para eletrônicos externos: Sensores e atuadores externos.

As tags ativas são geralmente adotadas em aplicações que requerem alta quantidade de dados, localizações precisas, baixa taxa de erro de leitura, grandes quantidades de tags sendo lidas ao mesmo tempo, produtos em alta velocidade etc. Pelo fato de serem mais caras, são escolhidas em casos especiais, onde a aplicação de tag passiva é inviável ou onde o erro não pode ser tolerado.

2.3.1.3 Tag RFID Semi-Ativa

Por último e também chamadas de *battery-assisted tags* (tags com baterias), as tags semi-ativas são iguais as ativas exceto o fato de que “dormem” ou reduzem sua energia na ausência de uma interrogação do leitor. O leitor “acorda” a tag com um comando específico e esta realiza a sua tarefa e volta a “dormir”. Esta característica representa um grande ganho em termos de redução do ruído da frequência (uma vez que não ficam emitindo sinal o tempo todo) e em relação ao aumento da vida útil da tag que, economizando a sua bateria, pode chegar a alguns anos de duração (LAHIRI, 2006).

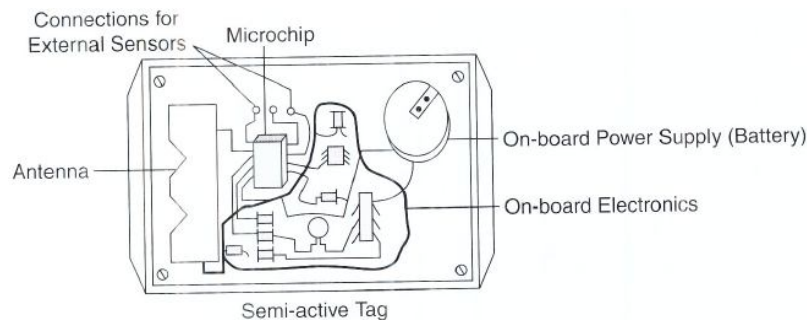


Figura 16 - Tag Semi-Ativa

Fonte: Lahiri (2006)

Segundo Lahiri (2006), resumindo as principais características, tem-se:

- Leitor se comunica primeiro, acordando a tag para realizar suas tarefas;
- Formatos pouco variados, maiores e mais robustos;
- Tempo de vida aceitável (maior do que as ativas, menor do que as passivas);
- Alcances razoáveis, na melhor das aplicações, até 30m (LAHIRI, 2006).

Nas tags semi ativas, o microchip recebe energia de uma pequena bateria, mas a tag ainda usa a reflexão do sinal do leitor para se comunicar, como descrito para as tags passivas.

2.3.2 Leitor RFID

Considerado o sistema nervoso central da parte de hardware de um sistema RFID (LAHIRI, 2006), os leitores, também chamados de *interrogators* (interrogadores) devido à sua característica de controlador da tag, são capazes de ler ou escrever dados em tags compatíveis aos seus protocolos de comunicação. São elementos intermediários, gerenciando eventos de baixo-nível e os enviando aos sistemas de software e controle (GLOVER; BHATT, 2006).

Os leitores podem ser ligados aos computadores em série (comunicação série RS-232 ou RS-485) ou através de rede com ou sem fio (Internet, Ethernet³ etc). A vantagem da ligação em série é a maior confiabilidade da comunicação e a desvantagem é a dependência no tamanho máximo do cabo que liga o leitor ao computador. No caso da ligação em rede, principalmente redes sem fio, a vantagem é não depender do tamanho do cabo, porém não é uma comunicação tão confiável quanto a série. A maioria dos leitores possui as duas portas de comunicação, deixando ao critério do usuário a escolha de uma delas.



Figura 17 - Leitor Móvel e Fixo, respectivamente

³ Assim como a Internet, é uma rede de comunicação, porém restrita a redes locais, ou redes LAN (Local Area Networks), baseada no envio de pacotes

Além disso, os leitores podem ser classificados em leitores fixos, que, como sugere o nome, são montados fixamente, e leitores móveis, que trabalham como um instrumento portátil, com antenas internas integradas. Os leitores móveis são menores e mais robustos e assim, mais caros. Já os leitores fixos possuem tipos e preços variados, oscilando entre 1.000 e 2.000 dólares (MEHRJERDI, 2010). A Figura 17 mostra a diferença física entre os tipos de leitores, sem entrar em maiores detalhes. As características principais já foram citadas e são suficientes na escolha de aplicação. Pelo fato de serem móveis e terem que se aproximar das tags para realizar a leitura, os leitores móveis são utilizados em casos especiais onde um leitor de código de barras não se aplica.

O esquema de comunicação leitor-tag pode ser visto na Figura 18 de maneira bastante simplificada, interessante para se notar o papel de ponte realizado por ele entre a leitura da tag e o servidos de middleware, onde se encontram o software da aplicação e os bancos de dados.

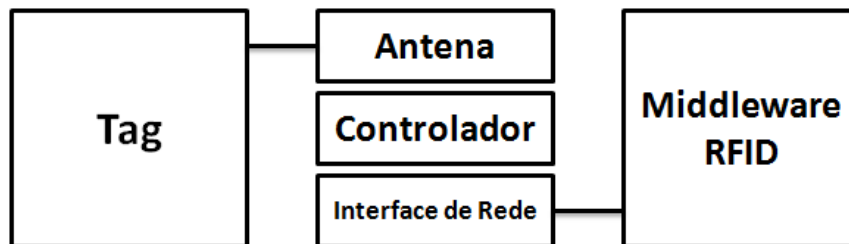


Figura 18 – Papel do leitor

Fonte: Adaptado de (Glover & Bhatt, 2006)

Outro importante componente de um sistema RFID são suas antenas, que enviam e recebem dados RF para e das tags. Os leitores podem ter múltiplas antenas capazes de enviar e receber ondas de rádio, como será visto a seguir.

Os leitores devem ser compatíveis com as tags que desejam ler. Isto é, os padrões e protocolos de leitura devem estar de acordo com os das tags e estas informações podem ser encontradas em seus dados técnicos (o mesmo se aplica para as tags). Alguns leitores mais especiais podem até suportar diversos protocolos diferentes, enquanto outros suportam ler apenas as tags do mesmo fabricante (GLOVER; BHATT, 2006). Os padrões e protocolos mais importantes, como já citado, são o ISO e o EPCGlobal e toda parte de protocolo de comunicação tag-leitor será descrita no tópico 2.4.

2.3.3 Antena RFID

Como descrito acima, um leitor RFID comunica-se com as tags através de suas antenas. Trata-se de um dispositivo separado fisicamente, ligado ao leitor em suas portas, através de cabos. O tamanho deste cabo é geralmente limitado, variando entre 1,83 e 7,62 metros (LAHIRI, 2006). Geralmente um leitor suporta de quatro a oito antenas e é ela que envia o sinal RF e recebe a resposta da tag. São geralmente caixas quadradas ou retangulares com tamanhos e características variadas, dentre elas, o tipo de polarização como, por exemplo linear ou circular, como mostrado na Figura 19.



Figura 19 - Antenas RFID

As antenas possuem duas formas de conexão com o leitor: a conexão RX, responsável por enviar as informações do leitor para a antena (e assim para a tag), e a conexão TX, responsável por enviar as informações da antena (enviadas pela tag) para o leitor. Desse modo a antena consegue receber informações do leitor e enviá-las para as tags e vice-versa. Existem antenas que possuem estas duas conexões em dois cabos separados e, portanto, o leitor na qual serão conectadas deve possuir portas RX e portas TX separadas. Porém, existem também as antenas que possuem as duas conexões no mesmo cabo e, neste caso, os leitores possuem apenas uma conexão do tipo RX/TX. Estas especificações também podem ser encontradas em seus manuais técnicos.

Como posicionar as antenas é uma característica importante que deve ser decidida levando em conta o campo ou bolha de leitura das mesmas, isto é, como as antenas irradiam seu campo de leitura. Alguns leitores fixos podem ter antenas embutidas e neste caso posicionar a antena seria posicionar o próprio leitor. Porém, quando as antenas são externas, podem ser posicionadas de diversas formas, personalizadas para cada tipo de aplicação e com objetivo de diminuir as perdas de leitura. Dentre os formatos mais famosos estão os portais, os túneis, as “prateleiras inteligentes” e muitos outros, como exemplificado na Figura 20.



Figura 20 - Formatos das antenas RFID

Fonte: (Glover & Bhatt, 2006)

Geralmente as antenas são fabricadas para leitores específicos e, portanto, os fabricantes dos leitores fornecem as antenas e as suas especificações. Porém, alguns leitores suportam diversos tipos de antenas. Dentre estes fabricantes de antenas, os mais famosos são: Impinj, Intermec, Motorola, Symbol e ThingMagic.

2.3.4 Impressora RFID

Hoje em dia, já se pode afirmar que as impressoras são elementos importantes do sistema de Identificação por Rádio Frequência, sendo responsáveis pela impressão térmica das informações externas à etiqueta, assim como da gravação do número EPC no chip. A impressora traz a praticidade de se cadastrar uma informação em um computador e imediatamente imprimir uma tag com aquelas informações e colá-la ao dispositivo que se deseja controlar.

Um bom exemplo é no cadastro de pessoas. Em um hospital, uma secretária pode cadastrar as informações do paciente no sistema e imprime uma pulseira com uma tag que contém suas informações e já colocá-la em seu braço. Nestes casos, as impressoras são alimentadas com rolos de tags virgens (sem código pré-cadastrado) e adesivas. A impressora possui um leitorRFID interno e cadastra os dados no chip durante a impressão. Além da tag RFID, estes rolos podem ser mais evoluídos, imprimindo etiquetas com informações completas com detalhes informativos, código de barras e outras informações.



Figura 21 - Impressora RFID

Assim como os Leitores e as Antenas, existem atualmente vários fabricantes de impressoras, cada qual com suas características e especificidades. As principais características de uma impressora RFID são: velocidade de impressão, método de impressão, resolução, tamanho suportado para impressão, memória, entre outras (LAHIRI, 2006). Entre os fabricantes de maior destaque estão: Intermec, Datamax, Printronix, Sato, Toshiba, Zebra e Avery Dennyson.

2.3.5 Sensores e Atuadores

O fluxo de informações dentro de um sistema RFID pode correr em dois sentidos (indo ao leitor ou vindo do leitor), possibilitando que sistemas de automação possam ser montados, utilizando sensores e atuadores. Em um sentido, os sensores podem ser alocados de forma a comunicar o leitor sobre algo (temperatura, presença etc), que por sua vez pode tomar uma

medida através de eventos programados por software. Já os atuadores, trabalhando em sentido contrário e podem responder ativamente recendo comandos do leitor, caso alguma situação seja reconhecida (luzes podem acender, catracas abrirem, alertas sonoros podem ser emitidos etc).



Figura 22 - Sensores e Atuadores

Os tipos de sensores e atuadores são diversos e devem ser escolhidos de acordo com as necessidades de aplicação. A Figura 22 exemplifica alguns desses atuadores mais utilizados em instalações industriais.

2.3.6 Middleware RFID

Visto como o sistema nervoso, agora da parte de software, de uma aplicação RFID, o middleware representa a ponte entre os dados coletados pelo leitor e o host ou sistema de software, sendo sua parte mais complexa. Em casos extremamente simples, os dados do leitor podem ser transferidos diretamente para o host, mas o middleware tem a vantagem de viabilizar uma interface de comunicação e o mais importante, de padronização entre eles. Esta interface também tem a vantagem de ser customizada para se adequar as necessidades do cliente, facilitando o controle.

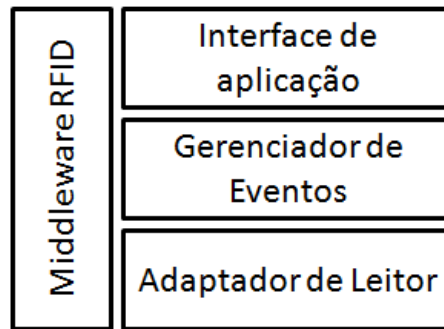


Figura 23 - Middleware RFID

Fonte: Adaptado de Glover e Bhatt (2006)

Projetar a parte de hardware é de fundamental importância para que a estrutura suporte a leitura de cada caso de aplicação. Porém, os equipamentos estarem todos alinhados e com boa precisão de leitura não é suficiente se os dados recebidos e enviados não forem processados corretamente. Nesse ponto o middleware age partindo de três funcionalidades (GLOVER; BHATT, 2006):

- a) **Interface entre leitores:** Em uma aplicação podem existir diversos tipos diferentes de leitores e cada um trabalha com suas informações de forma distinta. Neste caso o middleware padroniza a leitura de todos, poupando ao sistema o trabalho de aprender e lidar com estruturas diversas.
- b) **Gerenciador de eventos:** Diversos leitores produzem diversas informações. Nem todas essas informações são desejadas em uma aplicação e, neste caso, o middleware realiza um papel intermediário filtrando as informações “brutas” para jogá-las para serem processadas pelo software através da interface de aplicação.
- c) **Interface de aplicação:** Como mencionado acima, é a interface de aplicação que recebe os dados filtrados e os padroniza para enviá-los ao software e receber suas respostas, executando ações quando necessário. Além disso, fornece uma API (*Application Programming Interface*) para configurar e monitorar os leitores, sensores e atuadores de maneira padrão.

2.3.7 Sistema RFID

A Figura 24 é uma das que melhor demonstra um sistema RFID e a interação entre seus componentes, exemplificado através de um fluxo de informações caminhando sequencialmente pela rede, desde a atuação de sensores, leitura da tag, até o processamento do software. Este exemplo finaliza a parte técnica dos componentes, restando apenas a teoria de protocolos de comunicação para finalizar o estudo sobre o funcionamento da tecnologia.

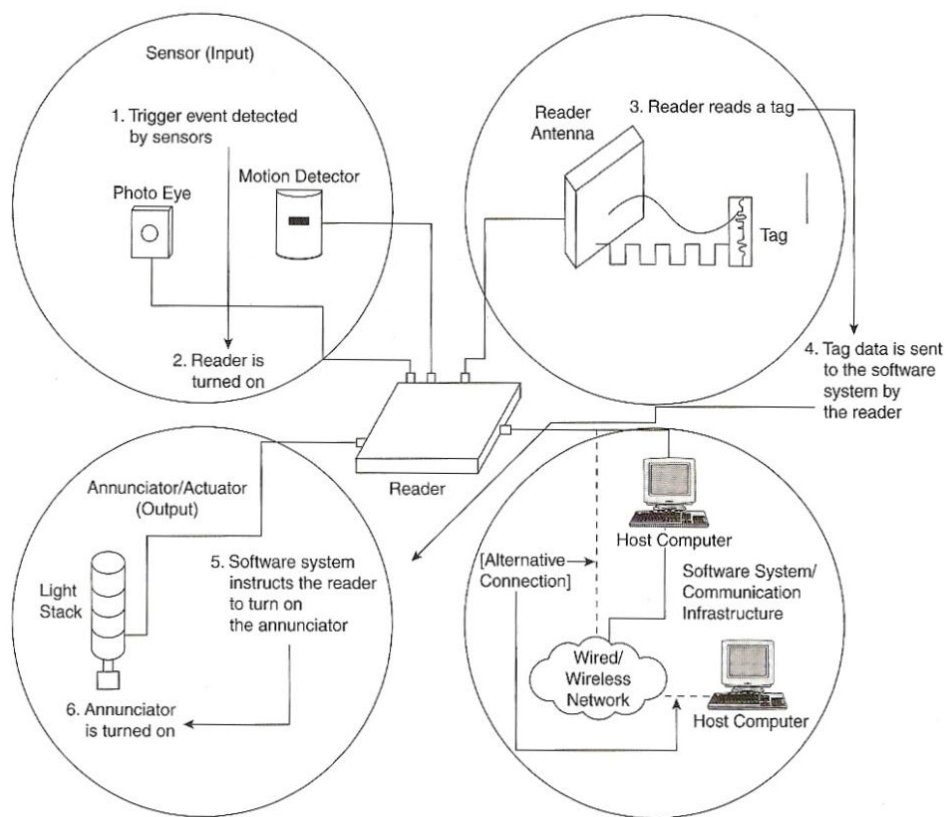


Figura 24 - Sistema RFID completo

Fonte: Lahiri (2006)

No exemplo da Figura 24, um sensor reconhece um evento pré-programado (exemplo: uma temperatura que ultrapassou um certo limite) e avisa o leitor, que por sua vez lê a tag para entender de que informação se trata. As informações lidas são transferidas para serem

processadas e a resposta do software passa novamente pelo leitor para ativar um atuador (acende a luz ou alarme), informando as pessoas responsáveis pelo evento (problema da temperatura). Exceto da parte técnica, o exemplo demonstra a automatização trazida pela tecnologia e nesse sentido devem ser todos os projetos de aplicação que escolham trabalhar com a tecnologia de rádio frequência.

A escolha dos equipamentos mais adequados para uma aplicação não passa apenas pela necessidade do ambiente e dos equipamentos de melhor desempenho técnico. Um fator decisivo para o sucesso dos projetos e do funcionamento do sistema RFID são os protocolos e padrões que regem a comunicação entre leitor e tag. Entendem-se por padrões e protocolos as regras que estabelecem não apenas as frequências que serão utilizadas (principalmente porque devem ser autorizadas pelo governo), mas também a comunicação de fato, garantindo que tag e leitor falem a “mesma língua” através da forma como estruturam seus dados. Leitores e tags de protocolos distintos não conseguem se entender se não trabalharem com o mesmo protocolo.

2.4 Protocolo de comunicação

De maneira simples, um protocolo pode ser definido como "as regras que governam" a sintaxe, semântica e sincronização de uma comunicação. Para a comunicação entre tag e leitor, diversos protocolos foram estabelecidos focando comunicação RF e definindo também padrões de armazenamento dos dados. Os protocolos são definidos na fabricação dos equipamentos e fazem parte de suas características técnicas. Porém, um leitor, por exemplo, não se limita a um único protocolo, suportando diversos tipos diferentes, especificados pelo fabricante. Já os padrões são características da aplicação (frequência de operação, tipo de aplicação etc). Mais famosos, os protocolos EPC e os padrões ISO são hoje mundialmente aceitos e unanimidade dentre os fabricantes de tags e leitores quando se fala na tecnologia RFID.

Quando se define um protocolo de comunicação, se trabalha em duas vertentes: a comunicação em si (como os dados serão transmitidos: frequência de operação etc) e a organização dos dados (que padrão ou linguagem devem seguir e como são arranjados). No caso

da tecnologia RFID, para cobrir estes dois aspectos existem diversos protocolos e um trabalho inteiro poderia ser feito sobre eles. Os protocolos abaixo são os mais citados segundo uma análise estatística (LAHIRI, 2006), porém o destaque é dado somente aos famosos protocolo EPC e padrão ISO, descritos nos tópicos 2.4.1 e 2.4.2:

- **ANSI:** *American National Standards Institute*
- **AIAG:** *Automotive Industry Action Group*
- **EAN.UCC:** *European Article Numbering Association International and Uniform Code Council*
- **EPCglobal**
- **ISO:** *International Organization for Standardization*
- **CEN:** *Comitè Européen Normalisation*
- **ETSI:** *European Telecommunications Standards Institute*
- **ERO:** *European Radiocommunications Office*
- **UPU:** *Universal Postal Union*
- **ASTM:** *American Society for Testing and Materials*

2.4.1 EPCglobal

A EPCglobal, Inc., instituição sem fins lucrativos, é uma associação entre as organizações UCC e EAN, que visa estabelecer padrões mundiais para projetos e implementações que trabalhem com o código EPC e o sistema EPCglobal Network. Segundo Glover e Bhatt (2006), este sistema é um conjunto de tecnologias de fornecimento e compartilhamento de informações sobre produtos (framework padrão para troca de informações sobre produtos), dentro ou fora de um empresa, podendo ser aplicado em diversos tipos de aplicações. De maneira geral, este padrão é constituído de cinco partes principais:

- **EPC:** Definição do padrão de código EPC (descrito abaixo);
- **ID System:** Definição de compatibilidade entre tags e leitores baseados no código EPC;
- **Middleware:** EPCglobal middleware;
- **Discovery Services:** Bancos de dados e servidores, como por exemplo, o ONS;
- **EPCIS:** Interface de padronização do fluxo de informações.

2.4.1.1 Electronic Product Code

O EPC é um código único de identificação de produtos ou pessoas. Trata-se de um código simples e compacto, mas que pode gerar milhares de identificações únicas (GLOVER; BHATT, 2006). Com o código EPC, é possível contar todas as pessoas do mundo usando 33 bits, todos os grãos de areia das praias do mundo com 60 bits e até mesmo todos os fótons do universo com 293 bits.

Os códigos EPCs podem ter diferentes tamanhos, sendo mais utilizado tags EPCs de 64, 96, 128 e 256 bits. A estrutura do código é dividida em quatro partes, como mostrado na Figura 25: um cabeçalho, contendo informações de como o código está escrito, um código identificando o fabricante, um código de identificação do lote, seguido da identificação única do produto. Como comparação, o código EAN, presente no código de barras, é composto por 13 dígitos: o identificador do país, da empresa, do fabricante (lote) e um dígito de verificação.

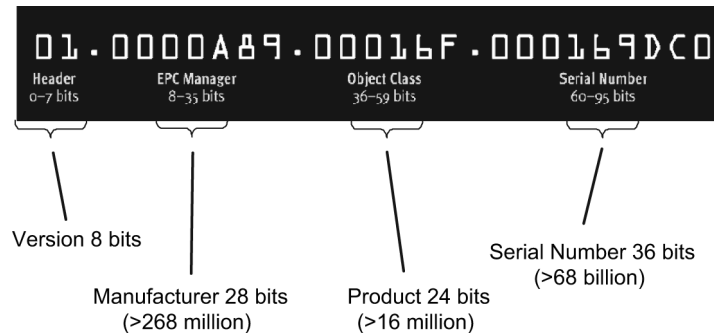


Figura 25 - Código EPC

2.4.2 Padrões ISO

A ISO é uma rede de instituições nacionais de padronização de 146 países (uma por país), como uma central que coordena o sistema. A maioria dos padrões ISOs aplicados para tecnologia RFID encontram-se listados no Anexo I (LAHIRI, 2006), possuindo ramificações que serão detalhadas apenas para o caso do ISO 18000, padrão mais utilizado.

2.5 Vantagens e desvantagens da tecnologia RFID e sua comparação com o código de barras

A parte técnica da tecnologia encontra-se completa e uma análise geral pode ser feita sobre algumas de suas vantagens e desvantagens, resumindo os conceitos abordados até o momento e servindo como base inicial do estudo de custo benefício, ganhos e problemas a enfrentar, consolidado ao longo deste trabalho.

Esta análise leva em consideração apenas as características da tecnologia, sem considerar que quando aplicada a sistemas reais existem uma série de interações e outras análises locais que devem ser realizadas, parte que ficará mais clara depois dos exemplos de aplicação do tópico 3.

2.5.1 Vantagens da tecnologia

- Identificação única dos itens através do código EPC;
- Alta capacidade de armazenamento de informações nos chips;
- Automatização dos processos e conseqüente diminuição de interferência humana;
- Detecção sem fio e, portanto, sem necessidade da proximidade produto-leitor;
- Alta durabilidade;
- Etiquetas possuem formatos maleáveis, adaptando-se aos itens;
- Baixo tempo de resposta, o que permite a gestão e controle de produtos em velocidade;
- Condição de trabalho em ambientes hostis;
- Capacidade de leitura através dos materiais;
- Leitura simultânea, possibilitada por um algoritmo de anti-colisão, de aproximadamente 1600 tags por segundo (LAHIRI, 2006).

2.5.2 Desvantagens da tecnologia

- Falta de conhecimento e familiaridade com a tecnologia;
- Custo elevado dos equipamentos;
- Uso em materiais metálicos ou úmidos, que interferem no alcance das antenas;
- Padronização das frequências de trabalho e acordo com as normas.

2.5.3 Comparação com o código de barras

Segundo Richard Schaeffer, vice-presidente do Hospital St Clair em Pittsburgh, “Muitos sistemas de saúde hesitam em adotar o código de barras devido ao conceito de que a tecnologia de RFID irá torná-lo obsoleto” (YOUNG, 2006). Do ponto de vista da concorrência, a alternativa com a qual o RFID tem que esgrimir argumentos é com o código de barras, tipo de identificação de dados mais comum e mais utilizado atualmente segundo Jones e Chung (2008). Porém, a razão fundamental pela qual a utilização do código de barras ainda é preferida em relação a tecnologia RFID em alguns casos tem a ver com o seu preço. Na realidade, o código de barras é muito simples e fácil de se aplicar, possuindo um padrão bem conhecido por todos, ao contrário da tecnologia RFID.

O Código de Barras é um sistema de identificação aplicado a produtos. Trata-se de um código binário que compreende barras em preto e aberturas em branco arranjadas numa configuração paralela de acordo com um padrão predeterminado. A sequência binária, composta de barras largas e estreitas e de aberturas, representa dados numéricos e alfanuméricos e sua leitura é realizada pela exploração óptica do laser, isto é, pela reflexão diferente de um feixe de laser das barras do preto e das aberturas brancas.

Geralmente é usado para identificar itens indicando, por exemplo, o seu fabricante, última localização e preço. Entretanto, os códigos de barras só funcionam dentro de determinados parâmetros, como por exemplo:

- O código de barras deve estar à vista do leitor (YOUNG, 2006);
- O leitor deve estar próximo (15 a 30 cm) do código de barras (LAHIRI, 2006);
- Código e leitor devem estar bem orientados para se realizar a leitura (YOUNG, 2006);
- Devem-se ocupar as duas mãos para realizar a leitura (YOUNG, 2006).

As etiquetas que contém o código de barras podem ser facilmente alteradas e o código copiado ou danificado além de não possuir características de segurança (detectar quando um item está sendo roubado, por exemplo). Ao mesmo tempo, a popularidade da tecnologia RFID

não para de crescer e, além disso, fornece uma complementaridade que o código de barras não é capaz de oferecer, aumentando a quantidade de informações sobre o produto na própria etiqueta dados anexada sobre ele. Existem diversas diferenças entre as duas tecnologias, mas uma das maiores vantagens da RFID é que a tag a ser lida pelo leitor não precisa necessariamente estar em seu campo de visão, sendo lida remotamente, inclusive a enormes distâncias.

Em termos de segurança, o código único de identificação que podem vir de fábrica ou ser parametrizados pelo usuário, podem ter seu conteúdo protegido por senhas (códigos ou passwords). Outra das funcionalidades desta tecnologia em comparação ao código de barras é a possibilidade de leitura de múltiplas tags, que na realidade, não é simultânea mas é feita com tanta rapidez que é imperceptível para o ser humano.

A discussão entre as duas tecnologias é tão grande que outro trabalho poderia ser feito sobre isso. Portanto, para simplificar a comparação, a Tabela 2 resume as principais características das, atualmente, disputadas tecnologias.

Característica	RFID	Cód. Barras
Formato	Variados	Etiquetas
Necessidade de contato visual	Não	Sim
Vida útil	Alta	Baixa
Escrita de dados	Sim	Não
Leitura simultânea	Sim	Não
Capacidade de armazenamento	Alta	Baixa
Custo	Alto	Baixo
Custo de manutenção	Baixo	Alto
Reutilização	Sim	Não
Rastreabilidade	Do lote	Código único
Distância máxima de Leitura	metros	Cm

Tabela 2 - Comparação RFID x Código de barras

Entretanto, embora a tecnologia RFID seja vista como substituta do código de barras, as duas tecnologias podem e, segundo alguns autores, devem coexistir. A maioria das empresas ou das aplicações de maneira geral que utilizam o código de barras não mudam radicalmente para a tecnologia RFID devido a diversos fatores como custo, complexidade da nova tecnologia e

tradicionalismo (costume e facilidade em se trabalhar com a tecnologia antiga). A mudança ocorre aos poucos e os sistemas muitas vezes se completam, buscando combinar as vantagens das duas tecnologias e minimizar as desvantagens das mesmas (relação ganha-ganha), isto é, minimizando custo (volume de tecnologia RFID será menor) e automatizando sistemas mais complexos, deixando aqueles mais simples e manuais por conta do código de barras.

Dentro de ambientes hospitalares, tags RFID também são preferíveis aos códigos de barras em alguns casos. Alguns modelos de tags podem suportar e manter seus dados intactos quando submetidas a irradiação de raios-x e a procedimentos de esterilização a calor (MEHRJERDI, 2010). Ainda no exemplo do Hospital St Clair, a idéia foi aplicar a tecnologia RFID para controle de medicação dos pacientes. Quando o hospital cotou a mudança do sistema do código de barras para a nova tecnologia, o custo, segundo eles, seria exorbitante - “Nós recebemos 1,3 milhões de medicamentos por ano. Aplicar RFID em todos eles seria absurdamente caro”. Assim, a medida foi combinar as tecnologias, aplicando tags RFID nos crachás dos funcionários, em pulseiras dos pacientes e em produtos preparados para a farmácia, mas continuando a usar código de barras em todos os outros medicamentos. A tecnologia RFID neste caso salvou algum tempo para os funcionários permitindo que eles reaproveitem esse tempo em seu trabalho. Outra característica destacada pelo vice presidente do hospital é a leitura remota da tag, reforçando que em alguns casos os pacientes estão com braços cobertos ou engessados, o que não impede a leitura das informações (YOUNG, 2006), mesma idéia adotada para usuários de pistas de ski, abordado no tópico 3.2.2.

Como nem tudo é perfeito, o hospital também reforça o cuidado que se deve tomar para que os leitores não confundam os pacientes. Os alcances de leitura não podem ser pequenos de modo que os pacientes tenham que se aproximar dos leitores, mas também não podem ser muito grandes, de forma que tenham problemas em lidar com leituras de diferentes pacientes ao mesmo tempo. Para os donos do hospital, a melhor prova de que combinar as tecnologias tem resultado positivo é financeira. O hospital vêm economizando cerca de 630.000 dólares por ano, o que, segundo Young (2006), é mais do que suficiente para pagar pelo sistema.

3. APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA RFID

Apesar de todo o estudo apresentado sobre a tecnologia, seu funcionamento, seus componentes e até suas vantagens e desvantagens, nem sempre a teoria consegue prever todos os detalhes que ocorrem na prática e, no caso da tecnologia RFID, os problemas encontrados a tornam mais desafiadora do que propõem seu conceito teórico. Apesar da tecnologia ser relativamente simples, adequá-la aos sistemas existentes e fazê-la funcionar conforme desejado é um mais complexo e assim, ter conhecimento sobre aplicações anteriores, as funcionalidades obtidas, como trabalharam com as funcionalidades da tecnologia e quais problemas enfrentaram é importante para a qualidade de um projeto.

Independente dos exemplos de aplicação, a tecnologia RFID oferece benefícios práticos para quase qualquer pessoa que precise registrar bens ou controlar itens de maneira geral (pessoas, animais, materiais etc). Exemplos diversos de aplicação se aproveitam dessa característica, desde fabricantes que melhoram o planejamento da cadeia de fornecimento e execução, varejistas que a usam para controlar roubo, aumentar a eficiência nas suas cadeias de fornecimento e melhorar o planejamento da demanda, até fabricantes farmacêuticos que usam sistemas RFID para combater o comércio de remédios falsificados e reduzir erros no preenchimento de receitas (GLOVER; BHATT, 2006). As autorizações do DoD e a aposta do Wal-Mart forçaram muitas cadeias importantes de varejo e fabricantes de bens de consumo a começaram a testar a identificação de contêineres e caixas para melhorar o gerenciamento da remessa aos clientes nos EUA (GLOVER; BHATT, 2006), despertando o interesse de muitas outras empresas, tornando conhecido o lado comercial da tecnologia.

Transformar itens em números seriais pode significar automação mais rápida e parceiros de negócios podem finalmente compartilhar informações sobre bens do início ao fim da cadeia de fornecimento, identificando em tempo real a localização atual e situação dos mesmos. Adicionalmente, a possibilidade de criar interfaces personalizadas para os processos podem torná-los menos trabalhosos para os envolvidos e aplicações mais evoluídas poderiam informar, por exemplo, quais roupas no seu armário combinam (GLOVER; BHATT, 2006). Algumas aplicações até propõem armários e remédios inteligentes que poderiam prevenir os usuários

contra a ingestão de dois medicamentos que possam interagir negativamente. Apesar dessas aplicações já estarem sendo executadas em estágios pilotos, estes exemplos mais revolucionários mostram que a tecnologia possui limites altos, levando alguns autores a mencionar que a tecnologia vai até onde a imaginação consegue chegar.

Quando se fala em RFID, logo se lembra das aplicações de logística, identificação de paletes, identificação de animais e controle de itens. Embora a fama da tecnologia seja direcionada a supply-chain e indústrias de bens de consumo empacotados (GAMPL; ROBECK; CLASSEN, 2008), o raio de aplicação da tecnologia vai muito além dessas áreas e seu potencial não se limita a aplicações já existentes, mas também a qualquer área que possa aproveitar os benefícios trazidos por ela. Algumas dessas áreas estão em fases iniciais de aplicação, outras de planejamento, outras de testes e outras ainda não atraíram a atenção do mercado.

3.1 Histórico de aplicações

A história das aplicações da tecnologia RFID, posteriores a Segunda Guerra Mundial, tem muita relação com o avanço do uso de tecnologias de identificação automática. O também antigo código de barras é o grande referencial histórico do surgimento das primeiras aplicações de rádio frequência. Para se ter uma idéia, segundo Jones e Chung (2008), as aplicações de identificação automática incluíam os registros de vagões ferroviários e identificadores de chassis que têm sido usados desde a década de 1980 para registrar automóveis por uma linha de montagem. Nas décadas de 1970 e 1980, RFID já era usada para registrar gado leiteiro e na década de 1990, foi a indústria de carne quem começou a registrar gado usando identificadores de orelha de 5 dólares (GLOVER; BHATT, 2006).

No final do século XX, a tecnologia recebeu a atenção dos EUA (DoD e Wal-Mart) e da Europa (Metrô AG e Tesco) e sua aplicação, que inicialmente era vista como requisito para se adequar ao novo mercado, passou a ser escolha e aposta de outras empresas (AHSON; ILYAS, 2008). Durante este período, a baixa dos custos inspirou uma transição estável do registro de unidades de envio (lotes, como no caso do código de barras) para o registro de itens individuais, através do código EPC (GLOVER; BHATT, 2006). Hoje o cenário caminha para que padrões RFID,

redes de informações, acordos de negócios, segurança abrangente e políticas de privacidade se solidifiquem ao ponto em que indústrias e cadeias de fornecimento inteiras possam compartilhar informações apropriadas de forma confiável e exclusiva a usuários pré-definidos.

Segundo os autores Glover e Bhatt (2006), no futuro, a moda RFID será completa e marcada pela adoção disseminada da tecnologia, não apenas para grandes sistemas como também para pequenas aplicações, inclusive caseiras. Tags RFID deixarão de ser simplesmente rótulos aplicados a itens e serão acrescentados como partes integrais no momento de fabricação ou como parte do empacotamento de produtos.

3.2 Detalhamento de algumas aplicações

Embora existam milhares de exemplos de aplicações da tecnologia RFID, alguns exemplos padrões vem sendo mais utilizados hoje em dia e são classificados para facilitar o seu entendimento e as funcionalidades de cada uso. Descrevem-se neste tópico algumas dessas aplicações comerciais como rastreamento e controle de itens (essência da tecnologia, sendo sua aplicação mais simples), controle de acesso, *smart cards* e pagamento eletrônico, além de um exemplo mais recente como controle de babagens em aeroportos. As aplicações médicas, foco deste trabalho, serão abordadas no tópico 4.3, mas diversos conceitos utilizados para aplicações hospitalares são consequência destas aplicações, que servem como base e referência de outros projetos.

Um grupo europeu, formado por 12 empresas envolvidas direta ou indiretamente com RFID, chamado de CE RFID (*Coordinating European Efforts for Promotion the European RFID Value Chain*) elaborou um material conhecido como "*The RFID Reference Model*" (Modelo de Referência), onde estrutura os diferentes campos da aplicação da tecnologia com objetivo de avaliar requisitos como padrões, componentes a serem utilizados e proteção de dados (GAMPL; ROBECK; CLASSEN, 2008).

Segundo eles, a tecnologia pode ser usada em diversas áreas do dia a dia e quando o campo de aplicação é vasto, um modelo é bem vindo para ajudar a classificar as aplicações e entender o que pode ser alcançado com os sistemas. Para isso, classificam as aplicações em grupos e passam a analisar cada grupo separadamente. Somente para se ter uma idéia do

modelo de classificação criado, o grupo o separa em 3 fases: começa pelo tipo de aplicação (Controle de Objetos ou Controle de Pessoas); depois passa para o campo de aplicação (Logística, Controle de Produção, Segurança de Produtos, Controle de Acesso, Pagamentos, Health Care, Esportes e Serviços Públicos) e por último elenca as subcategorias dentro dos campos de aplicação, como mostrado no Anexo II deste trabalho. Não trata-se de uma categorização unanime, porém representa um estudo válido que pode ser usado como guia para o detalhamento de projetos de aplicação.

3.2.1 Rastreamento e controle de itens (pessoas, animais, materiais)

Uso mais simples e mais conhecido da tecnologia, esta aplicação pode ser caracterizada por anexar tags EPCs a itens que se deseja rastrear. Trata-se da alocação de leitores em pontos estratégicos onde se deseja controlar a movimentação do item, chamados de *choke points*. Assim, as tags podem ser lidas nestes locais específicos enquanto os itens se movem de uma região para outra. Quando a leitura é realizada frequentemente e associada com a hora, as informações sobre os itens rastreados podem ser disponibilizadas em tempo real, representando um ganho para as aplicações, principalmente para os casos em que se deseja rastrear o item durante toda sua cadeia de suprimentos.

Segundo Lahiri (2006), neste caso, a tecnologia RFID pode ser usada com tags passivas ou ativas, geralmente em UHF ou até mesmo combinada com satélites em aplicações mais robustas. Claramente, quanto mais pontos de leitura o usuário colocar, melhor será a precisão da localização dos itens que deseja controlar, porém maior será custo do sistema. Aumentar o número de antenas também encarece a aplicação, mas aumenta a precisão das leituras, diminuindo a chance de perda ou problemas.

Como se tratam geralmente de aplicações mais simples, as observações de implementação são análise de custo, interferências, possíveis falhas de leitura e impacto nos processos.

Um dos primeiros usos de RFID foi no rastreamento do gado de leite. Animais de estimação e gado de todos os tipos são rotineiramente identificados com cápsulas de vidro

injetáveis ou identificadores de orelha. Estas tags são usadas para identificar animais de estimação perdidos ou para ordenar, cuidar e registrar o histórico do animal. Além disso, a tecnologia também tem sido usada cada vez mais para registrar, controlar e rastrear produtos, bens (hospitais, por exemplo) e remédios (GLOVER; BHATT, 2006).

Entretanto, estas aplicações não se restringe apenas ao controle de objetos e animais e, ultimamente, o rastreamento de pessoas está sendo cada vez mais utilizado. Pacientes são os alvos principais quando se fala do rastreamento de pessoas, mas existem outros projetos como, por exemplo, o de alunos selecionados da Escola de Ensino Fundamental de Rikkyo, no Japão, que não precisam mais responder a chamadas em classe, sendo identificados por tags amarradas em suas mochilas, detectadas por sensores na porta da escola e das salas (SANTANA, 2005).

Por se tratar da aplicação mais comum da tecnologia e de suas aplicações mais famosas e destacadas, este ramo apresenta os exemplos mais diversos possíveis, servindo como base para qualquer outro tipo de controle que se deseja obter. Qualquer outra funcionalidade da tecnologia acaba se resumindo a identificação (ou autenticação) de itens que, só é possível de ser feito, através do controle e rastreamento dos mesmos.

A Figura 26 é um exemplo bastante simples e ilustra como os itens podem ser controlados e acompanhados por diversos atores de uma cadeia de suprimentos, em tempo real. Os produtos são tagueados no fabricante e seus leitores identificam quando são liberados rumo ao distribuidor, que, por sua vez, pode ser avisado automaticamente (através de email ou qualquer outra notificação). A mesma lógica se aplica ao resto da cadeia até chegar ao cliente final.

A lógica e o software utilizado, mostrado no Anexo III, exemplificam como um item pode ser rastreado ao longo de seu fornecimento e como pode ser procurado dentro de uma loja, identificando quando está em falta e já realizando uma encomenda automática ao fabricante. Trata-se de um caso real do controle de *supply-chain* (LAHIRI, 2006).

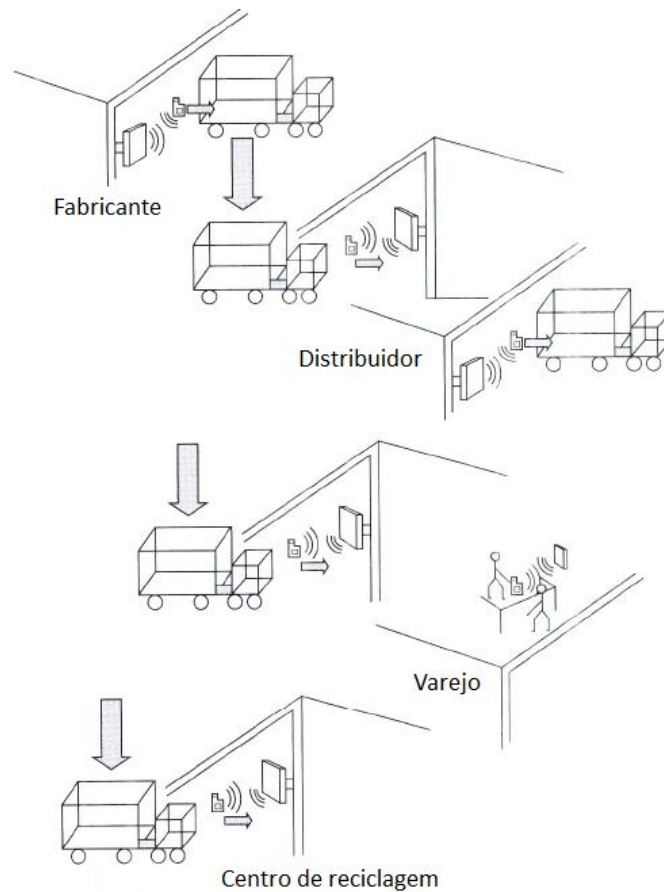


Figura 26 - RFID para Supply Chain

Fonte: Lahiri (2006)

Com o objetivo de identificar oportunidades e desafios de implantação do controle de itens através de sua cadeia de suprimento, um grupo de trabalho formado pela CBD (Companhia Brasileira de Distribuição), em parceria com os parceiros Accenture, Procter & Gamble, Gillette e CHEP, desenvolveu um piloto utilizando solução RFID. No projeto, paletes circularam durante dois meses entre os Centros de Distribuição das empresas participantes do estudo, Procter & Gamble e Gillette, e o Centro de Distribuição da CBD, com monitoramento das informações de movimentação das mercadorias, transmitidas pelas etiquetas. A iniciativa foi apresentada em diversos fóruns no Brasil e também em fóruns internacionais nos Estados Unidos, México, Chile, Argentina e Inglaterra. O reconhecimento do trabalho culminou com o recebimento do Prêmio ABML (Associação Brasileira de Movimentação e Logística) 2005, no mês de dezembro, na Fiesp, em São Paulo (ACCENTURE, 2005).

Segundo o artigo de publicação do projeto (ACCENTURE, 2005), não se discute mais o potencial da tecnologia, mas sim quando ela será disseminada nas indústrias, centros de distribuição e nas embalagens dos produtos. Para acompanhar os estudos em andamento nos centros de pesquisa ao redor do mundo, no fim de 2002, foi proposta pela CBD – Grupo Pão de Açúcar, a criação deste grupo de trabalho. O objetivo era estudar a viabilidade de aplicação da tecnologia de etiquetas inteligentes à realidade brasileira e ao fim do projeto, relacionar custos e benefícios, além de traçar um mapa de aplicação da tecnologia no país.

Estudos conduzidos nos EUA e Europa indicam que a adoção da solução RFID/EPC implica impactos diretos sobre a cadeia de suprimento (explicada na Figura 27), trazendo melhorias operacionais consideráveis. No entanto, essas melhorias estudadas são capturadas de forma e em graus diferentes de benefícios para cada fornecedor e varejista, ao longo da cadeia.

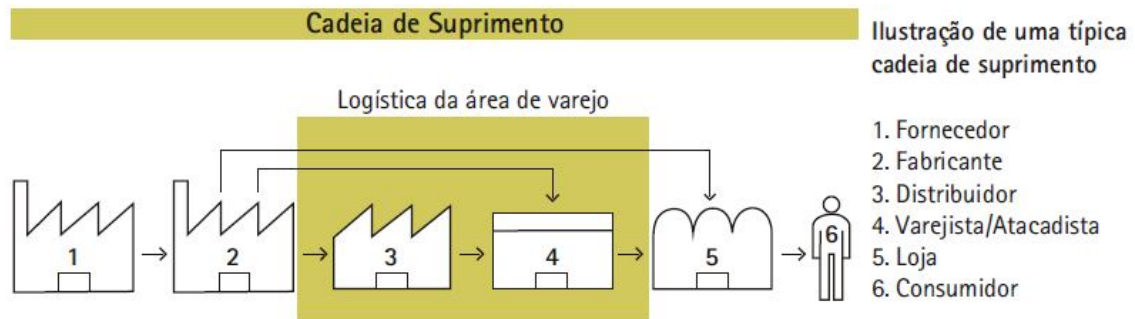


Figura 27 - A Cadeia de Suprimento do Futuro 1

Fonte: Adaptado de Accenture (2005)

O piloto foi desenvolvido entre setembro e dezembro de 2004, nas instalações industriais e centros de distribuição das empresas parceiras, instaladas na Via Anhanguera, em São Paulo, e compreendeu a circulação e o monitoramento de 1000 paletes CHEP etiquetados. Em dois meses, foi possível provar um pouco dessa nova tecnologia entre fábricas e centros de distribuição. O foco do projeto foi concentrado nos processos de recebimento e expedição de mercadorias, assim como na troca de informações entre os parceiros por meio da nova solução. Para que o processo se desse por inteiro, foi necessário sincronizar as informações dos produtos numa base de dados criada especificamente para o piloto e de acordo com os parâmetros da EPCglobal (ACCENTURE, 2005).

Durante o processo, houve a continuidade da utilização do código de barras em conjunto com as etiquetas RFID/EPC. Os centros de distribuição foram dotados de portais de RFID, que realizavam as leituras com base em aplicativos desenvolvidos pela Accenture em conjunto com os parceiros e também de acordo com os parâmetros EPCglobal.

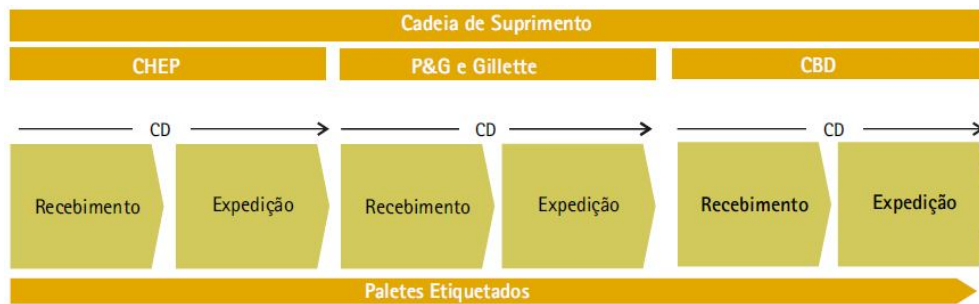


Figura 28 - A Cadeia de Suprimento do Futuro 2

Fonte: Accenture (2005)

Os mil paletes estavam misturados aos convencionais, mas foram monitorados com índice de leitura de 97% pela rede de comunicação implantada, o que está alinhado com a média dos resultados de outros pilotos realizados nos EUA e Europa, uma vez que foram utilizados leitores e antenas de primeira geração. A infra-estrutura funcionou de maneira adequada, de acordo com a expectativa inicial, não excluídos, entretanto, os ajustes específicos para cada ambiente (ACCENTURE, 2005).

No caso brasileiro, a avaliação provou que, nas condições definidas, o resultado final do processo de adoção da solução RFID pode variar por categoria. Por sua vez, o resultado de cada categoria que depende de fatores como escala de operação, valor unitário médio do produto e índice geral de perdas de inventário, bem como do custo das etiquetas, pode variar para cada participante da cadeia de suprimentos, o mesmo para a composição dos benefícios.

Em resumo, ficou provado que no Brasil, assim como nos EUA e Europa, os benefícios da utilização do RFID são mais significativos nos processos de gestão da cadeia de suprimentos e que o país terá dificuldades na adoção da tecnologia em relação a prazo, visto que ainda convivemos com menor escala de operação, baixo valor unitário produtos e alto custo de infra-estrutura.

3.2.2 Controle de Acesso

Aplicações de controle de acesso são sistemas RFID usados para conceder seletivamente acesso a determinadas áreas, através da identificação e autenticação de usuários. Por exemplo, tags anexadas em um automóvel ou seguras na mão de uma pessoa como um cartão, crachá, chaveiro ou pulseira podem permitir acesso a uma estrada, prédio ou área segura. O tempo de resposta da porta ou dos sensores adicionais pode isolar veículos ou pessoas que entram, restringindo o acesso a uma por vez (GLOVER; BHATT, 2006).

Uma das características (provas) da maturidade da tecnologia neste ramo é a existência de padrões como o ISO 15693 que destaca a frequência de 13,56 MHz para produtos de controle de acesso (LAHIRI, 2006). Algumas outras utilidades importantes desses sistemas são anti-falsificação (roubo de cartão de acesso ou falsificação do mesmo), *tailgating* (uma pessoa, sem autorização, que tenta o acesso logo atrás de outra autorizada), acesso de emergência, entre outras (GLOVER; BHATT, 2006).

Geralmente, tags passivas de 128 kHz e 13,56 MHz são compatíveis com o padrão ISO 15693. Estas tags têm capacidades que podem variar de 64 a 2k bits, com raio de leitura de aproximadamente 1,5 metros, o que é suficiente em alguns casos (LAHIRI, 2006). Tags passivas de frequência UHF também são utilizadas principalmente quando se quer aumentar o alcance de leitura ou quando a velocidade do item é maior. Quando a velocidade passa a ser muito grande (acima de 30 km/h, aproximadamente), as tags ativas são as mais indicadas, encarecendo a aplicação.

Qualquer pessoa que entre uma estação de ski e queira aproveitar as pistas deve portar um passe válido. Antigamente esses tickets eram de papel com o registro da data, devendo ser visualmente checadas (FINKENZELLER, 2003). Além disso, era extremamente incomodo para os skiadores encontrarem seus tickets dentro daquelas roupas especiais, ainda mais com os dedos congelados. A tecnologia RFID atua neste cenário oferecendo uma alternativa ideal, substituindo os tickets em papel por cartões inteligentes, alugados pelos usuários. O alcance de leitura do sistema é então desenhado para ser grande o bastante para que os skiadores não precisem segurar os cartões na mão, podendo deixá-los nos bolsos da roupa especial, sendo

lidos automaticamente nas catracas das pistas, verificando a validade da passagem e autorizando a entrada dos clientes.

A leitura realizada nas catracas é feita por duas antenas colocadas em lados opostos, de tamanho relativamente grande, para que possam ter alto alcance. Entretanto, isto pode causar interferência entre antenas de outras catracas, devendo o sistema aceitar um usuário por vez, isto é, ser controlado de forma a ligar (multiplexar) em alta velocidade apenas um leitor por vez. Quando o leitor descobrir uma tag, ativa um sinal chamado “busy signal” indicando que está ocupado por certo período de tempo, estando livre para validar a informação da tag e habilitar ou não a passagem do skiador (FINKENZELLER, 2003), como visto na Figura 29.

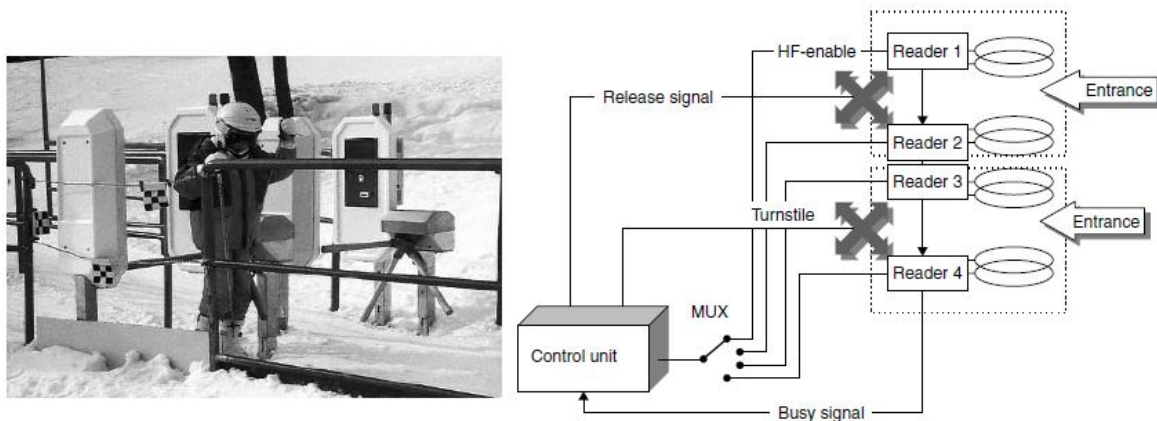


Figura 29 - Cenário acesso a pista de Ski

Fonte: (FINKENZELLER, 2003)

3.2.3 Smart Card e Pagamento Eletrônico

Transportes públicos possuem grande potencial de aplicação da tecnologia RFID, particularmente com o uso dos chamados *contactless smart cards* (cartões inteligentes que não necessitam de contato direto). Através desses cartões, um sistema pode ganhar muito com a automatização dos processos, principalmente de cobrança, que geralmente são automatizados utilizando pagamentos eletrônicos (FINKENZELLER, 2003). A mesma idéia se aplica a outros sistemas que não usam necessariamente cartões inteligentes, como o caso da estrutura Via Fácil de pedágios brasileira, descrita mais a frente.

Voltando um pouco no caso dos cartões, a gama de aplicações é extremamente grande, podendo ser usados na compra de passagens até pagamento de TV a cabo, com especial destaque as carteirinhas de transporte público, que representam cerca de 50% das aplicações (FINKENZELLER, 2003). A Figura 30 apresenta estas possibilidades de aplicação.

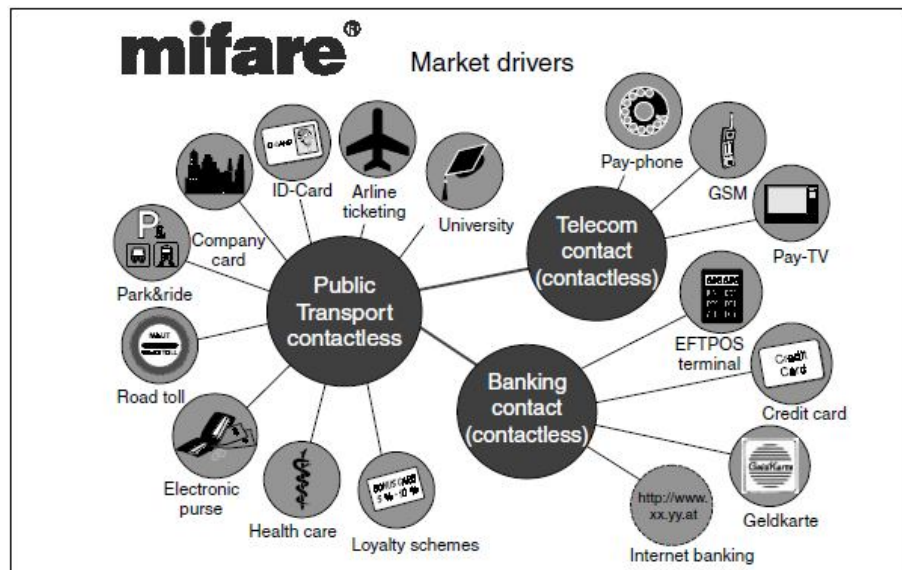


Figura 30 - Aplicações de Smart Cards

Fonte: Finkenzeller (2003)

Sistemas de gerenciamento eletrônico têm que se adequar a altas expectativas principalmente em relação a dados bancários, desgastes dos cartões, velocidades de escrita e leitura e facilidade de uso. Estes requerimentos só podem ser satisfeitos com sistemas RFID (FINKENZELLER, 2003).

No caso de sistemas para pagamento eletrônico, tal aplicação pode ser caracterizada como uso de tags que contenham um código único de identificação de um cliente, lido no ponto de venda de um determinado produto ou serviço que realizará a cobrança automaticamente. A identificação do cliente contida na tag é associada com o número de sua conta bancária e quando a tag é lida, a transação é realizada normalmente como qualquer transação bancária (FINKENZELLER, 2003).



Figura 31 - Smart Card

A prática de evitar as longas filas do pedágio já se tornou bastante comum no Brasil através do serviço “Pedágio Sem Parar” ou “Via Fácil”, onde o usuário cola uma tag ativa em seu carro e passa pela cancela automática, que além de economizar o tempo do viajante, também faz a cobrança do valor do pedágio automaticamente em sua conta bancária.

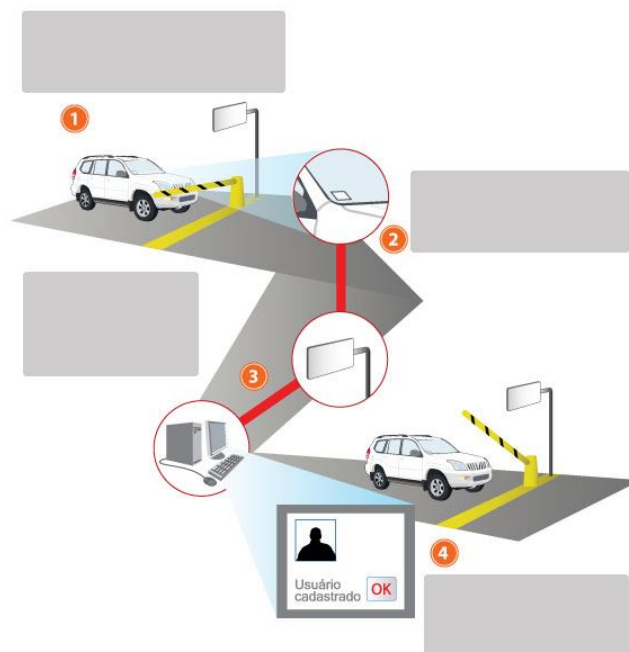


Figura 32 - Pedágio Via Fácil

Fonte: Via Fácil (2011)

Esta aplicação foi uma das primeiras de grande escala de aplicação e sucesso no Brasil, presente em 850 pistas de pedágios distribuídas por sete estados brasileiros, em mais de 60 estacionamentos de shoppings e aeroportos, atendendo mais de 2,5 milhões de usuários e mais de 44 milhões de transações eletrônicas/mês (VIA FÁCIL, 2011).

O sistema de Tickets da empresa aérea alemã Lufthansa utiliza sistema RFID através dos *smart cards*. Entre 1996 e 2003, aproximadamente 25000 passagens de vôos do aeroporto Erding, em Munique, foram emtidas através desse projeto, que substitui as convencionais passagens em papel.

O cliente portador do cartão reserva um vôo (pela internet, agência ou telefone) informando o número de seu cartão Lufthansa. Uma passagem eletrônica é então criada, combinando suas informações pessoais e os dados de seu vôo e salvas no banco de dados da empresa. No check in no aeroporto, que pode ser feito até o último minuto, basta o cliente apresentar seu cartão, que não precisa nem ser retirado da carteira, no terminal da empresa (Figura 33).

O terminal então checa os dados do vôo, verifica a reserva e confirma os dados na tela para aceite do passageiro. Depois de confirmada a passagem, o terminal imprime um pequeno ticket com o número da poltrona, portão de embarque e outros detalhes que deve ser levado diretamente ao embarque do vôo.



Figura 33 - Tickets Lufthansa

Fonte: (FINKENZELLER, 2003)

O sistema RFID selecionado para este projeto foi o sistema MIFARE da empresa Philips. Os terminais foram desenvolvidos pela Siemens e os cartões fabricados por uma empresa de Munique chamada Giesecke & Devrient. Além do chip RFID, o cartão ainda tem uma tarja magnética, os dados do cliente, sua assinatura e um chip telefônico (FINKENZELLER, 2003).

3.2.4 *Controle de bagagem em aeroportos*

O uso de tecnologia RFID para controle e rastreamento de bagagens em aeroportos é uma aplicação que está cada vez mais ganhando mercado no mundo. Casos de perdas ou atrasos de bagagens em viagens de avião são comuns na vida de todas as pessoas e a chateação nestes casos é sempre inconveniente, o que torna a aplicação ainda mais atraente.

Os primeiros testes em larga escala com etiquetas inteligentes ocorreram em 1999 no setor de transporte civil, na identificação de bagagens, em substituição aos códigos de barras (FINKENZELLER, 2003). No sistema com RFID, ao chegarem ao aeroporto, as bagagens são transferidas para um túnel de leitura, configurada para fazer a triagem automaticamente para os vôos de conexão, de acordo com a leitura realizada. O sistema detecta automaticamente erros e pára a esteira caso isso ocorra para que um funcionário possa separar a bagagem que não deveria estar neste local (ACURA, 2011).

Iniciativas isoladas foram adotadas nos EUA e Europa, cada um com uma frequência de operação distinta, fazendo com que os sistemas não se comunicassem entre eles. Um benefício adicional na adoção dos *smart labels* é a possibilidade de se fornecer serviços de conveniência e conforto adicionais aos passageiros, como, por exemplo, entrega das bagagens diretamente em seus hotéis ou residências (ACURA, 2011).

O primeiro aeroporto no mundo a utilizar apenas o sistema RFID, sem o sistema de código de Barras para o processamento de bagagem, foi o Aeroporto de Lisboa. Registra-se que em 2004, o aeroporto de Lisboa movimentou 5 milhões de passageiros, sendo que destes 900 mil eram passageiros em transferência e em 2008, quase 14 milhões de passageiros dos quais 1.600 mil são passageiros em transferência. Perante este aumento e dado a perda de bagagem que se verificava, não restou alternativa à ANA (Aeroporto e Navegação Aérea) a não ser investir na tecnologia e reestruturar todo o sistema de bagagem (ANA, 2011).

Quando se começou a planejar o novo terminal de bagagens em transferência (TBT), e tendo em vista o aumento de capacidade de processamento de bagagens, a tecnologia RFID tornou-se uma escolha óbvia em vez do sistema de código de barras. Segundo o aeroporto, o sistema RFID é considerado como o futuro em termos de tecnologia de ponta no tratamento de bagagem, devido à sua capacidade e eficiência na localização da bagagem. Na aplicação, coloca-

se uma tag RFID passiva na bagagem do cliente à chegada ao aeroporto caso se destine a ser transferida para outro voo. O fornecedor escolhido foi a empresa Lyngsoe Systems, líder mundial em aplicação de RFID para controle de bagagem (LYONGSOE, 2011).

Segundo a empresa (LYSONSOE, 2011), desde 1990, vem desenvolvendo soluções RFID para os setores de correios, aeroportos e supply chain e, através de um projeto de aplicação da tecnologia no Aeroporto Internacional de Hong Kong, a consultoria começou a crescer no ramo e adotou um sistema completo de soluções para controle de bagagens, com alta performance. Hoje em dia, tem uma rede enorme de aplicações, atendendo mais de 60 países ao redor do mundo, com especial destaque aos aeroportos: Aeroporto Aalborg (Dinamarca), Aeroporto de Lisboa (Portugal), Aeroporto Milão Malpensa (Itália) e Aeroporto Internacional de Hong Kong (Hong Kong).

Segundo o site do aeroporto (ANA, 2011), as principais funcionalidades da aplicação defendidas pela empresa são:

- Redução do número de trocas ou extravios de bagagens
- Aumento do número de bagagens transportadas
- Aumento da visibilidade do processo de transporte de bagagens
- Atenção especial aos locais de entrega de bagagens
- Aumento da segurança
- Sistema automatizado, reduzindo as atividades manuais

4. TECNOLOGIA NO AMBIENTE HOSPITALAR

4.1 Contextualização do ambiente hospitalar

“Um hospital é parte integrante de uma organização médica e social cuja missão consiste em proporcionar a população uma assistência médico-sanitária completa, tanto curativa como preventiva, e cujos serviços externos irradiam ao âmbito familiar, o hospital é também um centro de formação de pessoas do médico-sanitário e de investigação bio-social” (VECINA; MALIK, 2007).

Segundo Gomes e Reis (2001), uma organização hospitalar pode ser caracterizada como um complexo sistema logístico, onde recursos humanos, físicos e de informação necessitam ser coordenados e harmonizados, o que, em razão da atual complexidade desses sistemas, só é possível de ser realizado de forma eficiente por meio da incorporação ao processo gerencial de tecnologias da informação e da comunicação.

Além da complexidade, os fornecedores de serviços estão tendo que responder a mudanças nas demandas dos pacientes que estão ficando mais exigentes e toleram cada vez menos longas esperas por tratamentos, gerando ainda mais pressão para que estes fornecedores evoluam o modo como entregam seus serviços. Para piorar a situação, além dos pacientes, o governo e outras instituições financiadores de saúde estão exigindo cada vez mais que os fornecedores modernizem seus serviços de modo a aproveitar os recursos de maneira cada vez mais eficiente e eficaz (VISSERS; BEECH, 2005).

No Brasil, segundo Vecina e Malik (2007), o aumento dos custos, a pressão dos compradores de planos privados de saúde, a pressão regulatória sobre as modalidades de oferta e sobre os preços, além da política de ressarcimento do SUS, têm levado vários atores do setor hospitalar a buscar novas alternativas organizacionais de sobrevivência e, no caso de hospitais públicos, “não existe integração no processo de produção (modelo assistencial) e tampouco entre os componentes do setor”. Essa situação fez com que fossem ampliados, nos últimos anos, as discussões sobre o aumento do financiamento do setor público da saúde e a melhor utilização dos limitados recursos existentes, revendo novas propostas de modelos de

gestão aplicáveis ao setor com objetivo de diminuir o desperdício e melhoria da qualidade dos serviços oferecidos (CALIL; TEIXIERA, 1998).

Enquanto o ambiente industrial é movido pela competição entre empresas, o que as forçam a evoluírem seus processos, melhorarem performance, qualidade, eficiência e flexibilidade, o ambiente hospitalar também possui os seus desafios. Dentre eles, tem-se (VISSERS; BEECH, 2005):

- Quanto menor for a estadia do paciente, maior é a complexidade dos processos, como nos ambulatorios;
- Necessidade de utilização eficiente dos recursos e redução de custos;
- Melhoria contínua da qualidade dos serviços movida, especialmente, pela necessidade de diminuir as listas de espera e os tempos dos processos;
- Necessidade de controle do fluxo de trabalho dos funcionários de forma a fornecer melhores condições de trabalho.

O conceito médico dos serviços hospitalares pode ser definido como o tratamento de doenças e a preservação da saúde através de serviços médicos, farmacêuticos, enfermagem e outras profissões relacionadas. Incluem-se na assistência médica todos os serviços utilizados para promover a saúde e o bem estar dos clientes (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011). Já a gestão de operações no ambiente hospitalar trata a análise, design, planejamento e controle de todos os passos necessários para fornecer um serviço a um cliente. Em outras palavras, é a identificação das necessidades dos clientes, usualmente pacientes, e elaboração e entrega de serviços que vão de encontro a suas necessidades de maneira mais eficiente e eficaz (VISSERS; BEECH, 2005).

4.2 Aplicação de tecnologia no ambiente hospitalar

A busca por maneiras de atingir as necessidades do mercado e dos pacientes é cada vez mais frequente nos ambientes hospitalares e, para isso, as tecnologias demonstram ser sempre o melhor caminho a se seguir. Além disso, apostar nas tecnologias é a única maneira eficiente

de coordenar e harmonizar os existentes e complexos sistemas logísticos (GOMES; REIS, 2001). Segundo Vecina e Malik (2007), “as novidades continuam chegando e gerando sua própria demanda, porque são melhores, mais caras, dão mais lucro, salvam mais vidas e contribuem para aumento da qualidade de vida”.

Além dos já citados, diversos fatores contribuem para que os hospitais tenham que melhorar os seus processos continuamente. O envelhecimento da população, por exemplo, irá afetar criticamente os serviços de médicos, exigindo maior rapidez e segurança dos sistemas e é esperado que nos próximos 10 anos seja necessário um investimento de 78 bilhões de dólares para otimização dos sistemas de informação na área da saúde, estando a tecnologia RFID e outras tecnologias sem fio como principais apostas (JONES; CHUNG, 2008). Segundo Mehrjerdi (2010), a situação parece crítica a ponto de nos EUA, o FDA (*US Food and Drug Administration*) começar a considerar a possibilidade de tornar obrigatório o uso da tecnologia de rádio frequência.

Esforços significativos estão sendo feitos com objetivo de aumentar a segurança, por exemplo, do processo de medicação realizado nos hospitais. Dentre as soluções apresentadas, novas proposições envolvendo tecnologias da informação (TI) atraíram a atenção do mercado de forma que possuem potencial para atenuar a principal causa de erro: a falha humana, comparando as aplicações utilizadas na indústria da aviação. Entretanto, por mais que estas tecnologias venham sendo usadas cada vez mais no ramo, existem poucos dados confiáveis que evidenciem os reais impactos para a segurança do paciente e mais esforços e informações precisam ser necessárias para defender seu uso ou generalizar os resultados obtidos em ambientes selecionados (BONNABRY, 2005).

Porém, de todos os fatores, nenhum supera o apelo a vida do paciente. A saúde é, sem dúvida o bem mais precioso e de valor imensurável. A esperança de vida vem aumentando, o que só é possível com a evolução da medicina. Os tratamentos médicos vêm tornando-se cada vez mais sofisticados, precisos e direcionados, mas ainda falta muito para se atingir o nível desejado e a busca pela eficiência deve ser sempre constante. Já a falta de apoio tecnológico e consequente desorganização dos ambientes hospitalares possui resultados extremamente negativos para a gestão destas instituições e contribui também para o aparecimento de diversos

tipos de erros médicos que são prejudiciais aos hospitais, mas acima de tudo, aos pacientes e, novamente, as vidas (LEAPE et al, 1995 e TAXIS; BARBER, 2003).

Segundo os estudos de Amini et al (2007), aumentar a segurança do paciente é crucial visto que mais de 98.000 pacientes morrem por ano devido a erros médicos e apenas 3 a 4% dos hospitais nos EUA possuem sistemas de informação integrados. De acordo com o CIO da rede americana de hospitais EL Camino, a redução de possíveis erros médicos não apenas aumenta a segurança do paciente, mas também beneficia o hospital em termos financeiros, onde a média de custo de um erro médico varia entre 4.000 e 12.000 dólares cada caso (CRAYTON, 2004; MEHRJERDI, 2010). Entretanto, os objetivos da aplicação de tecnologia RFID deve ir além da otimização dos custos e deve focar melhoria das operações (minimização dos erros) e na satisfação do paciente, vista como a maneira mais eficiente de criar um vínculo de lealdade e confiança entre eles, os funcionários e a tecnologia inovadora (MEHRJERDI, 2010).

Ainda no artigo de Bonnabry (2005), o autor destaca a importância de evitar o erro humano, exemplificando seu ponto de vista através de um estudo realizado na última década pelo Instituto de Medicina dos EUA e publicado em 1999, informando que o número de mortes atribuídas a erros médicos evitáveis está entre 44.000 e 98.000 por ano neste caso. Conclusão, embora os hospitais caminhem rumo automatização dos processos, atualmente estes ainda são muito dependentes de ações humanas, o que explica altas taxas de eventos adversos. Outro exemplo claro é a própria instituição hospitalar que influencia diretamente a performance dos funcionários na medida que fornece condições de trabalho mais ou menos favoráveis.

As aplicações da tecnologia RFID no ramo hospitalar possuem justificativas bastante apelativas quando comparadas a outras aplicações comerciais, pois o objetivo final de sua aplicação poderá sempre ser relacionado, direta ou indiretamente, com a vida dos pacientes. Segundo alguns estudos, para tornar sistemas médicos cada vez mais funcionais e eficientes operacionalmente, os ambientes hospitalares podem utilizar a tecnologia de rádio frequência de modo a atingir esses objetivos e reduzir os custos das operações, custos de trabalho e re-trabalho, quantidade reclamações e não conformidade, custos com seguros, nível de estoques e riscos de ocorrência de erros médicos (MEHRJERDI, 2010), o que acaba por melhorar a qualidade dos serviços e dos processos.

A tecnologia RFID vem sendo utilizada cada vez mais dentro dos hospitais e no ramo da biomedicina e *health care*, com aplicações como, por exemplo, no controle de medicação, na medição da pressão intra-ocular, nos implantes e moldes dentários e no controle do fluxo de trabalho incluindo controle de pacientes e equipamentos (AHSON; ILYAS, 2008).

Outros exemplos dessas aplicações podem ser vistos resumidos na Figura 34 e demonstram o potencial da tecnologia no ramo, cujas soluções vão muito além do apresentado neste trabalho. Segundo Jones e Chung (2008), existem diversos sistemas RFID que podem ser implementados nos ambientes hospitalares e cada aplicação tem suas vantagens e desvantagens, devendo ser devidamente estudadas antes de se adotar uma solução final.

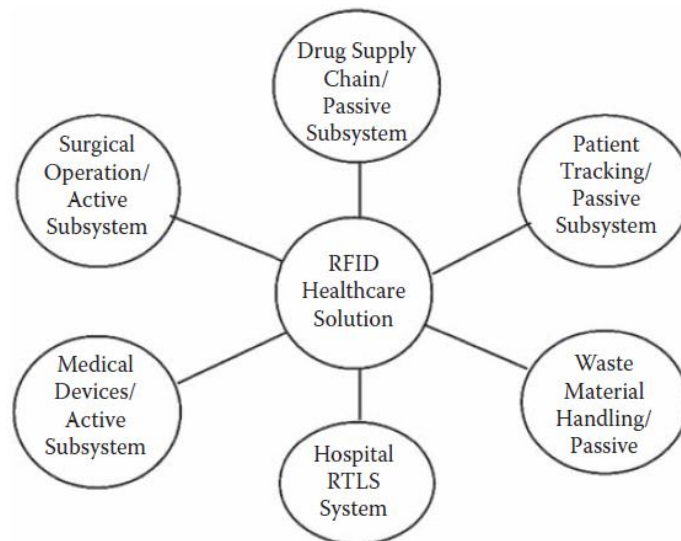


Figura 34 - Aplicações médicas da tecnologia

Fonte: Jones e Chung (2008)

Embora a literatura sobre RFID em hospitais e os casos citados destaquem os impactos dessa tecnologia na redução de custos operacionais e melhorias dos serviços médicos e segurança dos pacientes, falta uma descrição clara desses impactos dentro de uma perspectiva voltada à gestão hospitalar, processo que desempenha importante papel nessas organizações. Importância comprovada pelos números, onde 30% do total das despesas de um hospital são investidos em atividades logísticas e a metade desses custos poderia ser eliminada por meio de uma boa gestão. Problemas em controle de estoques, uma das atividades primárias da logística,

por exemplo, poderia levar a falta de medicamentos e/ou materiais, comprometendo diretamente as atividades hospitalares (APTEL; POURJALALI, 2001).

Sistemas RFID são tão complexos que podem ser utilizados de diversas formas com objetivos diversos. Assim, aqueles que decidem trabalhar com a tecnologia precisam fazer uma previsão dos resultados esperados de forma a decidir quando e onde usar estes sistemas.

Nesse sentido, as experiências de casos e aplicações anteriores é fundamental para aumentar a segurança e expectativas dos novos projetos, sendo ainda mais válidas e importantes quando os casos estudados são parecidos com os desejados. Para aplicações da tecnologia no ambiente hospitalar, os casos ajudarão no entendimento da relação RFID dentro de um ambiente diferente e complexo.

4.2.1 Controle de medicamentos

Nos últimos anos, diversos estudos indicaram a presença de erros na utilização de medicamentos em hospitais e esses erros, muitas vezes, são responsáveis por causar diversos prejuízos aos pacientes, podendo variar desde o não recebimento do medicamento até a ocorrência de mortes (TAXIS; BARBER, 2003). O sistema implantado pelo FDA (*Food and Drug Administration*, EUA) no período de 1993 a 1998 coletou 5.307 casos de erros de medicamentos. De entre estes, 68,2% produziram sérios danos aos pacientes, sendo 9,8% fatais (FDA, 2009).

O relatório "*To err is human: building a safer health system*" do *Institute of Medicine* (EUA) publicado em 1999 apontou que dos 33,6 milhões de internamentos realizados em 1997, em hospitais dos EUA, por volta de 44.000 a 98.000 americanos morreram devido a problemas causados por erros na medicação (INSTITUTE OF MEDICINE, 1999). Os resultados de um estudo realizado em dois hospitais de grande porte nos EUA apontaram uma média de 6,5 eventos adversos ao medicamento para cada 100 internamentos, dos quais 28% poderiam ter sido prevenidos (BATES et al, 1995).

Além de todos os danos físicos, existem também sérias consequências financeiras as instituições de saúde. Estima-se um gasto de aproximadamente US\$ 4.700 por evento adverso

de medicamento evitável ou por volta de US\$ 2,8 milhões, anualmente, num hospital de ensino com 700 leitos. O custo anual de mortalidade referente a erros na medicação, nos EUA, tem sido estimado em torno de US\$ 76,6 bilhões (LEAPE et al, 1995 e INSTITUTE OF MEDICINE, 1999). No Reino Unido, em 2001, a negligência médica custou € 5 bilhões, e metade dos eventos adversos ocorridos eram evitáveis (SPURGEON, 2005).

Em geral, o sistema de medicação de um hospital é complexo, envolvendo várias etapas inter-relacionadas por inúmeras ações como seleção e obtenção do medicamento, prescrição, preparo e dispensa, administração e acompanhamento do paciente após a aplicação do medicamento. Essas etapas envolvem diferentes indivíduos e muitas transferências de pedidos e materiais, que passam de uma pessoa para outra, podendo resultar na ocorrência de diversos erros na medicação correcta que deveria ser entregue ao paciente (LEAPE et al, 1995).

Dentre os principais tipos de erros mais frequentemente referidos em estudo estão os erros de omissão, dosagem imprópria, medicação que administrada sem ser prescrita, e, principalmente, medicação administrada ao doente errado. Partindo deste princípio, a tecnologia RFID teria um papel importante e eficaz, identificando o erro antes de ele chegar ao paciente e minimizando assim um possível problema que este erro venha a provocar. Independente do tipo, estes erros relacionados a medicação surgem de falhas humanas ou falhas no sistema (visto ser bastante complexo), sendo improvável que seja totalmente erradicado. A grande contribuição da tecnologia seria combatê-lo o máximo possível, agindo no controle de medicamentos em farmácias hospitalares e na sua aplicação aos pacientes.

Além disso, de todos esses problemas, a falsificação é outra preocupação no ramo da indústria farmacêutica. Segundo estudos (JONES; CHUNG, 2008), a adoção da tecnologia RFID para controle da cadeia de suprimentos do fornecimento de medicamentos está para explodir, incentivada por grandes indústrias e organizações como, por exemplo, a organização americana FDA (*Food and Drug Administration*) que acredita que as tags podem combater a venda de remédios falsificados.

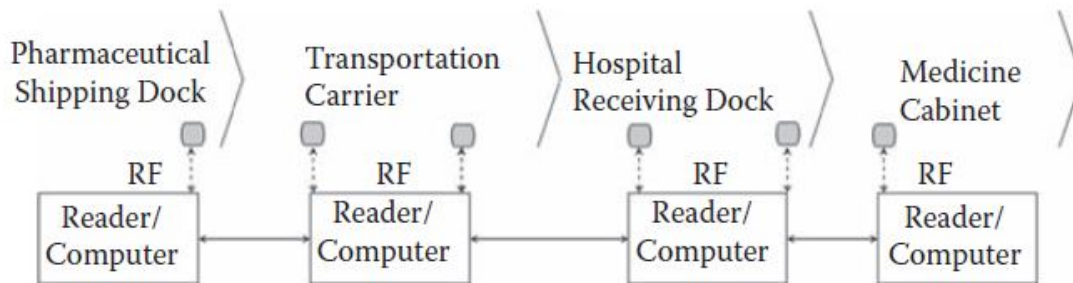


Figura 35 - Controle de medicamentos

Fonte: Jones e Chung (2008)

Levando em consideração o alcance de leitura e os padrões globais, o sistema RFID HF (13,56 MHz) passivo seria a melhor escolha para esta aplicação. O problema neste caso seria o tamanho das tags comparado a ao tamanho de alguns medicamentos. Segundo Jones e Chung (2008), alguns benefícios da integração da tecnologia são:

- Os códigos únicos presentes nos chips das tags RFID criam um “pedigree” eletrônico dos medicamentos evitando a falsificação;
- Informação em tempo real ajudará os hospitais a reduzirem seus estoques, aumentando a precisão das transações;
- Disponibilidade das informações dos medicamentos (nome, dosagem, data de validadeetc) para os funcionários do hospital;
- Através de dispositivos móveis, o sistema ajudará os funcionários na aplicação da medicação e dosagem correta aos pacientes.

Um estudo completo sobre o controle de medicamentos e uma proposição de mudança da atual gestão de sua cadeia de suprimentos é um assunto bastante importante, porém complexo e fora do escopo deste trabalho. Entretanto, felizmente, em muito este trabalho pode contribuir na elaboração de uma possível solução através da aplicação de tecnologia de rádio frequência, como visto no exemplo a seguir.

Um exemplo que pode ser citado é o uso da tecnologia no controle de medicação de pessoas idosas. Embora este exemplo fuja dos casos de aplicação da tecnologia RFID em farmácias e centros farmacêuticos, principais alvos deste controle, possui detalhes técnicos e interessantes e mostra como a simplicidade da tecnologia pode contribuição na vida de

pesseosas necessitadas. Neste escopo, inclusive, a tecnologia vem sendo muito utilizada para o caso de idosos que sofrem com a doença de Alzheimer, ajudando-os a voltar para casa ou ajudando seus familiares a encontrá-los quando estão perdidos.

Voltando ao controle de medicação, este sistema monitora, notifica e ajuda pacientes idosos a tomarem a quantidade certa de medicação no horário correto. Um sinalizador sonoro alocado na porta do quarto dos pacientes soa quando os remédios devem ser tomados e quando o paciente se move em direção a caixa de medicação, o sistema o ajuda a tomar o tipo e a quantidade correta (AHSON; ILYAS, 2008). Para isso, a aplicação faz uso de um sistema RFID simples, barato e em frequência UHF, com três sensores ligados a rede de informação. No total somam-se um leitor UHF e um HF, uma balança, os sensores, um computador central (host) e tags (AHSON; ILYAS, 2008).

Tags HF são colocadas sobre cada caixa de medicamento. O leitor HF tem a função de rastrear os medicamentos e os pesos dos mesmos e através de leituras regulares, o sistema é capaz de saber onde e qual caixa é removida ou recolocada pelo paciente. A balança é responsável por determinar a quantidade correta do remédio a ser ingerido e um software por trás controle todos esses eventos (AHSON; ILYAS, 2008). Já a parte UHF do sistema é responsável por rastrear o paciente e determinar quando este precisa tomar os remédios (através dos avisos sonoros), segundo calendário cadastrado no software. O paciente usa uma pulseira contendo uma tag e pode se locomover dentro do quarto, sendo o raio de leitura de 3 a 6 metros (AHSON; ILYAS, 2008), mais do que suficiente para um quarto de tamanho médio.

Durante o desenvolvimento do projeto, certos desafios e limitações técnicas foram encontrados, como limitação de material, falta de experiência, dificuldade na escolha e compra do hardware ideal e problemas de interação entre hardware e software. As tags UHF para o paciente foram escolhidas para evitar interferências e uma antena extra foi comprada para melhorar a leitura do leitor HF (AHSON; ILYAS, 2008).

4.2.2 *Gestão de Pacientes*

O sistema móvel de controle e rastreamento de pacientes pode utilizar as mais baratas das tags RFID passivas, alocadas em pulseiras portadas pelos pacientes dentro dos hospitais, carregando suas informações. Alguns benefícios desta aplicação podem ser (JONES; CHUNG, 2008):

- Otimização do fluxo de pacientes através da análise dos dados temporais;
- Monitoramento dos tempos de espera e performance dos funcionários por paciente;
- Redução de perdas ou erros de direcionamento de pacientes;
- Aumento da segurança do paciente (acertos de medicação e procedimentos).

A gestão de pacientes é similar a gestão de ativos. Sistemas RFID são capazes de informar a localização dos pacientes, status e os registros médicos dos mesmos, alocando essas informações no banco de dados do hospital. Usando a combinação entre dispositivos passivos (como exemplo da norma ISO 15693) e ativos, o sistema consegue monitorar os pacientes.



Figura 36 - Tag passiva em pacientes

Fonte: (Gampl, Robeck, & Classen, 2008)

Os sistemas passivos são úteis em casos de leitura local (pontos de leitura específicos, como, por exemplo, quando um enfermeiro porta um leitor móvel e lê a tag diretamente do braço do paciente) ou de locais específicos (alocando leitores fixos em portas). Já as tagas ativas, seriam capazes de monitorar os pacientes em tempo real, com maior precisão de sua localização (além de dizer em qual sala o paciente está, poderia dizer seu posicionamento exato

dentro dela), ressaltando também o fato de reutilizar as tags neste caso (as tags passivas costumam ser descartáveis).

4.2.3 Oftalmologia

Uma das características mais importante da tecnologia RFID que a torna forte em aplicações médicas é a habilidade que as tags passivas possuem para operar confiavelmente durante anos sem ter uma fonte de energia própria (FINKENZELLER, 2003). Esta aplicação da oftalmologia é uma das mais revolucionárias e possui um forte lado inovador. Trata-se de uma lição e aprendizado de onde pode chegar a capacidade da tecnologia RFID. O foco é a área da oftalmologia e a busca por facilitar os chatos e incômodos exames que envolvem o olho, uma das regiões mais sensíveis do corpo.

Glaucoma, por exemplo, é uma doença cuja alta pressão ocular pode causar perdas do campo de visão chegando à cegueira (FINKENZELLER, 2003). Assim, medir a pressão continuamente sob as condições normais do paciente é necessário para entender o progresso da doença e facilitar o tratamento.

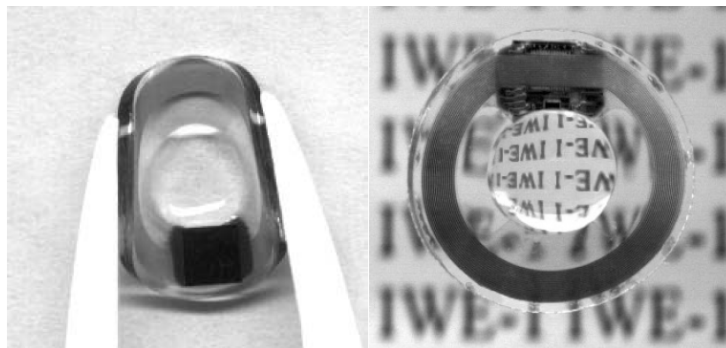


Figura 37 - Aplicação de RFID em lentes

Fonte: Finkenzeller (2003)

Para pacientes com catarata, o cristalino é removido e substituído por uma lente intra-ocular artificial. Essas e outras doenças oculares motivaram a idéia de combinar uma tag, ou melhor, uma microtag com um chip integrado a um sensor capaz de medir a pressão do olho,

com lentes intra-oculares. A microtag é fabricada em lâmina de poliamida dobrável, facilitando a implantação (FINKENZELLER, 2003).

O micro sensor de pressão é integrado ao chip da tag e tem sensibilidade de 1,3 mbar, que corresponde a precisão de um tonômetro (equipamento médico medidor de pressão), permitindo a leitura contínua da pressão. Já a antena do leitor pode ser colocada em um par de óculos utilizados durante a medição (FINKENZELLER, 2003).

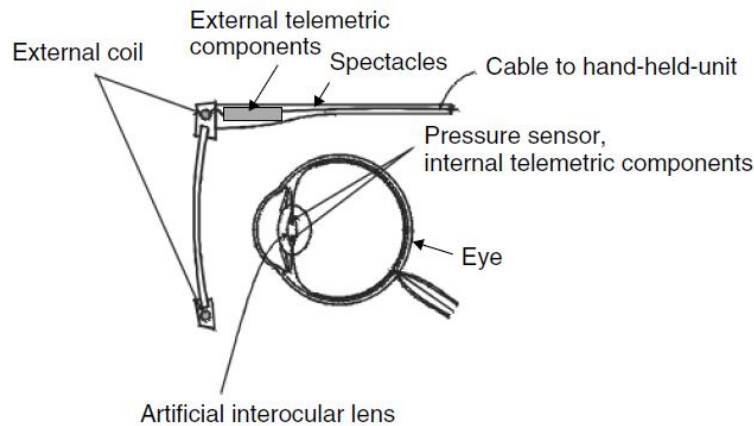


Figura 38 - Medição da pressão intra-ocular

Fonte: Finkenzeller (2003)

4.2.4 Aplicações Cirúrgicas

Segundo Jones e Chung (2008), nos ambulatórios e ambientes emergenciais, os serviços cirúrgicos são compostos por diversos processos como, por exemplo, preparação dos funcionários, preparação do paciente a ser operado, preparação dos instrumentos que serão utilizados, preparação de toda documentação necessária etc, e todos precisam estar bem alinhados para que a cirurgia possa ser realizada com sucesso.

Nestes casos, a tecnologia RFID agrega coordenação e segurança, utilizando, por exemplo, dispositivos móveis para leitura das informações do paciente (que portariam tags passivas nas pulseiras) e combinação das mesmas com as informações da rede do hospital e também para localização de itens que serão utilizados durante a cirurgia.

Além disso, é extremamente importante assegurar que todos os corpos estranhos sejam removidos de um paciente após a cirurgia. A retenção de instrumentos cirúrgicos dentro dos tecidos do corpo do paciente, mais frequentemente de esponjas ou gazes cirúrgicas, além de ser inconveniente, pode ocasionar outros problemas até mesmo fisiológicos. Várias medidas são tomadas para que isto não ocorra (contar as esponjas é a principal delas), mas em alguns momentos críticos da cirurgia, especialmente quando ocorrem problemas não esperados, problemas podem acabar acontecendo e geralmente acontecem. Estudos, como o de Gawande et al (2006), estimam que 1 em cada 100 cirurgias no mundo retém algum instrumento dentro do paciente.

A aplicação da tecnologia nestes casos visa as esponjas cirúrgicas, permitindo um controle mais rápido e mais preciso sobre elas durante os processos, eliminando possibilidade de erro humano e automatizando o processo.

Recentemente, alguns hospitais começaram a utilizar esponjas com material rádio opaco, para que pudessem ser visualizadas por imagens raio-x. Porém, isto apenas facilita a busca por esponjas perdidas, mas não evita que elas fiquem dentro de pacientes. Depois de descobertas, em alguns casos para serem removidas as esponjas, o paciente necessita de uma nova cirurgia, aumentando riscos de infecção ou trauma. Adicionalmente, alguns exames de raio-x podem apontar resultados falsos negativos.

O sistema RFID proposto usaria um leitor móvel para realizar contagem automática das esponjas ao longo de todo o processo dos pacientes operados, permitindo descoberta imediata de problemas. Os primeiros testes realizados foram feitos quanto ao funcionamento das tags imersas em fluídos como, por exemplo, a água e quanto ao seu funcionamento após processos de esterilização.

Depois destes testes, o objetivo foi encontrar a “esponja inteligente” ideal, escolhendo tags e leitores compatíveis com a performance desejada, assim como determinando a posição ideal das tags nas esponjas. Nesta fase os testes já eram realizados colocando as esponjas inteligentes na cavidade abdominal de porcos sacrificados.

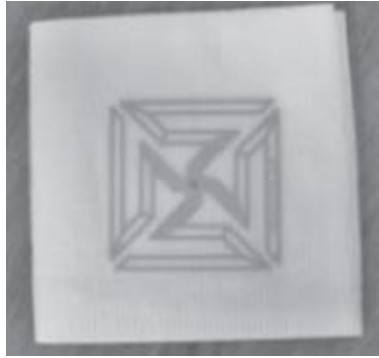


Figura 39 - Gase com tag RFID

Fonte: Jones e Chung (2008)

Os testes indicaram que a água seria o principal obstáculo ao sucesso do projeto. Embora os testes nos porcos obtivessem excelentes resultados, quando imersas totalmente dentro da água, as tags apresentaram diversos problemas de leitura.

Assim, a solução foi buscar protótipos de tags com adesivos resistentes a água e também soluções como imprimir a antena da tag na própria esponja. Porém, durante o estudo da aplicação, o surgimento da nova classe de tags (Gen 2, discutida adiante) ajudou a combater os problemas encontrados. As tags da nova geração apresentam e apresentaram nos testes precisão de leitura muito superior, mesmo quando totalmente imersas dentro de líquidos.

O projeto ainda buscou implementar um sistema onde um leitor móvel pudesse ser utilizado para rastrear todo o corpo do paciente em busca de materiais perdidos. Porém, devido as camadas da pele, as tags Gen 1 não passaram no teste e as tags Gen 2 não conseguiram ser testadas a tempo, situação contornada no produto da empresa alemã Siemens, descrito a seguir. De qualquer forma, as novas esponjas inteligentes ficaram mais visíveis aos exames de raio-x e, em casos de problemas, ajudariam os médicos a encontrarem as esponjas perdidas, sem falsos negativos.

Mesmo não sendo o seu core business, a Siemens Ltda., gigante alemã do ramo da engenharia elétrica, também possui alguns equipamentos e projetos voltados a tecnologia RFID. Seu departamento de TI, da Siemens Alemanha, juntamente com um hospital da cidade de Munich, resolveu testar o uso de tags passivas e ativas para rastrear gazes (esponjas) e algodões cirúrgicos e outros itens utilizados durante a cirurgia, exatamente como descrito anteriormente, isto é, para que não fossem deixadas no corpo do paciente (BACHELDOR, 2007).

De acordo com a empresa, o projeto faz uso de tags passivas operando em 13,56 MHz, impressas nos itens, o que, segundo ela, não é algo novo, sendo desenvolvido desde 2004 num projeto chamado *Surgical Sponges Get Smart* (esponjas cirúrgicas se tornaram “espertas”), da junta de soluções médicas de Pittsburgh. Além disso, este não foi o primeiro projeto RFID que a Siemens teve participação, desenvolvendo recentemente, por exemplo, um sistema para controle do trabalho dos funcionários durante os processos cirúrgicos (BACHELDOR, 2007).

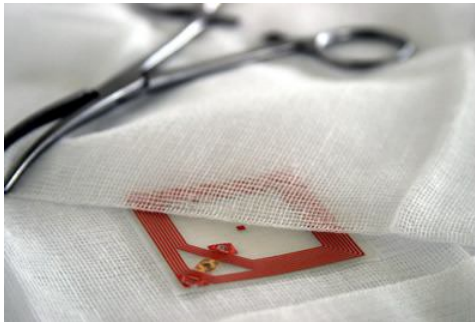


Figura 40 - Gaze com RFID da Siemens

Fonte: Bacheldor (2007)

Neste projeto, cada funcionário possui uma tag ativa anexada ao seu cartão ou a sua roupa, identificando seu papel na cirurgia (anestesista, cirurgião etc). Leitores nas portas identificam quem entra e sai da sala e o sistema controla o início do processo e possíveis paradas. Durante a cirurgia, o sistema também documenta o posicionamento de cada funcionário. Segundo a aplicação, a frequência de operação ainda é delicada e está sendo estudada (BACHELDOR, 2007).

4.2.5 Aplicações Administrativas

O hospital *Jacobi Medical Center* da cidade de Nova York testou em 200 pacientes um novo sistema de chips RFID acoplado a pulseiras que armazenam dados como o nome, sexo, data de nascimento e número do registro médico dos pacientes. O projeto tem o objetivo de reduzir o tempo gasto em tarefas administrativas e aumentar a precisão dos registros médicos (SANTANA, 2005).

Médicos e enfermeiras portando computadores de mão (PDAs) integrados a leitores de RFID podem acessar, a curta distância, as informações sobre as pessoas internadas e também dados do computador central do hospital sobre registro médico, laboratórios, farmácias e sistemas de pagamento referentes aos pacientes (SANTANA, 2005).

4.2.6 Aplicações no Controle de infecções

O hospital universitário *Taipei Medical University Hospital* (TMUH) foi inaugurado em agosto de 1967. Em 2006, possuía cerca de 416 leitos (pretendendo expandir esse número para 700 em futuro próximo) e 660 funcionários e seu sistema de informação era baseado nos padrões HL7 (*Health Level 7*) e DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), gravando todas as informações dos pacientes em formato digital (WANG et al, 2006).

Em março de 2003, a população da região foi atacada por uma pneumonia atípica, nomeada de SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*), obrigando a Organização Mundial de Saúde (*World Health Organization*) a emitir um alerta global sobre a doença, fazendo com que o Departamento de Tecnologias Industriais e Ministério de Assuntos Econômicos de Taiwan incentivassem os hospitais a adotarem medidas tecnológicas contra a disseminação da doença respiratória. Como resultado, em maio de 2003, dois hospitais Cingapurianos decidiram apostar em fortes sistemas de informação, adotando um sistema RFID chamado *Hospital Movement Tracking System*, que era capaz de controlar visitantes, pacientes e funcionários, despertando interesse por parte do TMUH que começou a considerar um plano similar.

Assim sendo, o TMUH propôs um projeto de desenvolvimento de um sistema com objetivo de detectar e rastrear possíveis infecções de SARS. O sistema foi chamado de *Location-based Medicare Service* (LBMS) e usa tecnologia RFID para obter informações em tempo real de pessoas e objetos, dentro e fora do hospital. O governo aprovou o projeto e garantiu ao hospital cerca de 475.000 dólares, o que representou 49% dos custos do projeto, que precisou da união de conhecimentos de diferentes áreas como medicina, tecnologia RFID, desenvolvimento de sistemas de informação, telecomunicação e integração de sistemas, envolvendo três parceiros:

o hospital, a empresa Lion Information Inc, e um grupo de apoio de professores da área de engenharia eletrônica de universidades renomadas (SARS, 2003).

Depois de estudar como a doença se comportava, o hospital decidiu que o projeto deveria conter um sistema ativo de controle de localização em tempo real junto com monitoramento da temperatura dos pacientes e pessoas controladas. Assim, a melhor escolha foram tags 916,5 MHz ativas integradas de sensores de temperatura (termômetros). Trata-se de uma tag mais cara, porém com maior alcance e velocidade de leitura, além de permitir a integração desejada com o termômetro.

Adicionalmente a estas tags, outras semi-ativas (chamadas no projeto de geradoras de campo) também foram utilizadas com objetivo de aumentar a precisão das leituras de localização. No caso dos leitores, os escolhidos foram os de 10 megabits de memória, compatibilidade de leitura com a frequência de 916,5 MHz, capacidade de leitura múltipla de tags e alcance de leitura entre 3 e 85 metros. Cada leitor foi projetado para suportar a leitura de 100 tags ao mesmo tempo (SARS, 2003).

Após muitos ajustes e testes, toda infra-estrutura foi montada, incluindo inúmeras tags ativas (dependendo do número de pessoas e objetos), 163 tags semi-ativas, 41 leitores, 27 antenas do tipo Yagi, 15 estações de trabalho e um sistema API. Este modelo é complexo na prática, devido a integração dos diversos sistemas, mas simples na teoria, seguindo um caminho "básico" chip, tag, leitor, switch (ponte), computador, switch, servidores de banco de dados e possivelmente intranet.

Além disso, o sistema inclui diversos módulos de controle e processamento de dados, por exemplo, um para controle das tags e portais, um para gestão das informações médicas e um para aplicação. Os dados são filtrados antes de transmitidos, de acordo com regras pré-estabelecidas e configurara no middleware para depois serem armazenados nos bancos de dados, que automaticamente guardam as informações dos pacientes e rodam um aplicativo para julgar quando ocorre um evento de infecção SARS. Quando o sistema detecta uma infecção, uma mensagem via alarme, email ou sms é disparado para os respectivos funcionários responsáveis.

4.2.7 Aplicações no Gerenciamento de Ativos

Até agora, a maioria dos exemplos de aplicação de tecnologia RFID citados em ambientes hospitalares foram de casos e hospitais fora do Brasil, o que é esperado devido ao grande poder econômico de países como, por exemplo, os EUA, líder em investimentos na área. Porém, casos brasileiros de aposta na tecnologia estão ficando cada vez mais comuns e a adoção de RFID por parte do hospital Albert Einstein, de São Paulo, é uma notícia muito importante para o investimento na tecnologia por parte do mercado brasileiro. O hospital com 489 leitos em São Paulo, serve à uma das comunidades mais ricas do Brasil (ALBERT EINSTEIN, 2010).

Segundo o site do hospital, "o Programa de Melhoria Contínua do Einstein, iniciado em fevereiro de 2009, conquistou no dia 25 de agosto o primeiro lugar na categoria Melhor Programa Corporativo com até 18 meses de Implantação, no principal congresso de melhoria contínua da América Latina. A melhoria contínua é uma forma estruturada de avaliar os processos internos de uma empresa, identificando as causas geradoras de problemas e, posteriormente, implementando as melhorias necessárias para que esses processos passem a atender as necessidades de seus clientes internos e externos" (ALBERT EINSTEIN, 2010).

O hospital promoveu um workshop de uma semana, incluindo membros dos departamentos de segurança, enfermagem, farmacêutico, biomédico, laboratórios e instalações, assim como Joel Cook, Diretor de Marketing para Soluções na Área da Saúde da Aeroscout, para discutir sobre as ineficiências do hospital assim como falar sobre os benefícios da tecnologia RFID.

Segundo o hospital, a tecnologia da marca AeroScout contribui para otimização dos serviços dos pacientes, redução de trabalho e evita perda ou estrago de medicamentos e tecidos (humanos). "O hospital levou em consideração as soluções fornecidas por várias empresas, mas sentiu que a Aeroscout possuía mais conhecimentos e experiência com a utilização do RTLS na área da saúde" (ALBERT EINSTEIN, 2010). O projeto foi dividido em 3 fases, começando pelo controle (monitoramento) da temperatura em unidades de refrigeração, seguido da gestão de ativos e, eventualmente, no monitoramento de pacientes no hospital. As

primeiras duas fases já foram concluídas (a primeira no terceiro quartal de 2009 e a segunda em maio/2010) e a terceira estava prevista para julho de 2011 (ALBERT EINSTEIN, 2010).

O hospital foi o primeiro a receber uma acreditação Joint Commission International, que permite com que o hospital monitore a temperatura de *coolers* (refrigeradores) de armazenamento de bolsas de sangue, amostras de tecidos e medicamentos. Antigamente, o controle era feito manualmente e anotado em papel nas mais de 211 unidades localizadas em 5 prédios. O sistema implementado foi o AeroScout's Mobile View (tags T5A, T5B e T5C), que integra todos os sensores e emite alertas, caso necessário (SWEDBERG, 2010).

Em cada instalação, o sensor de temperatura é colocado dentro da unidade a ser controlado e ligado via cabo à tag RFID, que transmite a informação a 2,4GHz a um módulo Cisco Wi-Fi. O número serial da tag e o valor da temperatura são então lidos pelo sistema. Em caso de temperaturas perigosas, um alerta é transmitido ao gerente via email ou sms (SWEDBERG, 2010).

Depois de implementado o sistema de monitoramento da temperatura, o hospital partiu para a segunda aplicação (gestão de ativos), podendo rastrear equipamentos móveis, reduzindo o tempo perdido procurando itens e aumentando a produtividade do trabalho das enfermeiras. Para esta aplicação foram usadas as tags AeroScout T2 em 700 equipamentos, incluindo cadeira de rodas, bombas de infusão, scanners portáteis, ventiladores e camas especiais.

Além disso, funcionários receberam tags AeroScout (presas em correntes no pescoço) com botões que podem ser usados em casos de emergência para enviar mensagens de alerta para outros membros da equipe. O maior benefício já foi identificado, que foi o aumento da produtividade dos funcionários. Segundo Arai (CIO do hospital), os pacientes saem ganhando, pois os funcionários são capazes de prover serviços mais rapidamente atendendo as necessidades dos mesmos. Além disso, embora o hospital, no passado, tenha mantido bombas de infusão extras à mão para substituir os equipamentos que não podiam ser encontrados, atualmente a instituição precisa de apenas 500 bombas de infusão, que podem ser facilmente localizadas através do novo sistema (ALBERT EINSTEIN, 2010).

"Nossos pacientes se beneficiam porque os nossos funcionários podem oferecer um serviço rápido e atender rapidamente às necessidades dos pacientes," disse Arai. "Por exemplo,

se precisamos de uma cadeira de rodas, demoramos apenas alguns segundos para encontrar uma, enquanto que antes, levaria minutos," exemplificou.

O próximo passo é expandir o uso do software para cadastrar e monitorar o agendamento de manutenção dos equipamentos. O próprio sistema SAP alertaria o gerenciamento via email sobre quando certo item deverá sofrer manutenção e onde o item está localizado (ALBERT EINSTEIN, 2010).

Em relação ao controle de pacientes, o sistema ainda vem sendo desenvolvido e não possui informações concretas de como será ou quais serão os resultados.

4.3 Barreiras das aplicações de tecnologia RFID no ambiente hospitalar

Analisar os principais obstáculos de um projeto com antecedência é uma das chaves para se atingir o sucesso. Da teoria do gerenciamento de projetos, o famoso efeito cebola explica que, quanto mais tarde os problemas são identificados, mais esforços são necessários para combatê-los, principalmente em estágios mais avançados do projeto. Assim sendo, uma análise inicial de possíveis barreiras é fundamental para o andamento de um projeto de aplicação da tecnologia RFID no ambiente hospitalar.

Dentre as principais barreiras e obstáculos encontrados pelas organizações que decidem adotar a tecnologia RFID estão fatores como custo, falhas de leitura, interferências e problemas de segurança e privacidade (MEHRJERDI, 2010), além de problemas menos técnicos como questões sociais, organizacionais, falta de experiência e de históricos confiáveis, entre outras.

4.3.1 Alto custo

Ao longo deste trabalho, diversas aplicações médicas foram citadas e em algumas delas, algumas referências foram feitas a preços de implementação. Tanto para as aplicações cujos preços foram citados como para qualquer outra, é evidente que o custo total de elaboração de um sistema automatizado, utilizando tecnologia RFID mesmo quando combinada com outras tecnologias, ainda é alto.

Em uma das aplicações pioneiras da tecnologia em hospitais, o valor dos equipamentos controlados era estipulado em 500.000 dólares, o que compensava o custo de aplicação (SWEDBERG, 2009). Pesquisadores apontam o fato de que os custos e o ROI (*Return of Investment*) são muito altos e barram a aplicação da tecnologia em larga escala, sendo que sua aplicação para produtos cujo custo é menor do que 15 dólares seria um desperdício financeiro, aumentando as chances de prejuízo (MEHRJERDI, 2010).

Outro detalhe importante em relação ao custo é que as despesas iniciais para organizações que não possuem nenhum sistema ou que não possuem nenhum contato com a nova tecnologia é maior do que para aquelas que já têm algum envolvimento e modificam seus processos lentamente, aplicando a tecnologia aos poucos e verificando seus resultados.

O último, mas não menos importante das dificuldades de implementação em relação ao custo, é ganhar a confiança da alta gestão hospitalar. Trata-se de um grande desafio visto que eles estão preocupados em saber o valor do ROI antes mesmo de analisar as vantagens da aplicação (MEHRJERDI, 2010). Assim, um detalhamento maior dos custos envolvidos deve ser aberto aos gestores com objetivo de justificar os altos cifrões.

Uma análise de custo benefício, isto é, preço versus performance deve ser feita e apresentada ao cliente. Quando o orçamento é baixo, a qualidade dos equipamentos e do sistema como um todo deve cair. Por outro lado, quando o orçamento é alto, o projeto pode atingir níveis de alto desempenho e precisão dos resultados.

4.3.2 Segurança e Privacidade

Segurança e privacidade são temas que estão sempre associados aos impactos do uso de uma nova tecnologia. Sempre que algo novo e desconhecido começa a se relacionar com produtos e pessoas, os alertas de segurança e privacidade já começam a se acender. Quando se fala em tecnologia de informação, a situação é ainda mais complexa. Dados confidenciais são carregados por chips e é necessário que possuam uma garantia de segurança. Pessoas são rastreadas e assim, podem estar perdendo sua privacidade.

Essas e outras questões são vistas como principais barreiras a evolução da tecnologia RFID (GLOVER; BHATT, 2006). Algumas das aplicações mais revolucionadoras da tecnologia são vistas também como as mais “loucas”, colocando em risco a integridade e a privacidade de dados. A preocupação, ainda mais latente no caso de hospitais é que, organizações governamentais, leis, outra empresas ou até mesmo criminosos tenham acesso aos dados únicos cadastrados nas tags e consigam informações confidenciais relacionadas a segredos de produtos ou privacidade de pessoas.

Problemas de privacidade são geralmente relacionado a exposição dos pacientes. Um paciente que carrega uma pulseira RFID com suas informações jamais admitiria que estas fossem tornadas públicas, o que causaria, além de problemas sociais, altos prejuízos financeiros com indenizações.

Já problemas de segurança geralmente são relacionados a integridade dos dados (de forma a evitar que os dados dos chips sejam modificados ou danificados) e a mistura de informações que encontram-se na rede (MEHRJERDI, 2010). Alguém de fora pode conseguir acessar um sistema RFID e modificar suas características, acarretando em prejuízos incalculáveis.

Para driblar estes problemas, além de seguir rigorosamente padrões e protocolos (que possuem legislações de segurança), os projetos devem possuir algoritmos de segurança, como, por exemplo, mensagens codificadas. Além de serem dificilmente quebrados, caso sejam roubados ou acessados por pessoas não autorizadas, estas não entenderão o conteúdo das mensagens.

4.3.3 Interferências

Nos hospitais, diversos equipamentos médicos fazem uso das ondas de rádio frequência. Caso haja qualquer tipo de interferência com sistemas RFID, são as vidas dos pacientes que entram em risco, o que agrava este problema, sendo na opinião de muitos, o maior obstáculo da implementação da tecnologia em ambientes médicos-hospitalares.

Sistemas RFID usam ondas de rádio que trabalham em bandas de frequências determinadas por padrões bem definidos (industriais, científico, médico). Porém, mesmo assim, ainda existe a chance de que essas frequências, ou seus espectros, causem interferências com outros dispositivos que trabalhem com as ondas. Assim, uma gestão detalhada do espectro de frequência é crucial, o que pode ser obtida, segundo Jones e Chung (2008), através do uso de um analisador de espectro e testes de interferência (*Electromagnetic interference EMI*).

Além disso, deve-se fazer uma análise completa do ambiente de aplicação da tecnologia. Devem-se procurar interferências nos dois sentidos, isto é: possíveis fontes de interferência ao funcionamento do sistema e possíveis pontos que não podem sofrer interferência do sistema.

Vale destacar também o caso de pacientes com dispositivo Marca-Passo (osciladores alocados ao coração de pacientes debilitados, que batem em certa frequência), cuja interferência com a radiação de um leitor RFID poderia ser fatal. Infelizmente não existem dados concretos que mostram essa possibilidade, mas trata-se de um ponto a ser estudado e detalhado no futuro. Em contrapartida, existem aplicações da tecnologia sendo desenvolvidas para medição automática do batimento cardíaco de pacientes, como *Holter* RFID.

Adicionalmente a interferências do ambiente, as ondas de rádio podem ser afetadas pelos materiais onde se propagam, sendo importante classificar os materiais segundo sua interação com a onda, lembrando que esta interação depende da frequência de propagação da mesma. Uma classificação bastante utilizada dos materiais segundo esse comportamento é (LAHIRI, 2006):

- Materiais *RF-lucent* ou *RF-friendly*: são os preferidos pelas ondas, pois não impõem nenhuma perda de energia a elas.
- Materiais *RF-opaque*: são os inimigos das ondas, pois bloqueiam e refletem sua propagação.
- Materiais *RF-absorbent*: são aqueles que permitem a propagação das ondas, mas impondo a elas grande perda de energia.

Neste caso, depois de determinado quais itens serão taggeados, testes em laboratório são cruciais para medição de desempenho e possíveis ajustes em caso de problemas. Hoje, as

tags do tipo Gen2 possuem desempenhos aceitáveis, mas é sempre bom testar e analisar a performance de leitura antes de iniciar a implementação.

4.3.4 Complexidade da tecnologia

Um sistema RFID consiste de tags, leitores, redes de computadores e outros sistemas, incluindo middlewares, banco de dados e outros. Poucas são as empresas que dominam todos esses componentes, sendo mais comum que empresas diferentes se juntem para completar uma aplicação, formando um chamado “eco sistema” de empresas que juntas desenvolvem plataformas de suporte as aplicações RFID, gerando um problema de gerenciamento de parceiros e *stakeholders* (WANG et al, 2006).

Além disso, como mencionado no caso de aplicação do hospital em Taiwan, uma aplicação hospitalar da tecnologia RFID requer a união de conhecimentos das áreas de medicina, tecnologia, desenvolvimento de sistemas de informação, telecomunicação, integração de sistemas, entre outros.

Embora o controle de ativos seja uma aplicação em potencial para os hospitais, o controle de pacientes é ainda mais complexo e envolve mais valor. Controlar pessoas é muito mais desafiador, envolvendo pacientes, médicos, funcionários e requer know-how de medicina, práticas anteriores de aplicação da tecnologia e problemas sociais e organizacionais (WANG et al, 2006).

4.3.5 Falta de experiências anteriores

Apesar do aumento do uso de tecnologias da informação em ambientes hospitalares ser inevitável nos próximos anos, sua implementação real é desafiadora e diversas experiências anteriores já falharam (BONNABRY, 2005).

Segundo Wang et al (2006), a área de *health care* é considerada a próxima casa para a tecnologia de RFID, que possui grande potencial para reduzir custos e aumentar a segurança dos

serviços médicos prestados ao paciente. Entretanto, o desafio é aplicar a tecnologia na prática médica, onde experiências anteriores são poucas e limitadas.

Ainda segundo ele, existe pouca experiência no uso de tecnologia em ambientes hospitalares e a tecnologia só foi adotada no caso do hospital Taipei, devido ao surgimento de uma doença. Além disso, os projetos existentes são geralmente pequenos ou em baixa escala, o que, felizmente, vem mudando atualmente.

4.3.6 Barreiras Sociais

O quadro de funcionários de um hospital, principalmente as enfermeiras, possui uma “interferência” expressiva sobre o potencial e funcionamento das tecnologias utilizadas em ambientes médico-hospitalares. A implementação de sistemas RFID, por exemplo, pode causar intensificação do trabalho das enfermeiras, pois, caem sobre elas as tarefas de manter o sistema operacional em funcionamento. Isto é, fatores sociais e organizacionais que contribuem para o sucesso ou falha de sistemas RFID em hospitais devem ser detalhados e analisados com atenção. As implicações de sistemas RFID, como privacidade e intensificação de responsabilidades (como no caso das enfermeiras), devem ser levados em conta durante a elaboração do projeto de implementação da tecnologia (FISHER; MONAHAN, 2007).

O controle no caso de funcionários pode ser feito usando os *smart cards*, ou melhor, anexando tags RFID (chips) em seus crachás. Estas aplicações usam a tecnologia na identificação e localização de pacientes e funcionários: para os pacientes, identificação antes de cirurgias, medicações ou transfusões de sangue, aumentando o nível de segurança. Para os funcionários, há um controle do fluxo de trabalho com objetivo de identificar ineficiências nas operações (FISHER; MONAHAN, 2007). Porém, os estudos dos resultados que este tipo de controle pode trazer para a gestão, focam apenas no lado técnico e esquecem-se do contexto social.

Os poucos estudos que existem explicam que existem benefícios sociais com a implementação de RFID como, por exemplo, na melhoria de comunicação entre enfermeiras e médicos, mas que existem diversos problemas como erros de entendimento dos resultados que o sistema fornece, confusão entre médico e paciente, complexidade do sistema e falta de

tempo para treinamento. Segundo Fisher e Monahan (2007), tais atores têm medo de quebrar essas regras e ao mesmo tempo falta de motivação em readaptar todo o sistema para que se encaixe na lei, optando por esperar que a tecnologia se torne mais difundida no mercado hospitalar.

A solução para estes casos depende muito do nível de informação dos funcionários. Porém, as soluções devem passar por uma mudança gradual (para não assustar os funcionários), conscientização constante e treinamentos desde o início do projeto. Isto implica em altos custos, mas redução dos impactos e melhoria dos resultados.

5. PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO

De um ponto de vista geral, recursos hospitalares podem ser definidos como objetos que são utilizados no processo de produção, mas que não são transformados ou consumidos por ela. Exemplos de recursos são pessoal, equipamentos, materiais e bens de infra-estrutura ou mobília. Um recurso tem a habilidade de contribuir na produção e, geralmente, são avaliados pela quantidade utilizada por unidade de tempo ou então pela quantidade alocada para uma produção (VISSERS; BEECH, 2005).

Uma visão logística sobre a gestão da produção de processos hospitalares deve se basear no conhecimento das características dos processos e suas interações com os recursos. Dentro dos hospitais, alguns recursos são escassos e alocá-los corretamente aos processos é relevante, pois uma possível falta pode atrasar ou dificultar a execução dos serviços, acarretando em grandes perdas aos hospitais. Segundo Jones e Chung (2008), problemas com recursos estão entre as dez maiores causas de atrasos dos processos, que custam cerca de 1.000 dólares por hora de atraso.

Segundo Vissers e Beech (2005), a falta de um recurso mostra uma série de problemas condicionados a apenas um dos milhares de processos que acontecem dentro de um ambiente hospitalar diariamente. A quantidade de problemas passa a ser incalculável, sendo necessário que exista uma perfeita harmonia entre processos e seus recursos, o que só é possível através do uso de tecnologias. Ainda segundo os autores, controlar recursos, mais especialmente ativos hospitalares (equipamentos), pode ser visto como uma categoria da gestão de qualidade dos processos, visando melhorar e manter a qualidade dos serviços que dependam diretamente deles. Assim, este controle poderia trazer diversos benefícios, como, por exemplo:

- Otimização de uso, evitando faltas ou atrasos;
- Garantia de disponibilidade, evitando faltas ou atrasos;
- Redução do tempo de espera ou tempo perdido na busca dos equipamentos;
- Redução da quantidade de roubos ou perdas;
- Gerenciamento da manutenção dos equipamentos.

Conclusão, a falta de controle sobre ativos hospitalares agrava os custos relacionados a falta ou indisponibilidade dos equipamentos, tempo perdido na busca dos mesmos, custos com perdas e roubos, custos de manutenção e consequente custos de gestão de estoque devido à compra de novos equipamentos para suprir as necessidades afetadas pelos problemas citados (MEHRJERDI, 2010), como mostrado e mensurado na Tabela 3.

Problema	Custo	Referência
Tempo perdido na busca ou indisponibilidade de equipamentos	1.000 dólares por hora de atraso	Jones e Chung (2008)
Roubo ou perda de equipamentos	Mais de 400.000 dólares por ano	Rosencrance (2004)
Custos de manutenção dos equipamentos	5 a 10% do faturamento do hospital	Abraman (1999)

Tabela 3 - Falta de controle sobre equipamentos hospitalares

Nos hospitais, ativos móveis de alto valor como, por exemplo, bombas de infusão, monitores de pressão sanguínea, camas (macas), cadeira de rodas e bolsas de sangue são frequentemente alocadas em lugares errados, perdidos ou roubados. Instrumentos e materiais perdidos chegam a custar o equivalente a 500 camas de hospital ou 200.000 dólares por ano (JONES; CHUNG, 2008). Outros estudos (ROSENCRANCE, 2004) apontam que, em média, hospitais perdem de 300.000 a 400.000 dólares por ano com a perda de equipamentos hospitalares.

Controlar a localização dos equipamentos (principalmente os móveis), significa eliminar chances de perda e amenizar as chances de roubo, pois um sistema RFID poderia controlar a localização exatas dos mesmos e sinalizar quando um item adentra uma área proibida, podendo inclusive avisar seguranças via pager quando identificar que um equipamento está sendo levado para fora do hospital.

Adicionalmente, um serviço pode ser comprometido não apenas quando os equipamentos não são encontrados, mas também quando estão indisponíveis ou pela ocorrência de outros eventos, como por exemplo, quando está em manutenção. Nestes casos, a tecnologia RFID poderia ajudar na programação dos serviços, alocação dos recursos, no controle de disponibilidade e também na criação de um calendário de manutenção, evitando eventos

inesperados, o que pode congelar a “linha de produção” e acarretar em prejuízos humanos e financeiros.

Pelos dados da Abramam (1999) – Associação Brasileira de Manutenção - o setor de manutenção hospitalar é considerado um dos setores que apresentam o custo mais elevado, da ordem de 5 a 10% do faturamento em hospitais particulares. Além disso, o parque de equipamentos médico-hospitalares do Brasil é antigo, com mais de 50% deles operando há mais de vinte anos e estimativas apontam que cerca de 40% dessas máquinas encontram-se inoperantes ou funcionando de maneira precária. A maioria das falhas, entre 60 a 80%, acontecem devido a erros de operação ou mau uso, o que aumenta em 20% os custos com manutenção (CALIL; TEIXEIRA, 1998).

Assim sendo, um sistema de informações realmente efetivo dentro de um hospital deve ter a habilidade de contar, controlar e localizar ativos tageados com facilidade, além de ser capaz de obter informações para revisão e otimização dos processos (JONES; CHUNG, 2008). O controle e rastreamento de equipamentos sempre foi considerados um dos problemas mais sérios para hospitais. O problema se agrava quando se fala em leitos e macas, bombas de infusão, equipamentos cirúrgicos, cadeiras de rodas etc (MEHRJERDI, 2010).

Para atender essas necessidades e combater os problemas citados, o objetivo deste trabalho é propor uma sistematização dos dados para a implantação da tecnologia RFID no controle destes ativos móveis em ambientes hospitalares.

Problema	Proposta da tecnologia RFID
Tempo perdido na busca de equipamentos	Localização / Controle de busca dos ativos
Problemas de disponibilidade dos equipamentos	Controle de disponibilidade dos ativos
Roubo ou perda de equipamentos	Localização / Controle de segurança
Custos de manutenção dos equipamentos	Programação da manutenção

Tabela 4 - Proposta da tecnologia RFID no controle de ativos móveis

Através das funcionalidades de localização, identificação e autenticação dos itens, a tecnologia aplicada à gestão hospitalar (controle de ativos) busca identificar os principais dados

que devem ser analisados para que esta implementação possa gerar informações detalhadas sobre os ativos móveis, citadas e expostas na Tabela 4.

Os resultados do controle podem contribuir com a melhoria da logística e dos processos hospitalares e, ao mesmo tempo, ao combater os atuais problemas, os hospitais salvem dinheiro para que possam atender as necessidades dos pacientes de maneira mais eficaz, fornecendo serviços de maior qualidade.

5.1 Tipos de Recursos

Dentre os exemplos de recursos hospitalares citados (pessoal, equipamentos, materiais e bens de infra-estrutura ou mobília), a tecnologia RFID pode contribuir no controle e otimização de uso de todos eles. Porém, o foco deste trabalho está no controle de equipamentos médicos-hospitalares móveis como, por exemplo, aparelhos, macas, cadeiras de rodas, bombas etc.

Segundo Mehrjerdi (2010), uma aplicação da tecnologia RFID para produtos cujo custo é menor do que 15 dólares seria um desperdício financeiro, aumentando as chances de prejuízo. Partindo do princípio que a maioria dos equipamentos citados são de alto valor, a gestão efetiva dos mesmos agrega valor não apenas na melhoria dos processos, mas também de custo, como já discutido na Tabela 3.

A variedade dos equipamentos hospitalares é enorme e sua classificação não é universal para todos os hospitais. Alguns os dividem por especialidade, outros por nível de atendimento requerido, outros até por tipo de pacientes que atendem (VISSERS; BEECH, 2005). Entretanto, excluindo-se os casos dos ambulatórios, geralmente os equipamentos médicos são categorizados por especialidade, atendendo aos tipos de processos requeridos em cada área (VISSERS; BEECH, 2005). Mesmo que alguns itens sejam compartilhados, possuem uma especialidade responsável, o que torna possível se obter informações como, por exemplo, quais e quantos itens são necessários para atender a necessidade de cada especialidade e quais e quantos itens esta área possui.

O sistema de controle deve levar em conta estas diferenças e ser capaz de se adaptar a infra-estrutura existente no hospital para o qual ele é projetado, integrando-se inclusive com o software ERP utilizado. Esta integração com o ERP é fundamental para integrar as informações dos itens com o sistema de controle RFID (assim que sejam comprados e cadastrados no sistema, já podem ser associados às tags e números de indentificação que receberão suas informações cadastrais). Principal software de controle de equipamentos e materiais para os ambientes industriais, o sistema SAP é um exemplo de ERP e de como as informações podem migrar para o sistema de rádio frequência.

Por mais complexa que seja a classificação dos recursos, existem algumas características dos equipamentos que fazem parte de sua natureza, independente da classificação adotada ou de seu uso dentro de um hospital. Dentre elas podem dividir os equipamentos hospitalares em: fixos ou móveis. A existência de equipamentos móveis compartilhados é típica e inevitável por parte das organizações e processos hospitalares e as principais razões para o compartilhamento podem ser custo, qualidade e controle de uso (VISSERS; BEECH, 2005). Porém, o fato de se compartilhar recursos aumenta a taxa de ocupação e produtividade dos equipamentos, dificultando sua previsão ou programação de uso e aumentando as chances de estarem indisponíveis ou serem perdidos ou roubados, o que reforça a utilidade da aplicação de controle via RFID.

5.2 Localização dos equipamentos móveis

Segundo Fisher e Monahan (2007), sistemas RFID de localização em hospitais começaram a surgir com a implementação de tags ativas com objetivo de localizar peças de equipamentos necessários no dia a dia dos médicos e funcionários. O ganho para as enfermeiras foi a redução no tempo de busca dos equipamentos, sobrando mais tempo com os pacientes. Para o hospital, houve maior controle sobre os equipamentos evitando perdas e gastos desnecessários.

Para estes sistemas, dispositivos RFID ativos são preferidos aos passivos, que para funcionarem precisam de um número maior de leitores estrategicamente localizados, aumento

o custo da aplicação. Por outro lado, devido a economias com tags e facilidade logística, uma solução passiva é suficiente para mais de 80% das aplicações, e a escolha depende da precisão desejada.

Um sistema capaz de informar a localização exata e precisa de um equipamento dentro de cada região deve fazer uso de tags ativas. Por outro lado, alocar leitores nas entradas dessas regiões e controlar a localização por região pode fazer uso de tags passivas. Isto é, sistemas ativos são capazes de informar a localização exata de uma cadeira de rodas dentro de uma determinada sala (Figura 41), segundo um referencial, enquanto um sistema passivo seria capaz apenas a sala em que se encontra a cadeira como, por exemplo, na sala 309 da Figura 41.



Figura 41 - Localização de ativos por região

Fonte: Jones e Chung (2008)

A maioria dos sistemas RFID usados neste tipo de aplicação usam esta estratégia de desenvolvimento de zonas para controlar a localização dos itens. As tags transmitem periodicamente mensagens simples contendo informações de identificação e estado, que são coletadas por uma série de leitores de certa região, que se encontram dentro do alcance de leitura da tag. Estes leitores precisam estar vinculados ao um complexo sistema de software e middleware que precisam conhecer detalhadamente a localização de cada leitor, podendo trabalhar com as informações recebidas pelas tags. A Figura 41 mostra um exemplo bastante didático demonstrando as zonas de localização, representadas pelos retângulos e os perímetros

de leituras de tags, representados pelas bolhas (elipses) de radiação dos sinais emitidos pelos leitores (JONES; CHUNG, 2008).

Em aplicações mais avançadas, funcionários podem descobrir a localização dos equipamentos que procuram através de paggers, assistentes PDAs ou até mesmo *tablets*, fazendo buscas rápidas dos equipamentos mais próximos. Além disso, o sistema de segurança restringe áreas as quais certos equipamentos são proibidos de circularem, emitindo alertas (sonoros, visuais etc) ou avisando os responsáveis ou seguranças em caso de tentativas de roubos.

5.3 Controle de disponibilidade

Por mais que hospitais possam planejar seus processos e alocar os recursos necessários a cada serviço que será realizado, é impossível que possam prever ou controlar o uso de cada equipamento móvel, principalmente dos mais simples e daqueles utilizados somente quando há uma necessidade. Assim, por essas e outras razões já discutidas, funcionários estão sujeitos ao risco de indisponibilidade dos equipamentos que desejam utilizar. Pode acontecer de perderem tempo em busca de equipamentos e risco de encontrá-los sendo utilizados por outras pessoas.

Quando um funcionário for utilizar um equipamento que se encontra disponível, deve alterar o seu status no sistema para indisponível. Esta alteração pode ser realizada de diversas formas e depende da precisão desejada e do tipo de sistema RFID adotado. No caso de sistemas mais avançados, os equipamentos podem portar tags ativas com sensores (botões ou chaves para alteração de status, sensores de presença) ou até mesmo leitores capazes de identificar a utilização e até mesmo o funcionário que o está utilizando. Para sistemas mais simples, os funcionários podem alterar este status através de interfaces programadas em seu leitor portátil ou dispositivo RFID integrado, como, por exemplo, PDAs ou outros eletrônicos.

Neste caso, o controle dos equipamentos móveis é extremamente útil no sentido que, além de informar a localização dos equipamentos, pode também identificar o seu status: disponível ou indisponível. O sistema também pode prever indisponibilidades programadas, avisando os responsáveis com antecedência para que providenciem outros equipamentos

reservas. Para verificar estas informações, o mesmo sistema de localização pode ser utilizado, através de paggers, PDAs, *tablets* ou outros dispositivos.

5.4 Planejamento de Manutenção

Seguindo a mesma linha de raciocínio do controle de disponibilidade, o sistema RFID pode contribuir no planejamento da manutenção dos equipamentos, aumentando sua confiabilidade e disponibilidade. Depois de planejado, o sistema pode informar os responsáveis com antecedência sobre as datas de manutenção de equipamentos específicos, além de já identificar sua localização.

5.5 Proposta de Sistematização dos dados no controle de ativos móveis

Segundo Jones e Chung (2008), a melhor maneira de se obter uma aplicação de sucesso da tecnologia RFID, isto é, ser eficiente ao conduzir uma análise de implementação da tecnologia na prática, é seguindo os seguintes passos:

1. Obtenção de informações do sistema através de um estudo
2. Elaboração de um projeto preliminar
3. Desenvolvimento de protótipos
4. Escolha de uma opção/alternativa
5. Testes e retestes da alternativa escolhida
6. Implementação da solução

No primeiro passo, os autores propõem a busca por informações do ambiente no qual se deseja aplicar a tecnologia RFID para o entendimento de como funciona o processo atual que se deseja modificar. Para isso, sugerem técnicas como modelagem e mapeamento dos processos através do entendimento de suas operações, diálogos com os envolvidos e conhecimento das possíveis barreiras a se enfrentar com a implementação de rádio frequência.

Já no segundo passo, após colhida as informações sobre o ambiente, os autores sugerem uma análise da tecnologia, através da busca pela melhor solução que se encaixe nas operações do ambiente estudado.

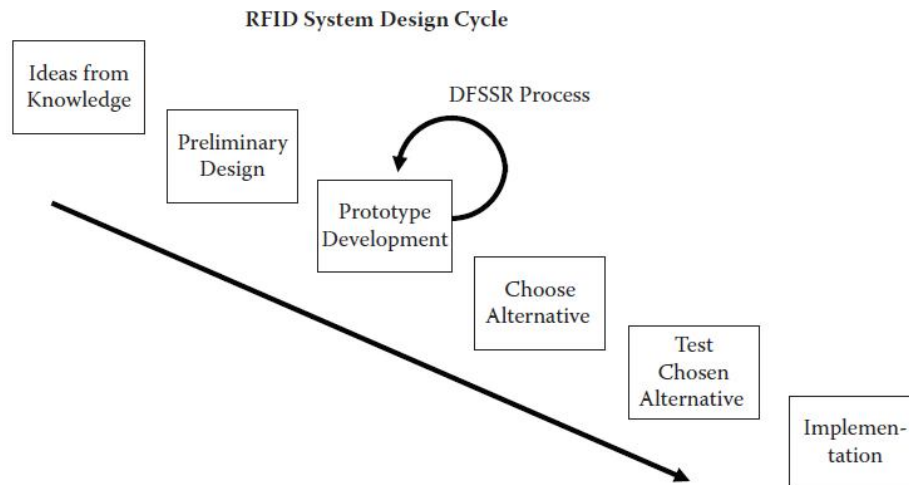


Figura 42 - Proposição passo a passo de uma aplicação da tecnologia RFID

Fonte: Jones e Chung (2008)

Apesar da metodologia dos autores ser interessante, trata-se de uma abordagem genérica, aplicando-se para qualquer área. Na prática, os passos são de fato similares para qualquer tipo de aplicação, mas a realização de cada um deles é um pouco mais desafiadora e o ambiente hospitalar apresenta algumas características específicas já discutidas ao longo deste trabalho.

Assim sendo, esta proposta de sistematização, busca identificar, de maneira personalizada, quais dados são relevantes na sequência dos dois primeiros passos sugeridos por Jones e Chung, isto é, quais informações devem ser coletadas para o entendimento do atual sistema de controle de equipamentos móveis existente no ambiente hospitalar no qual se deseja aplicar a tecnologia e quais informações (inclusive técnicas) devem ser coletadas para a elaboração de um projeto preliminar de controle destes recursos, segundo as necessidades e objetivos do hospital, conforme as funcionalidades apresentadas nos tópicos anteriores.

Para facilitar o trabalho do projetista, todas as informações e dados que devem ser coletados, propostos nesta sistematização, encontram-se consolidados em uma planilha Excel

com objetivo de guiar a investigação e ajudar na busca das melhores soluções segundo os resultados encontrados.

5.5.1 Passo 1: Obtenção de informações do sistema através de um estudo

Sistematização 1: Definição do objetivo de implantação da tecnologia

O controle de ativos móveis em ambientes hospitalares é uma definição genérica do objetivo desta implementação da tecnologia RFID. Assim, é necessário entender os resultados que se deseja alcançar na prática e de que forma as operações que dependem destes recursos podem ser modificadas e melhoradas para que possam gerar as informações necessárias ao controle do sistema RFID. Em resumo, é necessário entender dois pontos principais:

- Quais ativos móveis a aplicação deseja controlar (macas, cadeiras de rodas, bombas, todos, outros etc);
- Quais são os objetivos do controle destes ativos através da aplicação da tecnologia RFID, definindo quais informações se deseja controlar.

Para isso, a maneira mais prática de se obter estas informações seria através de uma reunião com a instituição hospitalar interessada. Em relação ao projeto e conceitos de gerenciamento, seria como uma reunião de alinhamento do escopo e entendimento das expectativas do cliente em relação ao controle de seus ativos móveis, além de identificar as principais premissas, riscos, riscos e oportunidades e outras observações convenientes.

O *Checklist 1* (Anexo IV) sistematiza os dados a serem coletados, além de facilitar a vida do projetista durante a reunião. Trata-se de um entendimento inicial com o projeto que será mais detalhado no próximo passo.

Saída: Entendimento do objetivo da implantação da tecnologia RFID no controle de ativos móveis (**Checklist 1 – Anexo IV**).

Sistematização 2: Modelagem do processo atual

Neste ponto, é necessário que o projetista entenda os detalhes de funcionamento do atual controle que a instituição hospitalar possui dos ativos selecionados no passo anterior de forma a propor uma solução. Talvez este passo seja o mais complicado da metodologia dependendo da atual situação em que se encontra o hospital e devido a complexidade destes ambientes e possível falta de previsão dos fluxos dos recursos utilizados. Porém, é um passo fundamental para a proposição de uma solução, além de despertar o interesse da própria organização em entender melhor os seus processos, caso eles sejam complicados.

Para isso, é importante que estas informações sejam obtidas com calma e através de técnicas como:

- Reuniões de detalhamento do processo com os interessados no projeto;
- Visitas em campo e análise das operações;
- Realização de entrevistas com os atores (funcionários) envolvidos na gestão dos equipamentos.

Após um longo processo de análise, estas informações devem ser consolidadas em um modelo (fluxograma) que represente como funcionam os processos e suas operações passo a passo. Partindo deste princípio, o ideal é que o projetista se utilize de técnicas profissionais para guiar suas atividades de forma a atingir o maior detalhamento possível.

Dentre estas técnicas destaca-se a Metodologia EKD (*Enterprise Knowledge Development*), que fornece uma forma sistemática e controlada de analisar, entender, desenvolver e documentar uma organização e seus componentes, usando a modelagem organizacional.

O objetivo do EKD é prover uma descrição clara da dinâmica atual da organização, dos requisitos e das razões para a mudança; das alternativas a serem criadas para encontrar esses requisitos, e dos critérios e argumentos para avaliação dessas alternativas (GUERRINI; BELHOT, 2011).

O interessante desta metodologia é que esta não necessita de recursos adicionais como softwares e permite uma visão estratégica do negócio muito objetiva (GUERRINI; BELHOT, 2011). Ao se utilizar desta metodologia, o projetista deve segui-lá segundo a teoria, mas de forma resumida, os passos que seguem encontram-se resumidos na Figura 43.

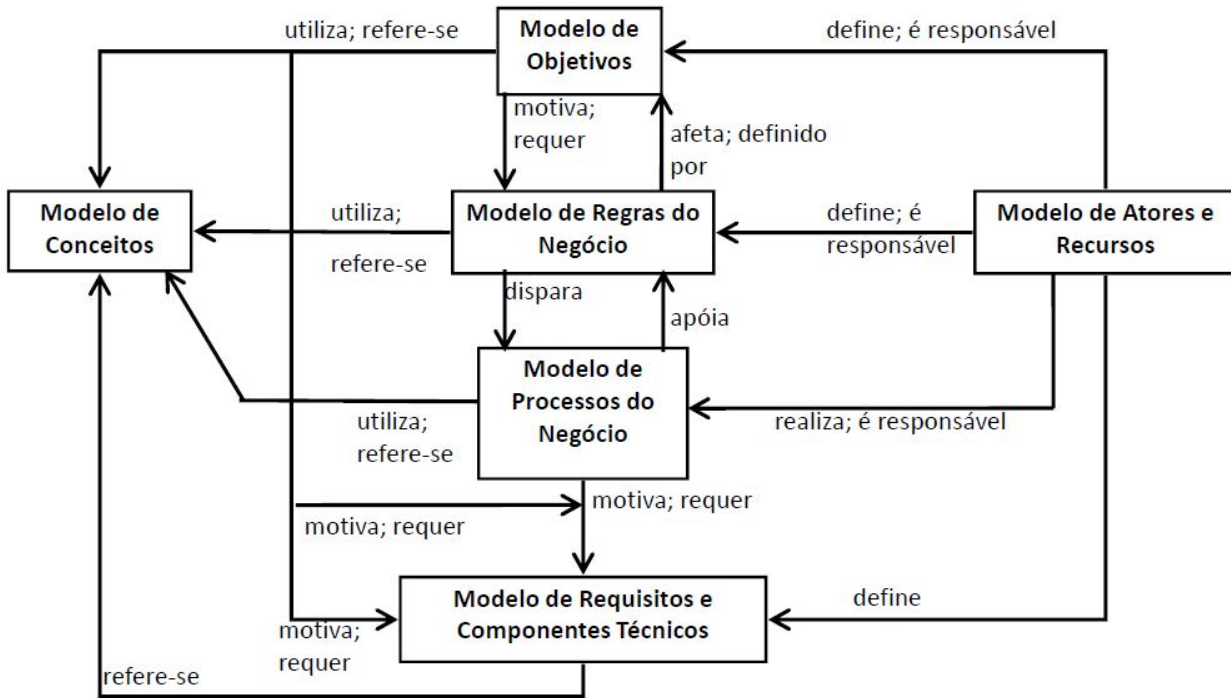


Figura 43 - Metodologia EKD

Fonte: Guerrini e Holt (2011)

Em relação aos questionamentos a serem feitos para entender o processo atual, segundo Guerrini e Holt (2011), a metodologia propõe algumas questões pré-elaboradas, como sistematizado no *Checklist 2* (Anexo V).

Espera-se que o modelo de processo final, ou fluxograma, seja um tipo de diagrama que pode ser entendido como uma representação esquemática de um processo, mostrando de forma descomplicada a transição de informações entre os elementos que o compõem.

Saída: Modelo do processo atual através de técnicas como o EKD (**Checklist2 – Anexo V**).

5.5.2 Passo 2: Elaboração de um projeto preliminar

Sistematização 3: Escolha dos equipamentos

Depois que o processo encontra-se detalhado, deve-se começar a desenhar a solução RFID preliminar que melhor se encaixe no objetivo do projeto (controle de ativos móveis) conforme discutido nos passos anteriores. Para isso, primeiramente é necessário elaborar o sistema RFID que será proposto, através da análise de seus componentes. Os próximos passos detalham esta sistematização, envolvendo os aspectos técnicos discutidos ao longo deste trabalho.

Saída: Definição dos equipamentos RFID a serem utilizados no projeto de forma a atingir os objetivos estabelecidos.

Sistematização 3.1: Análise de Performance e Custo

O custo para tornar os ativos mais “visíveis” varia dependendo dos objetivos da gestão. Porém, de maneira geral, devem ser levados em conta as interações entre as instalações físicas e a rede de software e banco de dados necessária ao desenvolvimento do projeto, considerando a performance desejada do sistema.

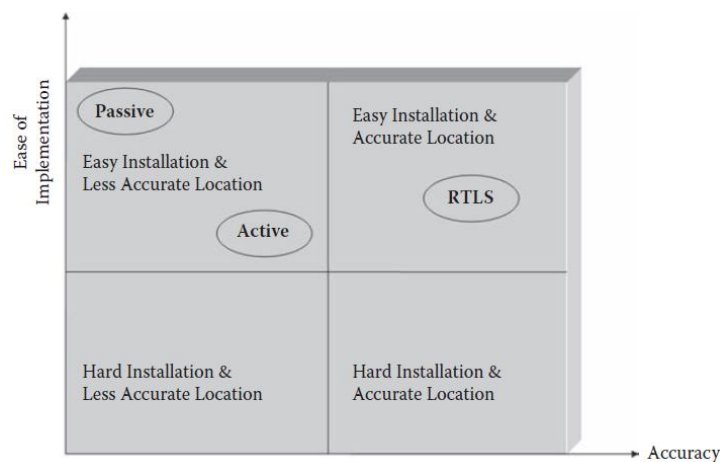


Figura 44 - Custo vs Desempenho do controle de recursos

Fonte: Jones e Chung (2008)

A análise do processo realizada nos passos anteriores e a precisão desejada do sistema classificam o projeto segundo quatro cenários distintos: Fácil Implementação e Baixa Precisão, Fácil Implementação e Alta Precisão, Difícil Implementação e Alta Precisão e Difícil Implementação e Baixa Precisão, como mostrado na Figura 44 (JONES; CHUNG, 2008).

Esta análise permite ao projetista avaliar inicialmente o valor do investimento que deve ser realizado pela instituição hospitalar de forma a atingir seus objetivos. Caso um detalhamento maior dos custos seja necessário, uma sugestão bastante interessante (MEHRJERDI, 2010) seria dividi-los em:

1. Custos iniciais: Geralmente vistos como principal barreira, tratam-se dos custos de investimento na tecnologia, isto é, compra de hardware, software, middleware, treinamento e custos de integração da base RFID com sistemas de regulamentação.
2. Custos de infra-estrutura de TI: custos de integração da base RFID com toda atual arquitetura de TI ou custo de modificação de toda estrutura. Podem-se citar custos de software, alguns casos hardware, integração com logística e sistemas de gestão, custos de manutenção e treinamento.
3. Custos de contratação de profissionais experientes: Custo da "mão-de-obra" qualificada, cara e difícil de encontrar.
4. Custos com performance de leitura: Análise custo x performance.
5. Custos com privacidade: Custa a cerca de toda precaução com o uso da tecnologia RFID e a privacidade das informações que ela disponibiliza.
6. Custos com segurança: Custos para manter os dados em um nível seguro, assegurando que os dados dos clientes não serão comprometidos em nenhuma hipótese.
7. Custos com código de barras: Para que não haja um impacto muito grande na implementação da tecnologia RFID, é normal que ela seja adotada em união com o código de barras.
8. Custos devido a problemas com pacientes: Devido a pouca fama que a tecnologia possui, algumas pessoas podem se assustar e se negar a lidar com a tecnologia. Nestes casos, os hospitais devem estar preparados para um plano B para estes pacientes.

Levando em consideração a proposição feita e para facilitar a previsão destes custos, o projetista pode seguir a sistematização proposta no *Checklist 3* (Anexo VI), separando a previsão em cinco subtotais: gastos de mão-de-obra, custos com equipamentos, software, treinamentos e outros gastos de projeto.

Saída: Valor financeiro e performance desejada para o projeto (**Checklist 3 – Anexo VI**).

Sistematização 3.2: Análise dos equipamentos a serem controlados

A análise dos equipamentos a serem taggeados é importante, não apenas para a escolha de todos os componentes do sistema RFID, mas também para análise do desempenho de leitura e levantamento de ajustes e mudanças que devem ser realizadas para que a performance desejada e as informações necessárias sobre os ativos seja obtida.

Para isso, apresenta-se o *Checklist 4* (Anexo VII), sistematizando todos os dados técnicos em relação a cada equipamento que devem ser analisado individualmente como, por exemplo:

- Material do equipamento (metal, vidro, madeira etc);
- Existência e tipo de embalagem ou empacotamento;
- Fluxo e caminhos pelos quais deve ou pode percorrer (segundo análise de sistematização 2);
- Melhor local de colocação da tag RFID;
- Velocidade máxima de locomoção do item;
- Classificação inicial de interferência (análise do desempenho de leitura de tags quando anexadas aos itens – *RF Friendly, Opaque* ou *Absorbent*).

Saída: Análise técnica dos equipamentos que serão controlados (**Checklist 4 – Anexo VII**).

Sistematização 3.3: Análise de barreiras técnicas e condições de operação de cada equipamento

Trata-se de uma das mais importantes etapas que podem definir o sucesso ou fracasso do projeto. A solução teórica proposta encontra uma série de condições impostas pelo ambiente por onde passam os equipamentos que serão controlados.

Assim, uma análise das barreiras técnicas e das condições de operação de cada equipamento deve ser feita e documentada para que os itens possam ser simulados em testes de desempenho para medição e ajustes da performance de leitura e para que os outros componentes e dados técnicos do projeto possam ser corretamente adotados.

Além do detalhamento técnico proposto, esta análise deve gerar resultados que podem ser classificados em: Ótima, Boa, Regular ou Péssima para cada equipamento. Alguns equipamentos podem ser submetidos a ambientes frios ou quentes, ambientes de extrema interferência com outros dispositivos, enquanto outros podem ter seus caminhos restritos a ambientes simples e de baixa interferência. Quanto mais grave for este resultado, maior deverão ser os esforços para combater os problemas encontrados.

Para que os resultados sejam obtidos, é necessária uma longa e complexa análise do ambiente e dos equipamentos, que pode ser facilitada completando aos dados da sistematização consolidados no *Checklist 5* (Anexo VIII), como, por exemplo:

- Condições adversas de temperatura;
- Condições adversas de poeira ou outras barreiras físicas;
- Condições de vibração dos equipamentos;
- Impactos físicos;
- Fontes externas de interferências pelos ambientes nos quais circulam.

Saída: Análise e detalhamento das condições em que serão submetidos os equipamentos (**Checklist 5 – Anexo VIII**).

Sistematização 3.4: Escolha da frequência de operação por processo

A relação entre a frequência e o alcance de leitura é uma das informações determinantes na escolha da frequência de operação do sistema (tags e leitores), junto com as informações da velocidade e condição de operação dos equipamentos tagueados.

Cada aplicação deve ser analisada em detalhes para definição da frequência de operação ideal. Porém, vale destacar que para aplicações mais simples e gerais, devido a queda dos custos das tags UHF (tags que operam em frequência UHF) e seu bom desempenho, esta faixa de frequência acaba sendo a escolhida, sendo mais utilizada do que as outras. No caso de aplicações mais específicas, a substituição da frequência UHF por LF ou Microwave depende das características do sistema e do ambiente.

Vale lembrar que a frequência é inversamente proporcional ao tamanho das antenas das tags e, portanto, aplicações de frequências muito baixas são indesejáveis devido aos grandes tamanhos das antenas. Sistemas de alta frequência (pequenas antenas) são preferíveis, mas são também, mais caros e complexos.

A escolha da frequência trata-se da definição técnica mais importante do projeto. Projetistas não devem dar continuidade ao projeto sem antes definir com qual frequência pretendem trabalhar. A frequência é importante, pois todas as funcionalidades da tecnologia dependem dela e para isso, o projetista deve analisar os dados contidos no *Checklist 6* para cada equipamento e utilizar os resultados para a escolha de uma única frequência de operação para cada processo, como, por exemplo:

- Distância máxima de leitura;
- Velocidade máxima de leitura obtida na sistematização 3.2;
- Tipo de aplicação (baseado em padrões ISO);
- Condições de operação obtida na sistematização 3.3.

Além de sistematizar quais dados devem ser coletados nesta fase, o *Checklist 6* correlaciona as características citadas acima com a frequência de operação, facilitando a escolha do projetista. Por exemplo, caso a distância de leitura seja média (de alguns centímetros a poucos metros), a frequência ideal para este caso seria HF ou UHF, no caso do equipamento

analisado. Caso haja equipamentos no mesmo processo que necessitem de frequências de operação diferentes, o sistema deve avaliar se estas frequências podem ser suportadas pelos mesmos leitores e numa possível adversidade, a escolha deve se basear nos casos mais críticos.

Saída: Determinação da frequência de operação por processo do sistema RFID proposto (**Checklist 6 – Anexo IX**).

Sistematização 3.5: Definição do Protocolo e Padrões de Comunicação

Os protocolos e padrões de comunicação devem se basear na escolha da frequência de operação e do tipo de aplicação do sistema RFID (segundo as definições das normas), servindo como base para a escolha das tags e leitores pois fazem parte de suas características técnicas. Porém, universalmente aceitos, dificilmente o protocolo e o padrão adotados não serão o EPC/ISO, respectivamente, mais especificamente, EPCGlobal e ISO 18000. Além disso, por mais que o projeto de gestão dos equipamentos possua diversos processos (conforme determinado nos primeiros passos), o protocolo de comunicação pode e deve ser o mesmo para todos.

Para que esta idéia fique mais clara, analisando o manual de funcionamento do leitor Mercury 4 do fabricante Thing Magic, é possível se obter no item frequências de operação, que ele trabalha nas frequências UHF de 902-928 MHz (padrão US) e 865-868 MHz (padrão Europeu), protocolo 18000-6B, com suporte as tags EPC Classe 0 e Classe 1 das gerações 1 e 2.

Saída: Definição do protocolo de operação do sistema.

Sistematização 3.6: Escolha da Tag

As tags passivas são sempre a opção desejada pois são mais baratas, mais simples e maleáveis ao formato dos equipamentos. Porém, caso o controle desejado para o equipamento exija alta quantidade de dados, localizações precisas, baixa taxa de erro de leitura, integração com sensores ou produtos em alta velocidade, as tags ativas devem ser a opção escolhida. Para

facilitar o entendimento e a escolha do tipo de tag, a Tabela 5 resume suas principais características de cada tipo, ativas, passivas e semi-ativas.

Característica	Tag Passiva	Tag Semi-Ativa	Tag Ativa
Capacidade de armazenamento	Baixo	Alto	Alto
Tempo de Vida	Ilimitado	Médio / Alto	Baixo
Integração com sensores	Não	Sim	Sim
Custo	Baixo	Médio	Alto
Erros de Leitura	Médio	Médio	Baixo
Blindagem a interferência	Baixa	Média	Alta
Performance	Aceitável	Aceitável	Alta
Alcance de leitura	Baixo	Médio	Alto
Velocidade de leitura	Médio	Médio	Alto

Tabela 5 - Comparação dos tipos de tags

Além destas características de funcionamento, o projetista deve começar a se preocupar com a comunicação entre a tag e o leitor. Para isso, baseado na escolha do protocolo e padrões de comunicação e considerando que o protocolo EPC tenha sido escolhido, as tags são divididas em classes de diferentes capacidades, frequências e preços e devem guiar a escolha final das tags do projeto, conforme a Tabela 6.

Classe	Descrição
Classe 0	Passiva (64 ou 96 bits), apenas de leitura UHF (900 MHz)
Classe 0+	Passiva, grava uma vez mas usando protocolos da Classe 0 UHF (900 MHz)
Classe I	Passiva, grava uma vez UHF (860-930 MHz) e HF (13,56 MHz)
Classe II	Passiva (224 bits), grava uma vez com extras como criptografia Frequências variadas
Classe III	Regravável, semi-passiva com sensores integrados Frequências variadas
Classe IV	Regravável, ativa Frequências variadas
Classe V	Podem energizar e ler outras tags Frequências variadas
UHF Gen2	Passiva (128 bits), leitura e gravação contínua UHF (860-930 MHz)

Tabela 6 - Classes de tags

Fonte: Adaptado de Glover e Bhatt (2006) e Lahiri (2006)

Vale destacar que, caso o sistema passivo e a frequência UHF atendam as necessidades do projeto, a tag do tipo Class 1 Generation 2 dificilmente não será utilizada pois concilia os padrões ISO e EPC. Criadas em 2004, as tags Geração 2, chamadas de Class 1 Generation 2 UHF RFID, complementam-se no sentido de tentar desenvolver padrões e metodologias globais para frequência na faixa de 860 MHz – 960 MHz (ISO 18000-6C). São tags UHF de 128 bits (96 de dados + 32 erros e comando kill), leitura e gravação contínua, distância de leitura de até 10 metros, densidade de tags de até 1600 por segundo e padrão mundial compatível com todos os fabricantes (LAHIRI, 2006).

Isto é, além de serem universais (compatíveis com todos os fabricantes), possuem desempenho melhor do que as outras passivas existentes no mercado, sendo o segundo motivo de sua criação. As outras tags passivas também estão evoluindo, mas ainda apresentam desempenho bastante irregular. Como exemplo, alguns tipos quando seguradas com a mão um pouco suada, já apresentam problemas de leitura. Estas inúmeras vantagens levam a crer que a compensação entre os tipos só pode estar no preço. Porém, seu preço não é tão diferente das outras passivas, o que torna as tags de primeira geração pouco competitivas.

Portanto, apesar de ser o coração do sistema RFID, a escolha da tag não é tão complicada. Na prática, os seguintes aspectos precisam ser analisados, com a contribuição do *Checklist 7* (Anexo X), que contém informações como:

- Frequência e Protocolo de comunicação;
- Capacidade de escrita e leitura;
- Capacidade de armazenamento de dados (em bits);
- Integração a sensores;
- Distância, velocidade de leitura e condições de operação obtidas anteriormente;
- Desempenho de leitura sob as condições de operação.

Mesmo depois de escolhido o tipo e a classe das tags, várias opções de fabricante encontram-se disponíveis no mercado. A escolha do melhor deve se basear no preço, na preferência do projetista, na compatibilidade com os leitores e em pequenas diferenças técnicas

que possam existir entre eles. Uma lista de fabricantes encontra-se disposta na sistematização 3.10.

Saída: Escolha do tipo e classe de tag ideal para atender os requisitos do sistema proposto (**Checklist 7 – Anexo X**).

Sistematização 3.7: Escolha do Leitor

Por tratar-se do cérebro do sistema de hardware, trata-se de uma das escolhas mais complexas. É necessário analisar as características técnicas detalhadas no *Checklist 8* (Anexo XI) e ter uma noção de orçamento, pois o preço dos mesmos pode variar drasticamente segundo seu desempenho e fabricante.

Assim, a escolha do fabricante deve se basear nestas características e a lista de opções, encontrada na sistematização 3.10, pode ajudar nesta escolha. As principais informações, são:

- Frequência e protocolo de comunicação;
- Tipo requerido do leitor (fixo, móvel);
- Propriedades físicas;
- Capacidade de atualização;
- Quantidade de tags que serão lidas por unidade de tempo;
- Onde e como serão instalados (em portais, em prateleiras etc).

Saída: Escolha do tipo do leitor ideal para atender os requisitos do sistema proposto (**Checklist 8 – Anexo XI**).

Sistematização 3.8: Escolha das Antenas

Geralmente um leitor possui quatro entradas para antenas. Porém, em sua compra, não vem acompanhado delas, precisando ser compradas separadamente. Logicamente que um leitor já possui as antenas indicadas (do mesmo fabricante), mas mesmo nestes casos estas

antenas possuem tipos e formatos diversos, precisando ser escolhidas nesta fase. Para isso, a sistematização dos dados (*Checklist 9, Anexo XII*) engloba dados como, por exemplo:

- Tipo da antena (Linear, Circular etc);
- Verificação de compatibilidade com o leitor escolhido;
- Bolha de radiação;
- Influência do ângulo da tag;
- Potência;
- Propriedades físicas;
- Tipo de instalação (portais, prateleiras etc);
- Quantidade de tags que serão lidas por unidade de tempo, já obtida.

Saída: Escolha das antenas ideais para atender os requisitos do sistema proposto (**Checklist 9 – Anexo XII**).

Sistematização 3.9: Escolha de outros equipamentos e materiais

Para completar o sistema RFID, outros equipamentos podem ser integrados ao projeto como impressoras, sensores, atuadores, sinalizadores, códigos de barras, materiais, móveis etc. Este passo é dedicado a escolha e definição destes componentes, que não possuem uma lógica ou sistematização de dados e devem ser analisados segundo as necessidades do projeto.

Saída: Definição de outros equipamentos e materiais segundo projeto proposto.

Sistematização 3.10: Escolha dos fabricantes

Após escolhida a frequência de operação do sistema, o protocolo de comunicação e os tipos de equipamentos que devem ser utilizados, é necessário escolher as melhores marcas e encontrar fornecedores RFID no Brasil.

Neste sentido, para ajudar o projetista na escolha do modelo do fabricante, o *Checklist 10* (Anexo XIII) consolida informações importantes não apenas quanto aos equipamentos, mas também a escolha de parceiros ou outras empresas de consultoria ou projeto de software. Esta lista foi formada pelo grupo do "*The RFID Reference Model*" e encontra-se atualizada segundo os fabricantes RFID mais conhecidos no mundo.

Saída: Escolha dos modelos dos componentes RFID (**Checklist 10 – Anexo XIII**).

Sistematização 4: Análise inicial dos dados necessários a construção do software

A elaboração do software é o passo mais complexo de um projeto de rádio frequência. De nada adianta os equipamentos serem os melhores do mercado se o software que os comanda não estiver alinhado com o projeto de forma a gerenciar com precisão os ativos móveis dentro dos hospitais. Para isso, o software deve ser uma etapa posterior a definição do projeto, a partir do terceiro passo proposto por Jones e Chung (2008).

Entretanto, uma série de informações já podem começar a serem analisadas na avaliação do projeto preliminar, como, por exemplo:

- Decidir se o software será de desenvolvimento próprio ou terceirizado;
- Levantamento da arquitetura pré-existente.

Saída: Coleta inicial de dados e informações importantes a construção do projeto de software.

Sistematização 4.1: Levantamento da arquitetura pré-existente

Primeiramente deve-se fazer uma análise da arquitetura de TI já existente no hospital. Algumas aplicações sugerem mudança total da estrutura, ou por desejo do hospital ou por opção do projetista. Porém, a maioria sugere que a arquitetura existente seja utilizada e assim, a nova tecnologia deve se encaixar na estrutura e encontrar uma forma de navegar com seus dados através do software. Deve-se analisar se a instituição possui rede de informação

(intranet, internetetc), banco de dados (ONS etc) e como funcionam, complementando possíveis informações, agora mais técnicas, que tenham sido levantadas nos primeiros passos.

Nem todos os ambientes são do tipo *greenhouse* (ambientes que serão montados do zero) e nem todos os ambientes querem trocar 100% de sua estrutura antiga de TI para se colocar uma nova com RFID. Por uma questão de custo, facilidade e costume, é mais comum casos em que o novo sistema RFID tenha que se adaptar a estrutura atual.

Assim sendo, para ficar perfeitamente completo, um sistema RFID precisa se “encaixar” na estrutura do hospital. O middleware precisa saber onde e como vai transportar os dados e como estes vão interagir com a tecnologia existente. Os sistemas devem co-existir com e estender as capacidades de aplicação corporativas como sistemas de gerenciamento de depósitos (WMSs), sistemas de planejamento de recursos corporativos (ERP) ou sistemas de ponto de venda (GLOVER; BHATT, 2006).

Um exemplo bastante comum são empresas que possuem interfaces que padronizam diversas arquiteturas utilizadas e as traduzem para um formato comum, como o XML. Assim, o sistema RFID precisa entender se é com essas interfaces que deve trabalhar. A própria EPCglobal, propõe interfaces que ajudam a padronizar esse fluxo de informações, chamadas de EPCIS (EPC Information Server) e também bancos de dados universais autorizados a rotear informações sobre determinados EPCs segundo solicitação, chamados de ONS (Object Naming Service). Resumindo, os códigos EPCs serão linguagem universal, facilitando a comunicação e integração de estruturas dos diferentes processos hospitalares.

Saída: Detalhamento das informações técnicas dos softwares e arquitetura de dados já existentes para controle dos processos.

Sistematização 5: Modelagem preliminar do processo futuro

Ilustração da solução proposta no projeto preliminar, isto é, modificação do modelo atual, aplicando a tecnologia RFID e a solução proposta. Trata-se do início do projeto de fato,

tendo-se uma primeira versão ou primeira idéia de como será o novo cenário de gestão dos ativos móveis do ambiente hospitalar.

Trata-se do fechamento do projeto preliminar e do segundo passo proposto por Jones e Chung (2008). Espera-se que a quantidade de informações obtidas contribua para a continuação do desenvolvimento do projeto e dos próximos passos sugeridos pelo autor, já aproximando a metodologia dos ambientes hospitalares para o caso dos controle de ativos móveis.

Saída: Modelo da solução proposta pelo projeto preliminar.

5.6 Resumo ilustrativo da sistematização

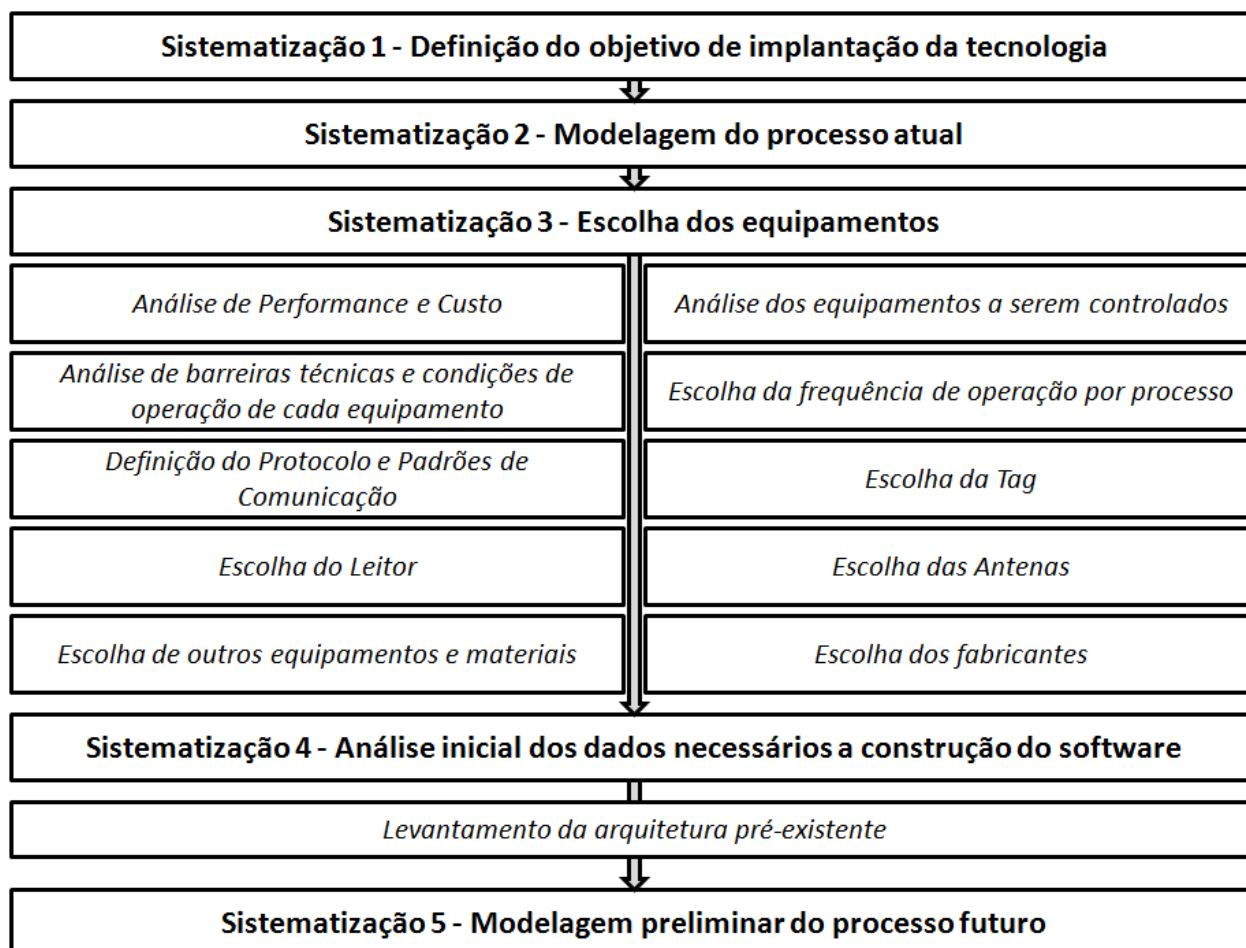


Figura 45 - Resumo ilustrativo da sistematização

5.7 Análise SWOT da aplicação

Para se concluir sobre a aplicação, esta análise de cenário visa, de maneira macro, identificar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças do uso da tecnologia RFID no controle de ativos móveis, proposta pela sistematização.

1. Strengths (Forças)

- 1.1. Aplicação inovadora de uma tecnologia já existente e em estágio de forte desenvolvimento;
- 1.2. Diferenciação da tecnologia a partir de um software de controle das informações enviadas pelo sistema de rádio-frequência;
- 1.3. Tecnologia com múltiplas funcionalidades
- 1.4. Capacidade de personalização da aplicação a cada caso de controle, a cada ambiente de aplicação ou a cada especialidade;

2. Weaknesses (Fraquezas)

- 2.1. Dificuldade de medir os ganhos diretos com a aplicação do RFID na logística hospitalar;
- 2.2. Dificuldade de registrar pessoas devido ao fluxo caótico;
- 2.3. Falta de informação em relação à aplicação, seu uso e benefícios;

3. Opportunities (Oportunidades)

- 3.1. Certo pioneirismo na aplicação do RFID na logística hospitalar;
- 3.2. Uma vez inserida no mercado hospitalar e consolidando sua posição no mesmo, a aplicação pode progredir para outros processos hospitalares, aumentando a gama de produtos e serviços;
- 3.3. Aplicação do RFID no controle de recursos, gerando informações em tempo real de localização, disponibilidade, manutenção, entre outras;

4. Threats (Ameaças)

- 4.1. Dificuldade ou resistência na implantação do novo processo nos hospitais;

- 4.2. Grandes empresas de RFID podem entrar no mercado com vantagens competitivas como, por exemplo, economias de escala;
- 4.3. Existência de alternativas substitutas à tecnologia de RFID.

6. CONCLUSÃO

Segundo os autores Glover e Bhatt (2006), no futuro, a moda RFID será completa e marcada pela adoção disseminada da tecnologia, não apenas para grandes sistemas como também para pequenas aplicações, inclusive caseiras. Tags RFID deixarão de ser simplesmente rótulos aplicados a itens e serão acrescentados como partes integrais no momento de fabricação ou como parte do empacotamento de produtos. Entretanto, a tecnologia vem sendo vista como uma promessa há muito tempo e é necessário muito cuidado para que os planos da tecnologia para o futuro não se tornem passado antes mesmo de serem realizados e sejam logo substituídos por outras promessas tecnológicas que são continuamente lançadas no mundo da tecnologia e ciência.

Apesar desta demora para que a tecnologia se torne uma realidade, ao longo deste trabalho foram expostos a potência e as vantagens da aplicação do sistema de rádio frequência em diversos e diferentes tipos de cenários, comprovando que a tecnologia ainda é uma excelente opção para aqueles que desejam controlar e automatizar seus processos. Apesar do ambiente hospitalar ser mais complexo do que outros ambientes apontados, os ganhos em se aplicar a tecnologia no controle de ativos móveis são imensuráveis e certamente vantajosos se comparado com a situação atual de gestão dos mesmos, combatendo os tempos de busca pelos equipamentos e os gastos com perdas, roubos e falta de planejamento de manutenção.

Adicionalmente, espera-se que a sistematização dos passos de Jones e Chung (detalhamento do objetivo do controle de ativos, modelagem dos atuais sistemas de gestão, escolha técnica dos equipamentos, análise inicial do software e proposição de uma solução preliminar) gere valor aos processos de gestão dos ativos móveis em ambientes hospitalares que vão além dos ganhos financeiros, agregando a otimização dos processos, diminuição de erros humanos, tempos de espera e dificuldades de trabalho e resultando em ganho logístico, aumento da confiança e satisfação dos pacientes.

Através das funcionalidades de localização, controle de segurança, disponibilidade e manutenção, espera-se que as necessidades dos pacientes sejam atingidas de maneira mais eficaz, aumentando a qualidade dos serviços que são oferecidos a eles. Porém, é importante destacar que a decisão de utilizar as informações com estes fins ou a maneira de como utilizá-

las cabe somente aos donos ou responsáveis pelos negócios hospitalares e não aos fornecedores da tecnologia.

Para finalizar, um médico jamais concordaria com a automatização completa dos processos e a tecnologia deve acompanhar sempre um modelo de decisão que deve ser fundamentado na opinião dos profissionais da medicina. Isto é, os resultados trazidos pela tecnologia devem ser usados como ferramenta fundamental de apoio a melhoria dos processos e ajudam a reduzir a quantidade de interferências humanas indesejadas, porém nunca irão substituir o papel dos médicos. O sistema deve ser moldar ao hospital e não o contrário.

Referências Bibliográficas

ABRAMAN (1999) - **A situação da Manutenção no Brasil**. Documento Nacional, disponível em: www.abmbrasil.com.br/cim/.../Eduardo_de_Santana_Seixas.pps.

ACCENTURE. (2005). **Piloto RFID/EPC Brasil: A Cadeia de Suprimento do Futuro**. Accenture.

ACURA. (2010). **RFID Systems**. Acesso em 20 de Agosto de 2011, disponível em Acura Technologys: <http://www.rfidsystems.com.br/>.

AHSON, S.; ILYAS, M. (2008). **RFID Handbook: Applications, Technology, Security and Privacy**. CRC Press.

ALBERT EINSTEIN. (2010). **O Hospital Israelita Albert Einstein Utiliza Tecnologia RFID para Monitorar Temperaturas e Rastrear Ativos**. Acesso em 10 de Setembro de 2011, disponível em RFID Journal: <http://brasil.rfidjournal.com/noticias/vision/8465>.

AMINI et al (2007). **Simulation Modeling and Analysis: A Collateral Application and Exposition of RFID Technology**. Production and Operations Management, Vol. 16, No. 5 , pp. 586-598.

ANA (2010). ANA Aeroportos de Portugal RFID. Acesso em 20 de Agosto de 2011, disponível em ANA Aeroportos de Portugal SA: <http://www.ana.pt/rfid/rfid.html>.

ANATEL (2005). **Tabela de Atribuição de Faixas de Frequência**. Acesso em 20 de Setembro de 2011, disponível em ANATEL: Agência Nacional de Telecomunicações: <http://sistemas.anatel.gov.br/>.

ANGELES, R. (2005). **RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues**. ISM Journal , pp. 51-65.

APTEL, O.; POURJALALI, H. (2001). **Improving activities and decreasing costs of logistics in hospitals: a comparison of U.S. and French hospitals**. The International Journal of Accounting, Vol. 36, n. 1 , pp. 65-90.

BACHELDOR, B. (2007). **Siemens Launches RFID Pilot to Track Surgical Sponges, Procedures.** RFID Journal.

BARBIERI, J. C.; MACHLINE, C. (2009). **Logística Hospitalar: Teoria e Prática**, 2a Edição. São Paulo: Saraiva.

BATES, D. W. et al (1995). **Incidence of adverse drug events and potential adverse drug events: implications for prevention.** JAMA, v. 274, n. 1, p.29-34.

BONNABRY, P. (2005). **Information Technologies for the Prevention of Medication Errors.** Chimia, 59, No. 6 , pp. 359-361.

CALIL, S. J.; TEIXEIRA, M. S. (1998). **Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares.** São Paulo - SP: Editora Fundação Petrópolis Ltda.

CARR, J. J. (2001). **Practical Antenna Handbook**, 4th Edition. McGraw-Hill.

COLLINS, J. (2004). **Alien cuts tag price.** Acesso em 2 de Junho de 2011, disponível em RFID Journal: www.rfidjournal.com/article/articleview/857/1/1/.

CRAYTON, J. (2004). **Incorporating radio frequency identification technology into the health care sector.** Fonte: Infohealth Management Coporation: www.infohealth.net.

FERRARETTO, L. A. (2001). **Rádio, o veículo, a história e a técnica.** Editora Sagra Luzzatto.

FINKENZELLER, K. (2003). **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification.** Munique, Alemanha: WILEY.

FISHER, J. A.; MONAHAN, T. (2007). **Tracking the social dimensions of RFID systems in hospitals.** International Journal of Medical Informatics 77 , pp. 176-183.

GAMPL, B.; ROBECK, M.; CLASSEN, M. (01 de Abril de 2008). **The RFID Reference Model.** Acesso em 12 de Fevereiro de 2011, disponível em CE RFID: <http://www.rfid-in-action.eu/public/results/rfid-reference-model>.

- GAWANDE, A. A.etal. (2006). **Risk factors for retained instruments and sponges after surgery.** The New England Journal of Medicine 348 (3) , pp. 229–235.
- GIL, A. C. (2007). **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** São Paulo: Editora Atlas S.A.
- GLOVER, B.; BHATT, H. (2006). **RFID Essentials.** United States: O'Reilly.
- GOMES, M. J.; REIS, A. M. (2001). **Ciências Farmacêuticas: Uma Abordagem em Farmácia Hospitalar.** ATHENEU - RIO .
- HANSEN, W.R.; GILLERT, F. (2008). **RFID for the Optimization of Business Processes.** West Sussex, England: WILEY.
- HP. (2004). **Radio frequency identification (RFID) at HP.** White Paper Hp Invent.
- IBM. (2003). **Smart tags: RFID becomes the new bar code.** Executive Tek Report .
- INSTITUTE OF MEDICINE (1999). **To err is Human:** Building a safer health system. EUA: National Academy of Sciences.
- JONES, E. C.; CHUNG, C. A. (2008). **RFID in LOGISTICS,** A Practical Introduction. CRC Press.
- JORDAN, E. C., BALMAIN, K. G. (1968). **Electromagnetic Waves and Radiating Systems.** Prentice-Hall.
- LAHIRI, S. (2006). **RFID Sourcebook.** IBM Press.
- LEAPE, L. L. etal. (1995). **Systems Analysis of Adverse Drug Events.** JAMA, The Journal of American Medical Association, Vol. 274, n. 1 , pp. 35-43.
- LYNGSOE (2009). Acesso em 20 de Agosto de 2011, disponível em Lyngsoe Systems A/S: http://www.lyngsoesystems.com/airport/rfid_baggage.asp.
- MEHRJERDI, Y. Z. (2010). **RFID-enabled healthcare systems:** risk-benefit analysis. International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing, Vol.4 , No. 3 , pp. 282-300.

NANANG, D. D.; POKHAREL, S.; JIAO, R. J. (2003). **Strategic use of information technology in warehouses: a Singapore case**. Conradi Research Review, Vol. 2, Issue 1 , pp. 5-25.

RAPPAPORT, T. S. (2002). **Wireless Communication: Principles and Practice**. Prentice-Hall.

ROSENCRANCE, L. (2004). **Boston hospital will track assets with the wireless system**. Acesso em 10 de Setembro de 2011, disponível em Computerworld:

http://www.computerworld.com/s/article/96000/Boston_Hospital_Will_Track_Assets_With_Wireless_System.

SANTANA, S. R. (2005). **RFID - Identificação por rádio frequência**. Acesso em 10 de Maio de 2010, disponível em Wireless Brasil:

http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_01.html.

SARS. (2003). **Singapore Fights SARS with RFID**. Acesso em 2 de Setembro de 2011, disponível em RFID Journal: <http://www.rfidjournal.com/article/view/446>.

SPURGEON, D. (2005). **Study highlights extent of medication errors in hospitals**. British Medical Journal.

SWEDBERG, C. (2009). **Massachusetts General Uses RFID to Better Understand Its Clinics**.

Acesso em Julho de 2011, disponível em RFID Journal:

<http://www.rfidjournal.com/article/view/5324>.

SWEDBERG, C. (2010). **Israelita Albert Einstein Hospital Uses RFID to Track Temperatures, Assets**. Acesso em 25 de Janeiro de 2010, disponível em RFID Journal:

<http://www.rfidjournal.com/article/view/7639/2>.

TAXIS, K.; BARBER, N. (2003). **Ethnographic study of incidence and severity of intravenous drug errors**. v. 326, n. 7391. BMJ , pp. 684-687.

VECINA, G.; MALIK, A. M. (2007). **Tendências na assistência hospitalar**. Ciência & Saúde Coletiva, 12(4) , pp. 825-839.

- VIA Fácil (2011). **Descrição do sistema Via Fácil**. Acesso em 13 de Julho de 2011, disponível em Via Fácil Pedágios: <http://www.viafacil.com.br/>.
- VISSERS, J.; BEECH, R. (2005). **Health Operations Management: Patient Flow Logistics in Health Care**. New York: Routledge.
- WAL-MART (2003). **Wal-Mart draws line in the sand**. Acesso em 10 de Setembro de 2011, disponível em RFID Journal: <http://www.rfidjournal.com/article/view/462/1/1>.
- WANG et al. (2006). **RFID applications in hospitals: a case study on a demonstration RFID project in a Taiwan hospital**. 39th Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii: System Sciences.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Acesso em 11 de Agosto de 2011, disponível em World Health Organization: www.who.int/en.
- YOUNG, D. (2006). **Pittsburgh hospital combines RFID, bar codes to improve safety**. Am J Health-Syst Pharm - Vol 23 , pp. 2431-2435.
- YU, W. D.; RAY, P.; MOTOC, T. (2008). **WISH: a Wireless Mobile Multimedia Information System in Healthcare using RFID**. Telemedicine and e-Health , pp. 362-370.

Anexos

Anexo I

Padrões ISO aplicados a tecnologia RFID:

- **ISO 6346**
- **ISO 7810**
- **ISO 7816**
- **ISO 9798**
- **ISO 9897**
- **ISO 10373**
- **ISO 10374**
- **ISO 10536**
- **ISO 11784**
- **ISO 11785**
- **ISO 14223**
- **ISO 14443**
- **ISO 14816**
- **ISO 15434**
- **ISO 15459**
- **ISO 15961**
- **ISO 15962**
- **ISO 15963**
- **ISO 17358**
- **ISO 17363**
- **ISO 17364**
- **ISO 17365**
- **ISO 17366**
- **ISO 17367**
- **ISO 18000:** Tecnologia da informação – RFID para gestão de itens, composta de partes:
 - **Parte 1.** Referência a arquitetura e definição dos parâmetros a serem padronizados

- **Parte 2.** Parâmetros para interfaces de comunicação abaixo de 135 kHz
- **Parte 3.** Parâmetros para interfaces de comunicação em 13,56 MHz
- **Parte 4.** Parâmetros para interfaces de comunicação em 2,45 GHz
- **Parte 5.** Parâmetros para interfaces de comunicação em 5,8 GHz
- **Parte 6.** Parâmetros para interfaces de comunicação de 860 a 930 MHz
- **Parte 7.** Parâmetros para interfaces de comunicação em 433 MHz
- **ISO 18001:** Tecnologia da informação – RFID para gestão de itens – Profiles de aplicações
- **ISO 18046**
- **ISO 18047**
- **ISO 18185**
- **ISO 19762**
- **ISO 23389**
- **ISO 24710**

Anexo II

RFID Application Field		Subcategories
Mainly Object Tagging	A. Logistical Tracking & Tracing	AA. - <i>Inhouse Logistics</i> AB. - <i>Closed Loop Logistics</i> AC. - <i>Open Logistics</i> AD. - <i>Postal Applications</i> AE. - <i>Dangerous Goods Logistics</i> AF. - <i>Manufacturing Logistics</i>
	B. Production, Monitoring and Maintenance	BA. - <i>Archive Systems</i> BB. - <i>Asset Management (incl. Environmental Monitoring)</i> BC. - <i>Facility Management</i> BD. - <i>Vehicles</i> BE. - <i>Airplanes</i> BF. - <i>Automation / Process Control</i> BG. - <i>Food and Consumer Goods</i>
	C. Product Safety, Quality and Information	CA. - <i>Fast Moving Consumer Goods</i> CB. - <i>Electronic Goods</i> CC. - <i>Textile Goods</i> CD. - <i>Fresh/Perishable Foods</i> CE. - <i>Pharmaceutical</i> CF. - <i>Customer Information Systems</i>
Tagging with Reference or Potential Reference to Individuals	D. Access Control and Tracking & Tracing of Individuals	DA. - <i>Ticketing</i> DB. - <i>Access Control Systems</i> DC. - <i>Animal Tracking</i> DD. - <i>Personal Tracking</i>
	E. Loyalty, Membership and Payment	EA. - <i>Loyalty Cards</i> EB. - <i>Membership Cards</i> EC. - <i>Contactless Banking Cards</i> ED. - <i>Payment and Advertising via mobile phones</i>
	F. eHealth Care	FA. - <i>Assistance for the Disabled</i> FB. - <i>Hospital Management</i> FC. - <i>Implants</i> FD. - <i>Medical Monitoring</i> FE. - <i>Smart Implants</i>
	G. Sports, Leisure and Household	GA. - <i>Sports Applications</i> GB. - <i>Rental Systems</i> GC. - <i>Smart Games</i> GD. - <i>Smart Home</i>
	H. Public Services	HA. - <i>Public Service Maintenance</i> HB. - <i>Road Tolling Systems</i> HC. - <i>Banknotes</i> HD. - <i>ID Cards and Passports</i> HE. - <i>Health Insurance Cards</i>

Fonte: Gampl, Robeck e Classen (2008)

Anexo III


```
TargetItemList <- Get target item type list for this shelf

If received TagList is empty
Then
  Send restocking alert for this shelf for TargetItemList
Else
  ItemList <- empty
  For each tag ID in TagList
  Do
    ItemType <- Get item type for this tag ID
    If ItemType not found in ItemType List
    Then
      Add ItemType to ItemList
  Done


MissingItemList <- TargetItemList – ItemList
If MissingItemList != empty
Then
  Send restocking alert for this shelf for MissingItemList
```

Fonte: Adaptado de Lahiri (2006)


Anexo IV

Projeto RFID no controle de ativos móveis		
Projeto: Nome do Projeto		
Cliente: Nome do Cliente	RFID Solutions	
1. Project Charter		
Projeto:	Nome do Projeto	Cliente:
Número do Projeto:		Data de Início:
Escopo detalhado do Projeto:		
Lista de Itens a serem controlados:		
1		11
2		12
3		13
4		14
5		15
6		16
7		17
8		18
9		19
10		20
Objetivos do Controle:		
Premissas:		
Riscos e Oportunidades:		
Outras Observações:		


Anexo V

Projeto RFID no controle de ativos móveis	
Nome do Projeto	 RFID Solutions
Nome do Cliente	
Análise EKD para Modelagem do Processo Atual	
Check list de Questões	
Quais são os principais processos da organização?	
Como esses processos são relacionados?	
Porque esse processo é necessário?	
Quais informações e fluxos de materiais são necessários?	
Quais fluxos de informações e materiais não são necessários?	
O que o fluxo de informações e materiais produzem?	
As situações que criam e destroem esses conjuntos de informações ou material são refletidas no Modelo de Processo de negócio?	
Quais regras disparam esse processo?	
Quais atores são responsáveis por realizar e apoiar esse processo?	


Anexo VI

Projeto RFID no controle de ativos móveis				
Nome do Projeto				
Nome do Cliente		RFID Solutions		
2. Previsão dos Custos				
Composição dos Custos	Proposta Planejada			
	Qdade	Valor Unitário	Total R\$	
1. Mão de Obra				
1.1 - Projetista RFID Jr	0 Hh	0.00 R\$/Hh	R\$	-
1.2 - Projetista RFID PI	0 Hh	0.00 R\$/Hh	R\$	-
1.3 - Projetista RFID Sr	0 Hh	0.00 R\$/Hh	R\$	-
1.4 - Outros	0 Hh	0.00 R\$/Hh	R\$	-
Sub Total 1	0 Hh	0.00 R\$/Hh	R\$	-
2. Equipamentos				
2.1 - Tags RFID	0	R\$	-	R\$ -
2.2 - Leitores RFID	0	R\$	-	R\$ -
2.3 - Antenas RFID	0	R\$	-	R\$ -
2.4 - Impressoras RFID	0	R\$	-	R\$ -
2.5 - Sensores e Sinalizadores RFID	0	R\$	-	R\$ -
2.6 - Equipamentos para teste	0	R\$	-	R\$ -
2.7 - Outros	0	R\$	-	R\$ -
Sub Total 2	0	R\$	-	R\$ -
3. Software				
3.1 - Middleware	0	R\$	-	R\$ -
3.2 - Custos de integração	0	R\$	-	R\$ -
3.3 - Privacidade e Segurança	0	R\$	-	R\$ -
3.4 - Projeto de Software	0	R\$	-	R\$ -
3.5 - Licença de Software	0	R\$	-	R\$ -
3.6 - Outros	0	R\$	-	R\$ -
Sub Total 3	0	R\$	-	R\$ -
4. Treinamentos				
4.1 - Treinamento 1	0	R\$	-	R\$ -
4.2 - Treinamento 2	0	R\$	-	R\$ -
4.3 - Treinamento 3	0	R\$	-	R\$ -
4.4 - Treinamento 4	0	R\$	-	R\$ -
Sub Total 4	0	R\$	-	R\$ -
5. Gastos de Projeto				
5.1 - Passagem Aérea	0	R\$	-	R\$ -
5.2 - Hospedagem	0	R\$	-	R\$ -
5.3 - Alimentação	0	R\$	-	R\$ -
5.4 - Locação de Veículos	0	R\$	-	R\$ -
5.5 - Combustível/Kilometragem	0	R\$	-	R\$ -
5.6 - Pedágio	0	R\$	-	R\$ -
5.7 - Outros Custos	0	R\$	-	R\$ -
Sub total 5			R\$	-
Custo Total (1+2+3+4+5)			R\$	-


Anexo VII

Projeto RFID no controle de ativos móveis	
Nome do Projeto	
Nome do Cliente	RFID Solutions
Check list - Itens a serem tagueados	
Qual é o equipamento?	<input type="text"/>
1. Material do item a ser controlado	<input type="text" value="Metal / Vidro / etc"/>
2. Equipamento possui empacotamento? Se sim, qual?	<input type="text" value="Sim / Não"/>
3. Qual é o fluxo e caminhos pelos quais este equipamento deve ou pode percorrer?	<input type="text"/>
4. Equipamento precisa de local especial para colocação da tag?	<input type="text" value="Sim / Não"/>
5. Velocidade máxima de movimentação do equipamento [km/h]	<input type="text"/>
6. Classificação em relação a Interferência	<input type="text" value="RF-Friendly / Opaque / Absorbent"/>
7. Outras observações	<input type="text"/>


Anexo VIII

Projeto RFID no controle de ativos móveis	
Nome do Projeto	
Nome do Cliente	RFID Solutions
Check list - Condições de Operação	
1. O item será submetido a altas temperaturas?	<input type="text" value="Sim / Não"/>
2. O item será submetido a baixas temperaturas?	<input type="text" value="Sim / Não"/>
3. O item será submetido a ambiente com muita poeira?	<input type="text" value="Sim / Não"/>
4. O item será submetido a condições de vibração?	<input type="text" value="Sim / Não"/>
5. O item sofrerá impactos físicos?	<input type="text" value="Sim / Não"/>
6. O item sofrerá interferência de outras fontes? Se sim, quais e onde?	<input type="text" value="Sim / Não"/>
Resultado	<input type="text" value="Ótima / Boa / Regular / Péssima"/>


Anexo IX

Projeto RFID no controle de ativos móveis		
Nome do Projeto		
Nome do Cliente		RFID Solutions
Check list - Frequência		
1. Qual a distância máxima de leitura?		<input type="text"/>
Distância de Leitura	Alta (acima de 10m)	UHF, MF
	Média (cm a 10m)	HF, UHF
	Baixa (cm)	HF, LF
2. Qual a velocidade máxima do item?		<input type="text" value="Obtida anteriormente"/>
Velocidade de Leitura	Alta (acima de 40)	UHF, MF
	Média (20-40km/h)	UHF
	Baixa (até 20km/h)	LF, HF
3. Qual é a condição de operação do item?		<input type="text" value="Obtida anteriormente"/>
Condições de Operação	Ótima	LF, HF, UHF, MF
	Boa	LF, HF, UHF Gen2
	Ruim	LF, UHF Gen2
Frequências típicas e comerciais de operação	LF	125kHz 134kHz
	HF	13,56 MHz
	UHF	303,8 MHz 433 MHz 868 MHz 915 MHz
	MF	2,45 GHz 5,8 GHz
Outras observações		<input type="text"/>
Frequência Escolhida		<input type="text"/>


Anexo X

Projeto RFID no controle de ativos móveis	
Nome do Projeto	
Nome do Cliente	RFID Solutions
Check list - Tag	
Frequência de Comunicação	<input type="text" value="Obtida anteriormente"/>
Protocolo de comunicação	<input type="text" value="Obtida anteriormente"/>
Tipo de escrita/leitura	<input type="text" value="Somente Leitura (Read)"/> Leitura/Escrita única (Read/Writeonly) Leitura/Escrita (Read/Write)
Qual capacidade de armazenamento de dados?	<input type="text" value="Alta / Média / Baixa"/>
A tag será integrada a sensores?	<input type="text" value="Sim / Não"/>
Distância máxima de Leitura	<input type="text" value="Obtida anteriormente"/>
Velocidade máxima do item	<input type="text" value="Obtida anteriormente"/>
Condições de Operação	<input type="text" value="Obtida anteriormente"/>
Desempenho de leitura	<input type="text" value="Alto / Médio / Baixo"/>
Outras observações	<input type="text"/>
Resultado	Ativa / Passiva / Semi Classe


Anexo XI

Projeto RFID no controle de ativos móveis	
Nome do Projeto	
Nome do Cliente	RFID Solutions
Check list - Leitor	
Frequência de Comunicação	<input type="text" value="Obtida anteriormente"/>
Protocolo de comunicação	<input type="text" value="Obtida anteriormente"/>
Qual do tipo desejável para o leitor?	<input type="text" value="Fixo / Móvel"/>
Qual é a frequência de operação?	<input type="text" value="Obtida anteriormente"/>
Tamanho Requerido	<input type="text" value="Pequeno / Médio / Grande"/>
Deve possuir capacidade de atualização?	<input type="text" value="Sim / Não"/>
Quantidade de tags lidas por unidade de tempo	<input type="text"/>
Número de Antenas	<input type="text"/>
Observações de instalação	<input type="text"/>
Resultado	Tipo de Leitor

Anexo XII

Projeto RFID no controle de ativos móveis	
Nome do Projeto	
Nome do Cliente	RFID Solutions
Check list - Antena	
Polarização	<input type="text"/>
Compatibilidade com leitor	<input type="text"/>
Bolha de Radiação	<input type="text"/>
Influência do Ângulo da tag	<input type="text"/>
Potência	<input type="text"/>
Tamanho	<input type="text"/>
Tipo de Instalação	<input type="text"/>
Quantidade de tags lidas por unidade de tempo	<input type="text"/>
Dimensão das portas	<input type="text"/>
Outras observações	<input type="text"/>

Anexo XIII

Projeto RFID no controle de ativos móveis				
Nome do Projeto				
Nome do Cliente		RFID Solutions		
Lista de Fabricantes				
Equipamento	Frequencia de Operação	Protocolo de Comunicação	Company	Country
Antena	13,56MHz; 868 MHz; 915MHz	EPCglobal	AARFID	USA
Antena	125kHz; 13,56MHz; 868 MHz; 915MHz	ISO18000 EPCglobal ISO15693	Asia Smart Tag Co., Ltd	RC
Antena	868 MHz; 915MHz		Assion-Electronic GmbH	D
Antena	868 MHz; 915MHz		AWID	USA
Antena	134,2kHz; 13,56MHz	ISO15693	Brooks RFID Division	USA
Antena	868 MHz; 915MHz	ISO18000	CAEN S.p.A.	I
Antena	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		CopyTag	UK
Antena	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO14443; ISO15693	Dynasys Technologies, Inc.	USA
Antena	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	Escort Memory Systems	USA
Antena	125kHz 134,2kHz 13,56MHz	ISO14443; ISO15693	Frosch Electronics	A
Antena	134,2kHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal; ISO14443; ISO15693	IER	F
Antena	13,56MHz	ISO14443; ISO15693	Infineon Technologies AG	D
Antena	13,56MHz	ISO18000	Magellan Technology	AUS
Antena	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Motorola	USA
Antena	13,56MHz	ISO18000; ISO15693	Sick	D
Antena	125kHz 13,56MHz 2450MHz		SONMicro ELECTRONICS LTD, MERSIN, TUR	TR
Antena	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 ISO15693	Texas Instruments TI-RFID	USA
Antena	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Tricon Consulting GmbH & Co.KG., Austria	A
Chip	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Impinj	USA
Chip	13,56MHz	ISO14443 ISO15693	Infineon Technologies AG	D
Chip	13,56MHz	ISO14443 ISO15693	Legic	CH
Chip	13,56MHz	ISO18000	Magellan Technology	AUS
Chip	13,56MHz		Maxell	J
Chip	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal ISO14443 ISO15693	STMicroelectronics, GENEVA, Switzerland	CH
Chip	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 ISO15693	Texas Instruments TI-RFID	USA
Consultoria			Adapt - Advanced Technologies	D
Consultoria			Advanced Data Capture	USA
Consultoria			Anadigm, Inc., Tempe, Arizona	USA
Consultoria			BarCode ID Systems, Inc.	USA
Consultoria			C1 consulting	AUS
Consultoria			Cathexis Innovations Inc.	CDN
Consultoria			CISC Semiconductor Design+Consulting GmbH	A
Consultoria			General Data Co., Inc.	USA
Consultoria			g-ident GmbH	D
Consultoria			Große Elektrotechnik	D
Consultoria			Magtech Systems Inc	USA
Consultoria			MeadWestvac Intelligent Systems	USA
Consultoria			Mission Assurance Corporation	USA
Consultoria			ODIN Technologies	USA
Consultoria			Operations Concepts, Inc.	USA
Consultoria			Patni Computer Systems, Ltd	IND
Consultoria			Pittiglio, Rabin, Todd, McGrath - PRTM	USA
Consultoria			Prodexnet	IND
Consultoria			RCM Technologies	USA
Consultoria			RFID Exchange	USA
Consultoria			Rush Tracking Systems	USA
Consultoria			SKF Livingston	UK
Consultoria			smart-TEC GmbH & Co. KG	D
Consultoria			TagStone, Dubai, United Arab Emirates	UAE
Consultoria			Tricon Consulting GmbH & Co.KG., Austria	A
Consultoria			Trivalent Solutions, Inc., Wilmette, IL	USA
Consultoria			Venture Research Inc. Texas	USA
Consultoria			VerdaSee Solutions, Inc., Langhorne, Pa.	USA
Consultoria			Wisteq, Finland	FIN
Consultoria			Xterprise Solutions, Inc.	USA
Impressora			Avery Dennison / RIS Retail Information Service	USA
Impressora			Cybra	USA
Impressora	13,56MHz 868 MHz;915MHz		Datamax	USA
Impressora	13,56MHz	ISO15693	Herma	D
Impressora	868 MHz;915MHz		Printronix	USA
Impressora	13,56MHz 868 MHz;915MHz		RightTag	USA
Impressora	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Sato	USA
Impressora	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Sensomatic	USA
Impressora	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Waldemar WinkelGmbH & Co. KG	D
Impressora		EPCglobal	ZIH Corp., Zebra Technologies	USA
Kit de Testes	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Intellex Corporation	USA
Kit de Testes	125kHz 13,56MHz	ISO15693	MEGASET SystemtechnikGB der MEGATRON	D
Kit de Testes	125kHz 13,56MHz	ISO15693	ZeitControl cardsystems GmbH	D
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	AARFID	USA
Leitor	125kHz 134,2kHz 13,56MHz	ISO18000	ACC-Systems Inc	USA
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz		accu-sort	USA
Leitor	868 MHz;915MHz		ActiveWave Incorporated	USA
Leitor	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		Adapt - Advanced Technologies	D
Leitor	125kHz 13,56MHz	ISO15693	Advanced Motion Systems, inc	USA
Leitor	868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Alien Technology	USA
Leitor			AMB it	NL
Leitor			Anadigm, Inc., Tempe, Arizona	USA
Leitor	868 MHz; 915MHz		Applied Wireless LLC	USA
Leitor	868 MHz; 915MHz		Assion-Electronic GmbH	D
Leitor	13,56MHz 433MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal ISO15693	Avante International Technology, Inc.	USA
Leitor	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		AVONWOOD	UK
Leitor	868 MHz;915MHz		AWID	USA
Leitor	125kHz		AXCESS International, Inc	USA
Leitor	125kHz 13,56MHz	ISO14443	Balluff GmbH	D
Leitor	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz 2450MHz	ISO18000 ISO15693	Balog	F

Leitor	125kHz 13,56MHz		Bancolini	I
Leitor	134,2kHz 13,56MHz	ISO15693	Brooks RFID Division	USA
Leitor	125kHz 13,56MHz		C1 consulting	AUS
Leitor	868 MHz;915MHz	ISO18000	CAEN S.p.A.	I
Leitor	13,56MHz		Cathexis Innovations Inc.	CDN
Leitor	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		CopyTag	UK
Leitor	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		CoreRFID Ltd (formally ManningsRFID)	UK
Leitor	13,56MHz	ISO14443 ISO15693	Crosspoint	NL
Leitor	868 MHz;915MHz	EPCglobal	CSL	HK
Leitor	2450MHz		CTR	A
Leitor	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz 2450MHz	EPCglobal ISO15693	deister electronic GmbH	D
Leitor	134,2kHz		Destron Fearing Corporation	USA
Leitor	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO14443 ISO15693	Dynasys Technologies, Inc.	USA
Leitor	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz 5800MHz		Elatec Vertriebs GmbH	D
Leitor	125kHz 13,56MHz	ISO18000 ISO15693 ISO11784/5	EM Microelectronic	CH
Leitor	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 ISO14443 ISO15693	Feig Electronic	D
Leitor	2450MHz		Free2Move	S
Leitor	125kHz 134,2kHz 13,56MHz	ISO14443 ISO15693	Frosch Electronics	A
Leitor	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		g-ident GmbH	D
Leitor	125kHz 13,56MHz		Hans Turck GmbH & Co KG	D
Leitor	433MHz 868 MHz;915MHz		Hi-G-Tek	USA
Leitor	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		Höft & Wessel AG	D
Leitor	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal ISO11784/5	Hong Kong RFID Ltd.	HK
Leitor	125kHz 13,56MHz	ISO14443	ib Technology	UK
Leitor			identec Ltd.	UK
Leitor	125kHz 868 MHz;915MHz 2450MHz		identec Solutions	A
Leitor	125kHz 13,56MHz		Idesco	FIN
Leitor	134,2kHz		ID-IT Inc.	NL
Leitor			IDTronic	D
Leitor	134,2kHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal ISO14443 ISO15693	IER	F
Leitor	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Impinj	USA
Leitor	13,56MHz	ISO14443	Innovision Research	UK
Leitor	868 MHz;915MHz		Integrated Labeling Systems, Inc.	USA
Leitor	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Intellex Corporation	USA
Leitor	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		IntenseComp	SGP
Leitor	868 MHz;915MHz 2450MHz	ISO18000 EPCglobal	Intermec	USA
Leitor	125kHz		Intersoft	USA
Leitor	13,56MHz	ISO14443 ISO15693	Legic	CH
Leitor	868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Lowry Computer	USA
Leitor	13,56MHz	ISO18000	Magellan Technology	AUS
Leitor	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Matrics	USA
Leitor	125kHz 13,56MHz	ISO15693	MEGASET SystemtechnikGB der MEGATRON	D
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal ISO15693	Meshed Systems	D
Leitor	13,56MHz	ISO14443	microsensys	D
Leitor	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Motorola	USA
Leitor	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz 2450MHz	EPCglobal ISO14443 ISO11784/5	NXP (former Philips)	NL
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz 2450MHz	EPCglobal ISO15693	Omron	J
Leitor	125kHz 13,56MHz 2450MHz	ISO15693	Pepperl+Fuchs	D
Leitor	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		R Moroz Ltd.	CDN
Leitor			REA Elektronik GmbH	D
Leitor			RF CODE	USA
Leitor	125kHz 13,56MHz 433MHz	ISO14443 ISO15693	RFID Inc.	USA
Leitor	2450MHz		RFSAW	USA
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz		RightTag	USA
Leitor	868 MHz;915MHz		RSI ID Technology	USA
Leitor			Samsys	CDN
Leitor	125kHz 433MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	Savi Technology	USA
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal ISO15693	SAVR Communications	USA
Leitor	868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Secur-E-tag	AUS
Leitor	868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Sensomatic	USA
Leitor	13,56MHz		Sensomatic	USA
Leitor	13,56MHz	ISO18000 ISO15693	Sentry	USA
Leitor	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Sick	D
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO14443 ISO15693	Sirit Technologies Inc.	CDN
Leitor	125kHz 13,56MHz 433MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	SkyeTek, Inc., Boulder, CO	USA
Leitor	13,56MHz	ISO15693	SMARTCODE™ Corp.	UK
Leitor	125kHz		Socket Communications, Inc., Newark, CA	USA
Leitor	125kHz 13,56MHz 2450MHz		Electronic ID	USA
Leitor	868 MHz;915MHz 2450MHz	ISO18000	SONMicro ELECTRONICS LTD, MERSIN, TUR	TR
Leitor	125kHz 2450MHz		SyGade, Stellenbosch South Africa	ZA
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	Tagmaster AB, Kista, Sweden	S
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz		TAGSYS USA, Doylestown, PA	USA
Leitor	125kHz 134,2kHz 13,56MHz		TBN GmbH	D
Leitor	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		TECTUS Identification Systems AG	CH
Leitor	868 MHz;915MHz	EPCglobal	TEK Industries, Inc.	USA
Leitor	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 ISO15693	TELENEXUS INC., Richardson, Texas	USA
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Texas Instruments TI-RFID	USA
Leitor		ISO11784/5	ThingMagic LLC, Cambridge, MA	USA
Leitor	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Tierchip Dasmann	D
Leitor	868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Tricon Consulting GmbH & Co.KG., Austria	A
Leitor			Trolley Scan (Pty) Ltd., Johannesburg, South A	ZA
Leitor			VenChip Corp.	USA
Leitor	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Waldemar WinckelGmbH & Co. KG	D
Leitor	125kHz 13,56MHz	ISO14443 ISO15693	Wireless Dynamics	CDN
Leitor	13,56MHz 433MHz 868 MHz;915MHz 2450MHz	ISO18000 EPCglobal	WJ Communications, Inc.	USA
Leitor			Xtag Ltd 2004	UK
Leitor	125kHz 13,56MHz	ISO15693	ZeitControl cardsystems GmbH	D
Middleware			IBM	USA
Middleware			SkandSoft Technologies	IND
Middleware			Cybra	USA
Padrões			EPC Global Inc	
Projeto	13,56MHz 868 MHz;915MHz		accu-sort	USA

Projeto	868 MHz; 915MHz		ActiveWave, Incorporated	USA
Projeto	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		Adapt - Advanced Technologies	D
Projeto	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	Allaura Inc	USA
Projeto			AMB it	NL
Projeto	868 MHz;915MHz		Assion-Electronic GmbH	D
Projeto	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		AVONWOOD	UK
Projeto	433MHz		BioEnable	IND
Projeto			Blue Vector Systems	USA
Projeto			BT Auto-ID Services	USA
Projeto	13,56MHz		Cathexis Innovations Inc.	CDN
Projeto	134,2kHz		ChampionChip	NL
Projeto			Checkpoint Systems	USA
Projeto			Cintrak	USA
Projeto	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		CoreRFID Ltd (formally ManningsRFID)	UK
Projeto	868 MHz;915MHz 2450MHz		Coronis Systems	F
Projeto	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz 5800M		Elatec Vertriebs GmbH	D
Projeto			ESG Elektroniksystem- und Logistik	D
Projeto	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		EuroID	D
Projeto			FKI Logistex	USA
Projeto	125kHz 13,56MHz	ISO15693 ISO11784/5	Fraunhofer IMS Duisburg	D
Projeto			Gemini Communication Ltd.	IND
Projeto	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 2450MHz	ISO15693	Gesellschaft für Informatik und Steuerungstech	D
Projeto	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		g-ident GmbH	D
Projeto	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		Höft & Wessel AG	D
Projeto	125kHz 868 MHz;915MHz 2450MHz		Identec Solutions	A
Projeto			InfoLogix	USA
Projeto			Integrated Business Systems and Services, Inc	USA
Projeto	125kHz 13,56MHz	ISO15693	MEGASET SystemtechnikGB der MEGATRON	D
Projeto	125kHz 13,56MHz 2450MHz	ISO15693	Pepperl+Fuchs	D
Projeto	13,56MHz 868 MHz;915MHz		RAKO Security Label Produktsicherungs-GmbH	D
Projeto			Reva Systems	USA
Projeto			RFID Logic	USA
Projeto	2450MHz		RFSAW	USA
Projeto			Rush Tracking Systems	
Projeto			Secur-E-tag	AUS
Projeto	13,56MHz		Sentry	USA
Projeto	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		smart-TEC GmbH & Co. KG	D
Projeto	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	TAGSYS USA, Doylestown, PA	USA
Projeto	13,56MHz 868 MHz;915MHz		TBN GmbH	D
Projeto	13,56MHz	ISO18000 EPCglobal	Toshiba Tec	J
Projeto	868 MHz;915MHz		TransCore, Ltd.	USA
Projeto	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Tricon Consulting GmbH & Co.KG., Austria	A
Projeto	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	Venture Research Inc. Texas	USA
Projeto			VeriChip Corp.	USA
Projeto	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Waldemar WinckelGmbH & Co. KG	D
Projeto	2450MHz		WhereNet Corporation, Santa Clara, CA	USA
Projeto			Xtag Ltd 2004	UK
Projeto Healthcare	13,56MHz	ISO15693	PDC	USA
Projeto TI			Cybra	USA
Projeto TI	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO14443 ISO15693	Dynasys Technologies, Inc.	USA
Revenda			Advanced Data Capture	USA
Revenda			Jaritech Europe	D
Sensores	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 ISO14443 ISO15693	KSW	A
Smart Card			Gemplus	L
Smart Card	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Schreiner Group GmbH & Co. KG	D
Smart card			SmartCardAlliance	
Software	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	Allaura Inc	USA
Software		EPCglobal	ASC, Inc.	USA
Software			Blue Vector Systems	USA
Software			Cybra	USA
Software			ESG Elektroniksystem- und Logistik	D
Software			GlobeRanger	USA
Software	433MHz 868 MHz;915MHz		Hi-G-Tek	USA
Software			inLogic	USA
Software			Intelligent Ltd	UK
Software			Magtech Systems Inc	USA
Software			Manhattan Associates	USA
Software			MeadWestvaco Intelligent Systems	USA
Software			OATSystems	USA
Software			Prodexnet	IND
Software			RF CODE	USA
Software			RFID Logic	USA
Software			RFideaWorks	USA
Software	13,56MHz 868 MHz;915MHz		RightTag	USA
Software	868 MHz;915MHz		RSI ID Technology	USA
Software			SAP	D
Software		EPCglobal	Stockway Oy	FIN
Software			Sun Microsystems, Inc., Santa Clara, CA	USA
Software	868 MHz;915MHz	EPCglobal	TELENEXUS INC., Richardson, Texas	USA
Software			VerdaSee Solutions, Inc., Langhorne, Pa.	USA
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	AARFID	USA
Tag	868 MHz;915MHz		ActiveWave, Incorporated	USA
Tag	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		Adapt - Advanced Technologies	D
Tag	125kHz 13,56MHz	ISO15693	Advanced Motion Systems, inc	USA
Tag	2450MHz		AeroScout	
Tag	868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Alien Technology	USA
Tag			AMB it	NL
Tag	868 MHz;915MHz		Applied Wireless LLC	USA
Tag	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal ISO15693	Asia Smart Tag Co., Ltd	RC
Tag	868 MHz;915MHz		Assion-Electronic GmbH	D
Tag	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		Atmel Corporation	USA
Tag	13,56MHz 433MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal ISO15693	Avante International Technology, Inc.	USA

Tag			Avery Dennison / RIS Retail Information Service	USA
Tag	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		AVONWOOD	UK
Tag	868 MHz;915MHz		AWID	USA
Tag	125kHz		AXCESS International, Inc	USA
Tag	868 MHz;915MHz	ISO18000	CAEN S.p.A.	I
Tag	125kHz 13,56MHz		Celetron USA Inc.	USA
Tag	134,2kHz		ChampionChip	NL
Tag			CLC(UK) Ltd.	UK
Tag	868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Confindex	FIN
Tag	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		CopyTag	UK
Tag	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		CoreRFID Ltd (formally ManningsRFID)	UK
Tag	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		Cross Technology, Inc., HEI Incorporated	USA
Tag	13,56MHz	ISO14443 ISO15693	Crosspoint	NL
Tag	2450MHz		CTR	A
Tag	134,2kHz		Destron Fearing Corporation	USA
Tag	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO14443 ISO15693	Dynasys Technologies, Inc.	USA
Tag	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz 5800M		Elatec Vertriebs GmbH	D
Tag	125kHz 13,56MHz	ISO18000 ISO15693 ISO11784/5	EM Microelectronic	CH
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	Escort Memory Systems	USA
Tag	13,56MHz	ISO18000	Ferrotag	NL
Tag	2450MHz		Free2Move	S
Tag	868 MHz;915MHz		George Schmitt & Company	USA
Tag	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		g-ident GmbH	D
Tag	125kHz 13,56MHz		Hans Turck GmbH & Co KG	D
Tag	433MHz 868 MHz;915MHz		Hi-G-Tek	USA
Tag	2450MHz		Hitachi	J
Tag	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal ISO11784/5	Hong Kong RFID Ltd.	HK
Tag			Identec Ltd.	UK
Tag	125kHz 868 MHz;915MHz 2450MHz		Identec Solutions	A
Tag	125kHz 13,56MHz		Idesco	FIN
Tag			IDTronic	D
Tag	134,2kHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal ISO14443 ISO15693	IER	F
Tag	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Impinj	USA
Tag	13,56MHz	ISO14443	Innovision Research	UK
Tag			Inspeck Tech., Inc.	USA
Tag	868 MHz;915MHz		Integrated Labeling Systems, Inc.	USA
Tag	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Intellex Corporation	USA
Tag	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		IntenseComp	SGP
Tag	868 MHz;915MHz 2450MHz	ISO18000 EPCglobal	Intermec	USA
Tag	125kHz		Intersoft	USA
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 ISO14443 ISO15693	KSW	A
Tag	13,56MHz	ISO14443 ISO15693	Legic	CH
Tag	868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Lowry Computer	USA
Tag	125kHz 134,2kHz 13,56MHz		LUX-Ident	CZ
Tag	13,56MHz	ISO18000	Magellan Technology	AUS
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	Marmen Management Ltd.	CDN
Tag	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Matrics	USA
Tag	125kHz 13,56MHz	ISO15693	MEGASET SystemtechnikGB der MEGATRON	D
Tag	125kHz 13,56MHz		Melexis, Inc.	B
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal ISO15693	Meshed Systems	D
Tag	13,56MHz	ISO14443	microsensys	D
Tag	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Motorola	USA
Tag	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz 2450MHz	EPCglobal ISO14443 ISO11784/5	NXP (former Philips)	NL
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz 2450MHz	EPCglobal ISO15693	Omron	J
Tag	125kHz 13,56MHz 2450MHz	ISO15693	Pepperl+Fuchs	D
Tag	125kHz 13,56MHz		Quio	D
Tag	125kHz 134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz		R Moroz Ltd.	CDN
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz		RAKO Security Label Produktsicherungs-GmbH	D
Tag			RF CODE	USA
Tag	125kHz 13,56MHz 433MHz	ISO14443 ISO15693	RFID Inc.	USA
Tag	2450MHz		RFSAW	USA
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz		RightTag	USA
Tag	868 MHz;915MHz		RSI ID Technology	USA
Tag			Samsys	CDN
Tag	125kHz 433MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	Savi Technology	USA
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal ISO15693	SAVR Communications	USA
Tag			Secur-E-tag	AUS
Tag	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Sensomatic	USA
Tag	13,56MHz		Sentry	USA
Tag	13,56MHz	ISO18000 ISO15693	Sick	D
Tag	868 MHz;915MHz	EPCglobal	Sirit Technologies Inc.	CDN
Tag	125kHz 13,56MHz 433MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	SMARTCODE™ Corp.	UK
Tag	125kHz 134,2kHz 13,56MHz		SOKYMAT AUTOMOTIVE GmbH	D
Tag	125kHz 134,2kHz 13,56MHz	ISO18000 ISO15693	Sokymat SA, Granges, Switzerland	D
Tag	125kHz 13,56MHz 2450MHz		SONMicro ELECTRONICS LTD, MERSIN, TUR	TR
Tag	868 MHz;915MHz 2450MHz	ISO18000	SyGade, Stellenbosch South Africa	ZA
Tag	125kHz 2450MHz		Tagmaster AB, Kista, Sweden	S
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz	EPCglobal	TAGSYS USA, Doylestown, PA	USA
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz		TBN GmbH	D
Tag	125kHz 134,2kHz 13,56MHz		TECTUS Identification Systems AG	CH
Tag	134,2kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 ISO15693	Texas Instruments TI-RFID	USA
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	ThingMagic LLC, Cambridge, MA	USA
Tag		ISO11784/5	Tierchip Dasmann	D
Tag	868 MHz;915MHz		TransCore, Ltd.	USA
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Tricon Consulting GmbH & Co.KG., Austria	A
Tag	868 MHz;915MHz		Trolley Scan (Pty) Ltd., Johannesburg, South A	ZA
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz		UPM Rafiatac	FIN
Tag	13,56MHz	ISO15693	Utsh Ag	D
Tag			VeriChip Corp.	USA
Tag	125kHz 13,56MHz 868 MHz;915MHz	ISO18000 EPCglobal	Waldemar WinckelGmbH & Co. KG	D
Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz		Wisteq, Finland	FIN
Tag	13,56MHz 433MHz 868 MHz;915MHz 2450MHz	ISO18000 EPCglobal	WJ Communications, Inc.	USA

Tag	13,56MHz 868 MHz;915MHz		X-ident technology GmbH	D
Tag			Xtag Ltd 2004	UK
Tag	125kHz 13,56MHz	ISO15693	ZeitControl cardsystems GmbH	D
Tag	125kHz 13,56MHz		ZMD AG	D
Tag	125kHz		Electronic ID	USA