

3. Contextualização da tecnologia RFID

A aplicação RFID é reconhecida como um apoio tecnológico, cujo grau inovador é capaz de criar valor aos processos-chave conectados ao longo da cadeia de suprimentos (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LÓPEZ, 2011). Vislumbra-se que o RFID propiciará a desejada automação, incrementando visibilidade e rastreabilidade de produtos ao longo da CS. No entanto, faz-se mister que sua adoção deverá levar em conta questões destrinchadas pela literatura acadêmica, benefícios, desafios e aplicações da tecnologia em nichos similares. Os supracitados elementos estão figurados neste capítulo.

3.1. Aspectos relevantes para a utilização da RFID

Com base em aplicações gerais da tecnologia RFID, Bose *et al. apud* Lim *et al.* (2013) elencam questões impeditivas para a utilização da tecnologia relacionadas à adoção e aceitação; privacidade e segurança; resolução de problemas e fatores contingenciais.

Ilie-Zudor *et al.* (2011) listam aspectos relevantes a serem considerados por ocasião da seleção da tecnologia de identificação que será alocada como base das operações da cadeia de suprimentos. Nada obstante, a organização que implementará a tecnologia RFID deverá analisar tais aspectos (WU *et al.*, 2006).

Ainda dentro do contexto do gerenciamento da cadeia de suprimentos, há dois aspectos a serem considerados na adoção da tecnologia RFID, tais quais: o relacionamento entre membros da cadeia (transferência de informação, o compartilhamento do custo da infraestrutura e ausência de motivação financeira para compartilhar informação) e a tecnologia empregada (gargalos sistêmicos devido ao volume de dados trafegado, o risco de obsolescência da tecnologia empregada, erros de leitura e padronização) (KAPPOR *et al. apud* LIM *et al.*, 2013).

Ao efetuarem uma revisão sobre aplicações de RFID em operações de armazenagem, Lim *et al.* (2013) apontam fatores relacionados aos processos adotados, integração e desempenho da tecnologia que se constituem obstáculos para a utilização do RFID, tais como: decisão sobre o investimento na nova tecnologia ou incerteza do ROI; integração com o sistema legado existente na organização;

falhas no desempenho da tecnologia RFID; conceitos relacionados à privacidade e à segurança; e padronização.

Com efeito, a abordagem dentro das operações de armazenagem é completada com as questões de confiabilidade, segurança e interoperabilidade postas por Ilie-Zudor *et al.* (2011) (SABBAGHI e VAIDYANATHAN, 2008). Ademais, agregando mais um aspecto relevante à classificação proposto Ilie-Zudor *et al.* (2011), serão abordadas questões relacionadas às oportunidades contemporâneas de desenvolvimento da tecnologia. A seguir, serão expostos os aspectos supracitados e respectivas questões relevantes decorrentes. A Figura 29 ilustra este entendimento:

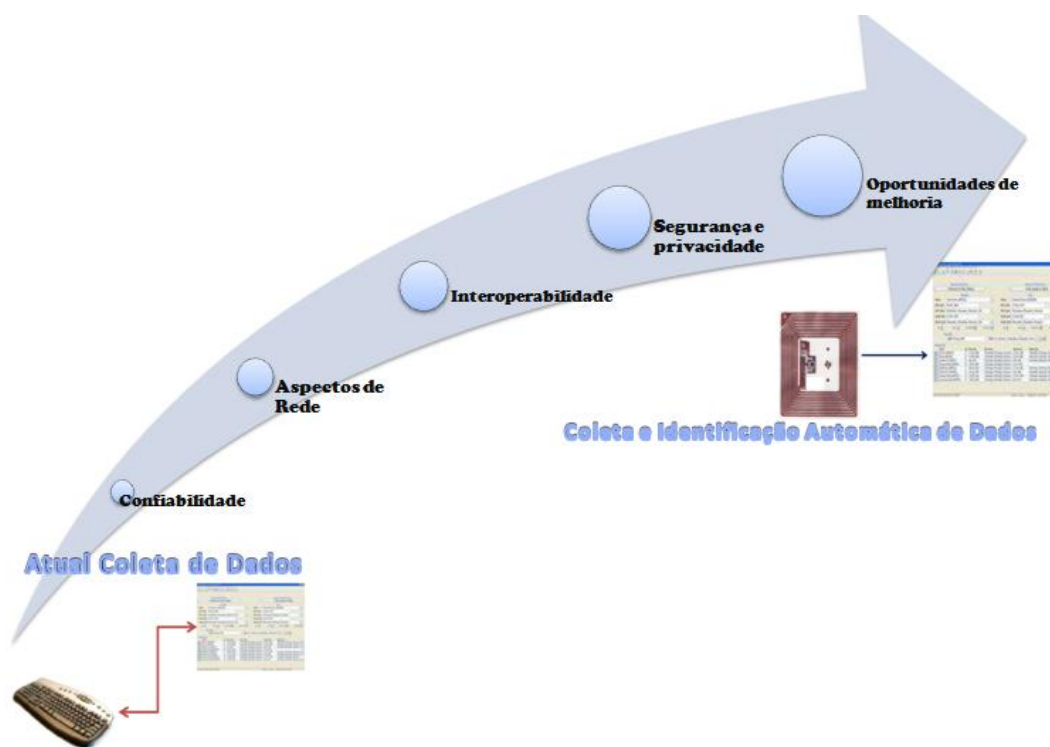


Figura 29: Aspectos relevantes para a utilização de RFID
Fonte: Autor.

3.1.1. Confiabilidade

A confiabilidade inerente à operação da cadeia é função de dois fatores, a saber: erros humanos ao longo da operação e defeitos técnicos relacionados à infraestrutura (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011). Em especial, os efeitos indiretos do erro humano podem ser analisados, uma vez que os efeitos diretos são quase que eliminados com a adoção do RFID (HUBER e MICHAEL *apud* SARAC *et al.*,

2010; ZHU *et al.*, 2012). Como erro humano indireto, tem-se o incorreto manuseio do material ou dos equipamentos de leitura e até mesmo falhas do projeto do sistema engendrado.

Nada obstante, os efeitos indiretos dos defeitos técnicos também devem ser considerados (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LIM *et al.*, 2013). Insta consignar que o desempenho deficiente da tecnologia RFID causa impactos negativos às operações de armazenagem.

- Erro humano – Mesmo sendo mitigado em operação baseada na tecnologia RFID, o erro humano se faz presente, por exemplo, ao operador deixar de ler um *tag* ou ao adotar procedimento errado na leitura, sobretudo com a utilização de leitores portáteis (DELEN *et al.*, 2007). Ou até mesmo ao se aproximar com um *tag* próximo do local de leitura sem haver necessidade de coleta do material lido. Insta ressaltar que tais erros também podem ocorrer com a utilização do código de barras. A organização deve cultivar um elevado grau de “disciplina tecnológica” visando incorporar nos operadores procedimentos que mitiguem a probabilidade de erros desta natureza, adotando listas de verificação e procedimentos para os operadores (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; SABBAGHI e VAIDYANATHAN, 2008).
- Defeito de fabricação – Os defeitos de fabricação são provenientes do *tag* (LIM *et al.*, 2013; LEWIS *apud* ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011). É possível que um *tag* defeituoso seja identificado somente durante sua efetiva utilização. É consenso que a responsabilidade de reduzir o percentual de *tags* defeituosos pertence ao fabricante, porém, também é de interesse da organização que opera sistema RFID lançar mão de métodos reativos de identificação e *feedback* de falhas, a fim de não comprometer suas operações ao longo da cadeia de abastecimento.
- Condições adversas de manuseio – O encapsulamento do *tag* RFID é a solução adotada para o manuseio em ambientes extremos e proteção contra à exposição aos excessivo calor, ao acúmulo de sujeira, à umidade, à luz solar e aos produtos químicos. Insta ressaltar que o código de barras não seria a melhor solução adotada em tais restrições (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; SANTOS, 2010).

- Condições adversas de leitura – Quaisquer obstáculos físicos que causam reflexão ou refração na onda do RFID poderão interferir negativamente no funcionamento do sistema de leitura. Ainda segundo Ilie-Zudor *et al.* (2011) tais óbices mitigariam a utilização em metais e líquidos (DELEN, HARDGRAVE e SHARDA, 2007; LIM *et al.*, 2013). No entanto, pesquisas recentes demonstram a evolução da aplicação do RFID em locais e materiais antes considerados impróprios (CHO *et al.*, 2012; MERCER *et al.*, 2011; RFID JOURNAL, 2013c, RFID JOURNAL, 2013d; SILVA *et al.*, 2012).
- Mau funcionamento do leitor – O leitor pode influenciar o sucesso ou fracasso de leitura do sistema RFID. Por isso, é pertinente a análise pormenorizada dos requisitos do projeto para a utilização do leitor que melhor atenderá aos processos de negócio.

3.1.2. Aspectos de rede

A operação do sistema RFID dentro da cadeia de abastecimento também sofre influência de aspectos relacionados à rede de informação que suporta os processos de negócios da organização. Os seguintes aspectos devem ser considerados (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011):

- Falhas de rede – As falhas inopinadas de rede podem tornar mais crítico o processo de intercâmbio de informações aderentes aos processos de negócios. Os operadores devem compreender claramente o período de interrupção para não haver duplicação ou ocultação de dados no sistema.
- Latência de comunicação – A integração entre as organizações participantes dos processos de negócio depende do grau de troca e compartilhamento de informações, em especial o conceito de informação em tempo real (FOSSO WAMBA, 2012). Rápidos tempos de respostas por meio de sistemas entre organizações devem ser adotados para garantir tal integração.
- Ocupação da banda disponível – A magnitude dos dados coletados, organizados, estocados e trafegados poderá interferir negativamente o desempenho de todo o sistema. No entanto, a maioria dos sistemas atuais já con-

segue suportar fluxos de alta magnitude, considerando também que os dados das etiquetas RFID serão armazenados e mantidos para posterior depuração (DELEN *et al.*, 2007; KAAPOR *et al. apud* LIM *et al.*, 2013).

- Integração com o sistema legado – São notórios os óbices percebidos na integração dos sistemas legados (por exemplo, WMS e ERP) com o RFID. Uma das causas de tal óbice é o tráfego de grande volume de dados criados pelo RFID e que devem integrar os SI já existentes. Com efeito, a ausência de uma base comum de intercâmbio de dados em distintas formatações, bem como os altos custos de integração do sistema RFID e legados colaboram para mitigar a adoção do RFID (LIM *et al.*, 2013). Nada obstante, Ngai *et al.* (2014) defendem que as organizações devem integrar as novas tecnologias com o seus sistemas legado e suas bases de dados, bem como proporcionar aos fornecedores e aos clientes acessibilidade a tais plataformas, a fim de alcançar a plenitude dos benefícios do RFID.

3.1.3. Segurança e privacidade

A proteção da rede contra ataques (furto ou alteração de informações) e acessos não autorizados deve ser uma preocupação de todos os membros da cadeia. Portanto, a adoção de mecanismo de segurança e restrição de acesso são requisitos da operação da tecnologia com hardware e software RFID (LIM *et al.*, 2013).

Outra questão, é a implementação de leis e direitos que garantam a privacidade e segurança da utilização do RFID (CHEN *et al.*, 2013; NGAI *et al.*, 2008). Ademais, ressalta-se às operações da cadeia logística militar e sua confidencialidade proporcionadas pelo EPC Gen2v2 (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; RFID JOURNAL, 2013f):

- Espionagem nas transações de leitura – O sistema RFID é suscetível a sofrer detecção e transferência não autorizada de dados durante a leitura de um *tag*, em virtude de uma de suas vantagens, a saber: a leitura independente da linha de visada. Ilie-Zudor *et al.* (2011) argumentam que é conveniente o uso de etiquetas de curto alcance para evitar tal fragilidade ou até mesmo a blindagem do ambiente que estiver operando o sistema.

- Acesso não autorizado aos dados da etiqueta – Quando há informações confidenciais nos *tags* avaliadas apenas para parceiros comerciais ao longo da cadeia de suprimentos, é pertinente a utilização de criptografia. Sendo a possibilidade de desabilitar uma etiqueta com uma senha, que não pode ser lida pelo leitor, nem alterada por qualquer pessoa, o interrogador envia um “*kill code*” que desabilita a etiqueta. Embora esta solução pareça simples, ela requer uma infraestrutura complexa para funcionar corretamente. Além desta possibilidade, nos *tags* Gen2 constata-se a possibilidade de codificar a informação trafegando pela via aérea, dificultando assim não apenas a leitura, mas também a alteração de informação, sendo preciso fornecer uma senha de acesso para obter o dado (BARBOSA, 2011).
- Durabilidade da informação em um *tag* – Em especial para o *tag* passivo, inexistente a necessidade de alimentação, bastando passá-lo pelo campo de leitura de um interrogador que sua informação estocada poderá ser acessada. Tal característica é pertinente até que os dados saiam da cadeia de suprimentos, ocorrendo a possibilidade de terceiros rastrearem a informação do *tag* sem o consentimento do proprietário. Neste caso, podem ser utilizados os controles fixos de passagem que fazem consultas nas etiquetas para determinar o status de segurança das mesmas e o estabelecimento nas etiquetas de um bit de segurança, o qual pode ser ativado em zero ou um, a ser verificado em estações de leitura (HESSEL apud BARBOSA, 2011).
- Roubo de identidade ou cópia de etiquetas – Os invasores podem introduzir um item falsificado dentro da cadeia de suprimentos por meio do roubo de informações e da falsificação de etiquetas. Os *tags* UHF Gen2v2 possuem a solução para combater tais inconvenientes, chamada encriptação (chave de autenticação secreta que é programada dentro da *tag*). Essa chave não pode ser lida a partir do *tag*. Ao revés, um leitor “*challenges*” confronta o *tag* ao enviar um número aleatório. O *tag* criptografará o número utilizando a chave secreta e enviará a resposta de volta para o leitor. O leitor utilizará a chave para decifrar a resposta. Se a resposta se relacionar com o “*challenges*”, o item é genuíno. Outro aspecto relevante, um *tag* falsificado não poderá ler a chave secreta utilizada entre o item origi-

nal e o leitor. Logo, sem a chave é impossível falsificar uma etiqueta (RFID JOURNAL, 2013f; RFID JOURNAL BRASIL, 2014c).

- Alteração das informações da etiqueta – Os requisitos logísticos das etiquetas não só abrangem a capacidade de armazenarem o identificador do item, mas também informações sobre o produto, por exemplo, dados técnicos de manuseio. Tais dados podem ser acessados por invasores que almejam sabotar o sistema inserindo dados inconsistentes. Vale ressaltar que tal invasão e alteração de dados podem ser bloqueadas por meio de medidas de segurança como supracitado sobre o sistema RFID UHF Gen2v2;
- Espionagem de rede – A exposição da comunicação em rede à espionagem é uma ameaça real que circunda os escalões públicos e privados. A ameaça aumenta com a utilização de sistemas abertos e compartilhados com parceiros ao longo da cadeia de suprimentos. O espião poderá conceber a estrutura de capacidade logística de uma determinada rede ao ter acesso ao volume de dados trafegados ou até mesmo capturar tais dados.
- Interrupção do tráfego de rede – A interrupção ou a transmissão de informações camufladas dentro da rede também são ameaças latentes.
- Acesso não autorizado aos recursos da rede – Tais ameaças são destrinchadas em situações nas quais o intenso uso dos recursos da rede impossibilita sua eficiente utilização, bem como situações nas quais o uso dos recursos da rede vai ao encontro dos objetivos de um potencial invasor (manipulação de informação armazenada internamente ou interferência em processos internos).

3.1.4. Interoperabilidade

A interoperabilidade também se constitui em importante fator para a plena utilização do sistema RFID ao longo da cadeia de abastecimento, em especial quando o gerenciamento da cadeia interliga organizações situadas em distintos continentes, diferentes culturas e requisitos logísticos. A seguir, aspectos pertinentes relacionados a interoperabilidade (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011):

- **Padronização:** Conforme discorrido no item 2.6.4, a padronização é um desafio atual para adoção do RFID, bem como propicia a plena interoperabilidade nas operações (LÓPEZ, 2011). A padronização tem sido incrementada por meio de ações do ISO e GS1, embora ainda haja oportunidades de melhorias, tais como: a regulação e procedimentos de certificação que variam por país (LIM *et al.*, 2013; NGAI *et al.*, 2008). De acordo com Ilie-Zudor *et al.* (2011), o segundo maior obstáculo para implementação de RFID é a ausência de padronização (CHEN, CHANG e HUANG, 2013). No caso brasileiro, especialistas afirmam que o país deve utilizar os padrões internacionais, sob pena da não interação entre novos produtos que surgirão os sistemas não padronizados, incorrendo em aumento de custos e reduzindo a eficiência da infraestrutura instalada aqui no país (RFID JOURNAL BRASIL, 2014c).
- **Amplitude do compartilhamento de dados –** O gerenciamento colaborativo das cadeias de suprimentos impõe aos parceiros o compartilhamento de dados, dando visibilidade a informações internas ao longo da cadeia, a fim de alimentar o planejamento de todos os membros (CHEUNG, CHEUNG e KWOK, 2012; FOSSO WAMBA, 2012; KAAPOR *et al.* LIM *et al.*, 2013; SILVA, 2010). Ressalta-se que o aspecto a ser decidido entre os membros da cadeia é qual será a amplitude do compartilhamento de dados entre os mesmos, ou seja, o grau de visibilidade dos dados pertencentes a cada um que será manejado entre os membros.
- **Accountability –** Conforme Ilie-Zudor *et al.* (2011), os aspectos da transparência e da responsabilidade são condições necessárias para que haja a confiança do intercâmbio de transações entre as partes componentes do sistema. Ainda decorrente de *accountability*, ao haver o compartilhamento de informações entre membros da CS é preciso que haja comprometimento de todos com a ética em suas operações, bem como comunguem confiança.
- **Distinções culturais –** As operações da CS envolverão membros situados em diferentes localidades geográficas. Aspectos distintos entre países submergirão à tona, tais quais legislações, fuso horário, base técnica, conhecimento sobre a tecnologia RFID, entre outros.

- Fornecimento de informações incompletas ou corrompidas – Clarividente que a otimização global da CS deve ser um vetor compartilhado por todos os participantes da operação. Omitir ou fornecer informações erradas e incompletas visando o benefício de um único membro comprometerá o desempenho de toda a CS.

3.1.5.

Oportunidades contemporâneas de desenvolvimento e melhoria da tecnologia RFID

Tanto no campo acadêmico quanto na aplicação prática são visíveis as vantagens e os benefícios oriundos da utilização da tecnologia RFID, bem como seu potencial em revolucionar os processos de negócio ao longo da cadeia de suprimentos (LIM *et al.*, 2013; WU *et al.*, 2006).

Entretanto, existem tendências em oportunidades de melhoria encontradas atualmente para a implementação da tecnologia. Tais nichos de oportunidades são discutidos por meio de pesquisas baseadas em estudos pregressos, bem como em aplicações práticas, e são comumente apresentando na literatura como obstáculos, desafios ou impedimentos à utilização da tecnologia RFID (CHEN *et al.*, 2013; ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LIM *et al.*, 2013; NGAI *et al.*, 2008; NGAI *et al.*, 2014; WU *et al.*, 2006).

Com efeito, os avanços nas pesquisas recentes sobre a tecnologia RFID visam contrapor obstáculos ou vencer desafios encontrados, com vistas a permitir sua adoção em larga escala. Pesquisas conduzidas na Universidade de Cambridge desenvolveram um novo sistema que aperfeiçoa a precisão da detecção de etiqueta RFID passiva em aproximadamente 100 % e aumenta a gama de detecção fiável de dois a três metros em 20 metros (RFIDBR, 2014).

Outra pesquisa, desta vez pátria, conduzida pela Universidade de São Paulo (USP) permitiu realizar aperfeiçoamentos que ampliaram o poder de leitura em até 27% para protocolo RFID EPC Class1 Gen2 UHF. As pesquisas têm foco nos chamados protocolos Anti-Colisão, com o intuito de melhorar a eficiência da leitura em de grandes quantidades de *tags* presentes em um mesmo ambiente, como em um armazém para estoque de produtos (RFID JOURNAL BRASIL, 2014e).

Em face do exposto, tais aspectos serão abordados nesta seção como oportunidades de melhoria contemporâneas.

Ilie-Zudor *et al.* (2011) expõem como as principais barreiras para a ampla implementação do RFID: a dúvida sobre a maturidade da tecnologia, ausência de normas e padrões e o custo das etiquetas. Os próprios autores advogam que tais barreiras sofreram importantes soluções nos últimos anos.

Portanto, serão abordadas oportunidades de melhoria configuradas durante todo o processo de tomada de decisão sobre a aplicação ou não da tecnologia RFID cotejando apontamentos presentes na literatura especializada:

- Preço (CHEN *et al.*, 2013; ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; WU *et al.*, 2006) – O elevado custo dos equipamentos da tecnologia RFID ante aos demais sistemas de identificação automática é uma das principais oportunidades de melhoria para ampliar sua utilização (RFID JOURNAL BRASIL, 2014c). A fim de atingir significativa utilização de seu uso no mercado de bens de consumo, as etiquetas necessitam custar bem abaixo de dez *cents* (US\$ 0,10), preferencialmente não mais do que cinco *cents* (US\$ 0,05) (WU *et al.*, 2006). Atualmente, o custo de produção de etiquetas típicas RFID perfaz vinte *cents* (US\$ 0,20), sendo projetado um preço abaixo de cinco *cents* (US\$ 0,05) para os próximos anos em virtude do aumento da rentabilidade da produção de *chip*, elemento que representa maior parcela do custo da *tag* (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; WU *et al.*, 2006). Projetos como o *MaDriX* e o *International Paper and OrganicID* prometem reduzir o custo do *tag* para dois *cents* e meio (US\$ 0,025) e um *cent* (US\$ 0,01) respectivamente até 2018 (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011).
- Definição de um padrão único (WU *et al.*, 2006) – Aspecto já abordado neste capítulo.
- Falta de padronização das frequências (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LIM *et al.*, 2013; WU *et al.*, 2006) – Aspecto já abordado neste capítulo.
- Privacidade e segurança (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LIM *et al.*, 2013; WU *et al.*, 2006) – Aspecto já abordado neste capítulo.
- Dúvida sobre a maturidade da tecnologia – Pesquisa recente do RFID Journal (2014f) sinaliza o crescimento da adoção da tecnologia em diferentes áreas. Na pesquisa em tela, 60% dos usuários finais da tecnologia entrevistados afirmam que ingressarão em projetos RFID. Tal percentual também ratifica o alcance da maturidade no mercado pela tecnologia. A-

demais, a tecnologia de código de barras perderá cada vez mais espaço para o RFID, sobretudo com o surgimento do protocolo EPC Gen2v2, da criptação com maior segurança e espaço para armazenamento nos chips, protocolo aberto e chips híbridos HF e UHF, em aplicações próximas e distantes, e antenas impressas (RFID JOURNAL BRASIL, 2014c).

- Customização para o serviço (FERRER *et al.*, 2010; WU *et al.*, 2006) – Conforme a finalidade da aplicação, por exemplo, a especificidade do ambiente, um sistema de RFID deverá ser customizado. Os *tags* e os leitores devem operar em um espectro de banda autorizado pelas regulamentações e leis do país. Os tipos de materiais que constituem os produtos aos quais as etiquetas serão fixadas deverão ser previstos no projeto da antena, sobretudo por causa das interferências na recepção de sinal. Não obstante, o desenho da orientação das antenas das etiquetas e dos leitores e o ambiente de operação são pertinentes na customização, por exemplo, na instalação de múltiplos leitores em posições adequadas. À guisa de exemplo, as Tabelas 6 e 7 demonstram, respectivamente, variações de aplicação da tecnologia, bem como infraestrutura comumente utilizada:

Tabela 6: Aplicações e características de cada *tag*

Banda	Frequência	Material transparente à radiofrequência	Material opaco à radiofrequência	Tamanho da antena	Taxa de leitura	Distância de leitura
LF	125-134kHz	Plásticos, tecidos, líquidos, madeira e tijolo e metais alguns metais		muito grande	muito pequeno	curtíssima
HF	13.56 MHz			grande	pequeno	curta
UHF	868-915MHz	Maioria dos plásticos, tecidos, óleos, Madeira úmida papeis e madeira seca		pequena	Alta	longa

Fonte: Adaptação Ferrer *et al.* (2010)

Tabela 7: Casos de aplicação RFID

Case	Tagged item	Customer	Service provider	Tag type	Frequency
Container yard management	Containers	Shippers	Shipping company	RTLS	433 MHz
Automobile distribution yard	Automobiles	Dealers	Automobile distributor	RTLS	433 MHz
Highway and city toll collection	Registered automobiles	Drivers	Transit authority	Passive	2.45 GHz
McDonald's cashless payment	Customers	Consumer	Fast food outlet	Passive	13.56 MHz
Public library customer service	Books	Readers	Library	Passive	13.56 MHz
Industrial laundry management	Bedding and uniforms	Hospitals and hotels	Industrial laundry	Passive	13.56 MHz
ATM cash transfer	Cash securing boxes	Banks	Security transportation company	Active	125 kHz
Beer keg distribution control	Beer kegs	Breweries	Keg supplier	Passive	13.56 MHz
Lab supply vendor-managed inventory	Lab supplies	Research labs	Laboratory supplier	Passive	2.45 GHz
Railcar tracking	Railcars	Shippers	Railroads	Passive	915 MHz
Prison inmate tracking	Prison inmates	Government	Prison management company	RTLS	915 MHz
Ocean going container tracking	Ocean going containers	Shipper	port authority	Active	433 MHz
Airline luggage tracking	Luggage	Air traveler	airline	passive	915 MHz
Hospital patient identification	Patients	Patients	hospital	passive	13.56 MHz
Specialty container identification	Intermediate and bulk containers	Container lessors	Chemical and pharmaceutical company	RTLS	433 MHz
Fashion boutique management	Clothes and accessories	Consumer	Fashion boutique	Passive	13.56 MHz
Refrigerated cargo control	Containers	Frozen goods manufacturer	Shipping company	SEMI	2.45 GHz
MREs (Meals Ready-to-Eat) control	Pallets	Military personnel	US Department of Defense	passive	2.45 GHz
Theme park visitor location	Children and family members	Park visitors	Theme park	RTLS	433 MHz
Student location	Students	Students	College or school	Passive	13.56 MHz
Mine worker identification	Mine workers	Mine workers	Mine company	RTLS	433 MHz

Fonte: Ferrer *et al.* (2010)

- Incerteza do ROI (LEE e LEE, 2011; LIM *et al.*, 2013; WU *et al.*, 2006) – Retorno sobre Investimento ou Retorno sobre Capital Investido (ROI) é uma importante medida de avaliação de investimentos em novas tecnologias para uma organização, em especial para o estudo de viabilidade de implementação da tecnologia RFID dentro de uma determinada moldura temporal. Considerando o alto custo de implementação de uma nova tecnologia, uma análise econômica bem acurada deve ser realizada (CHEN *et al.*, 2013), sendo também um sólido cálculo do ROI uma oportunidade de melhoria atual (CUI *et al.*, 2014; VEERAMANI *et al. apud* LEE e LEE, 2010). Wu *et al.* (2006) destringem dois benefícios utilizados para calcular o ROI: redução de custos (redução do custo de mão de obra e do custo de estoque imobilizado) ou criação de valor (DOMINGUEZ-PÉRY *et al.*, 2013; SARAC *et al.*, 2010). Os mesmos autores também postergam para após da implantação a utilização dos custos do sistema RFID permeados ao longo de uma cadeia de suprimentos como uma medida mais clara para a verdadeira percepção do ROI. Embora o ROI continue sendo de complexa mensuração, Ilie-Zudor *et al.* (2011) utilizam um modelo para escolha de uma tecnologia de identificação automática na cadeia de abastecimento, cujo ROI é um processo decisório no nível técnico. Para o cálculo do ROI,

os autores consideram a determinação do custo de implementação. Neste viés, Cheng *et al.* (2013) utilizam o ROI no cálculo da aplicação do RFID em uma cadeia de suprimentos de sobressalentes, considerando o custo total da tecnologia RFID. Lim *et al.* (2013) apregoam o cálculo do ROI sobre a valoração dos domínios de aplicação do RFID, sendo uma oportunidade para se sobrepor da hesitação em investir e da obscuridade do ROI. Ainda neste viés, pesquisadores e profissionais estudam o ROI da implantação da tecnologia RFID pelos benefícios oferecidos aos varejistas (REKIK *et al. apud* LEE e LEE, 2010).

Resta consignar o imperativo posicionamento estratégico de uma organização ao adotar uma nova tecnologia. O pleno ajuste entre a TI escolhida e o negócio, ou seja, alinhamento entre TI/SI e as estratégias é considerado como fator-chave para o desempenho e a competitividade da organização (DOMINGUEZ-PÉRY *et al.*, 2013).

3.1.6. Fatores-chave para alcançar ROI positivo

Sarac *et al.* (2010) ressaltam a importância e elucidam estratégias para o cálculo do ROI em projetos RFID sob duas perspectivas, a saber: três tipos de benefícios do RFID e três típicos custos do RFID, conforme Figura (BANKS *et al.*; LEUNG *et al. apud* SARAC *et al.*, 2010):

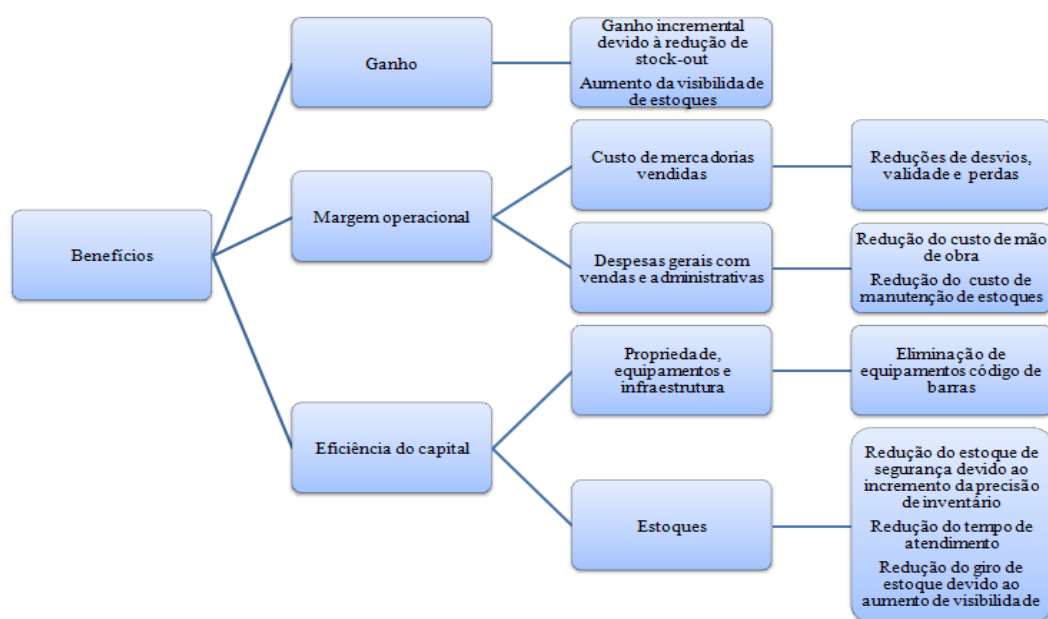


Figura 30: Benefício dos sistemas RFID

Fonte: Adaptação Banks *et al.* apud Sarac, *et al.* (2010)

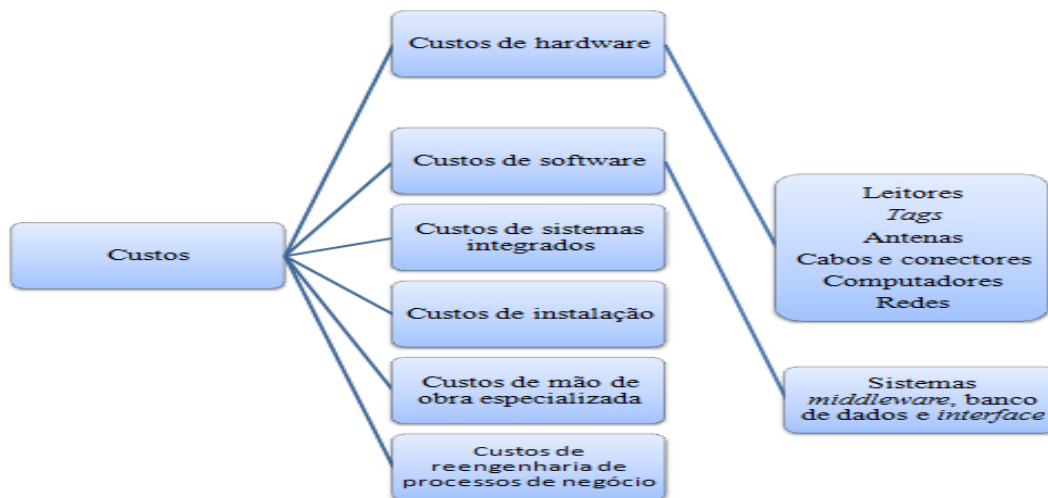


Figura 31: Custos dos sistemas RFID

Fonte: Adaptação Leung *et al.* apud Sarac, *et al.* (2010)

O ROI será negativo quando o projeto RFID não for viável economicamente e será positivo quando ocorrer o contrário. Para este último, alguns fatores-chave influenciadores no ROI devem ser percebidos, tais como (SARAC *et al.*, 2010):

- Custo da tecnologia (preço dos tags, leitores e middleware) – O nível de emprego do *tag* encarecerá o custo da tecnologia. Por exemplo, a utilização nível de item possui maior custo do que a utilização nível *pallet/case*. Por isso, é importante ressaltar que o ROI positivo pode ser alcançado em aplicações nível de item quando for positivo para o varejista da cadeia de suprimentos.
- Benefícios advindos da aplicação da tecnologia RFID.
- A escolha da tecnologia correta (FERRER *et al.*, 2010).
- Emprego da tecnologia RFID em toda a cadeia de suprimentos – O compartilhamento dos custos entre fornecedores e varejistas maximizará os ganhos de toda a cadeia. Wang *et al.* apud Sarac *et al.* (2010) explicitam o exemplo da Wal-Mart que compartilhou o custo do emprego do RFID com seus 100 maiores fornecedores. McCrea apud Félix (2009) ratifica que o ROI se concretiza com a aplicação RFID na logística colaborativa na percepção do benefício auferido em toda a cadeia e

na amplificação das vantagens que são alavancadas com a contínua troca de informações entre membros da cadeia.

ChainLink Research (2014) revela típicos “centros de gravidade do ROI” utilizados por varejistas, conforme ilustra a Figura 32. O estudo sugere a utilização do modelo em tela para auxiliar a determinação de um ROI cuja valoração está baseada no caminho orientado por cada centro de gravidade.

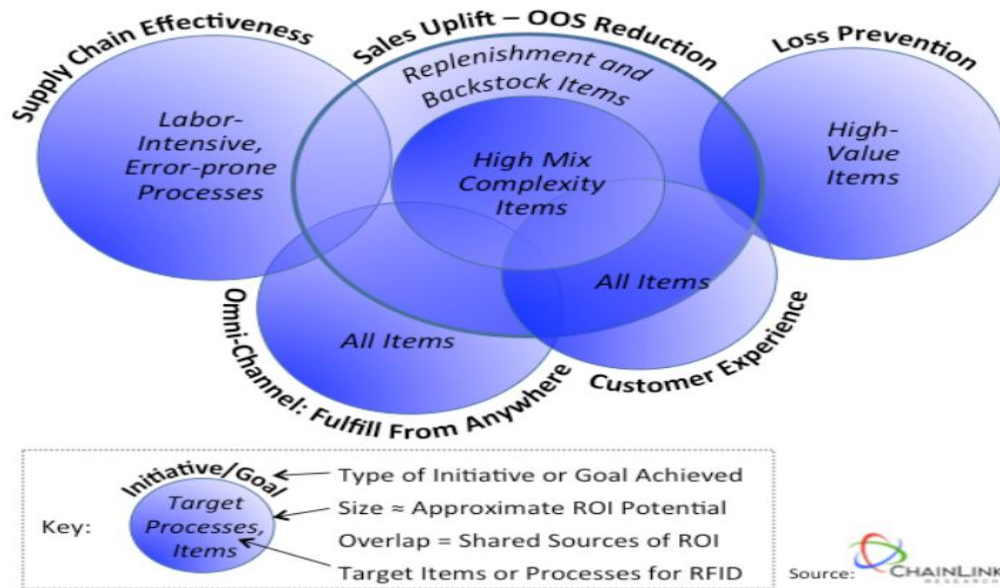


Figura 32: Centros de gravidade do ROI
Fonte: ChainLink Research (2014)

3.2. Benefícios oriundos da aplicação RFID

Ao efetuar uma revisão na literatura sobre os benefícios advindos à aplicação da tecnologia RFID, percebe-se uma segmentação em razão das aplicações da solução por nicho de utilização, como a percepção dos benefícios entregues pela tecnologia, em diferentes indústrias e ramos de negócios, tais como indústrias farmacêuticas, varejistas, logística e SCM, gêneros alimentícios, serviços de biblioteca e na Defesa (NGAI *et al.*, 2008).

A TI única e automática de dados atrelados ao item, inclui o incremento da visibilidade de estoques e rastreamento em quaisquer camada da CS, atendendo a vários propósitos, tais quais: precisão de dados, compartilhamento de informações, tomada automática de inventário, bem como recebimento e digitalização das informações embutidas no item, entregando valor de informação, de lugar e de

qualidade aos membros de uma cadeia de abastecimento em diversos nichos de operação.

A elucidação de tais benefícios comumente é orientada sob perspectivas distintas de aplicação, como por exemplo, benefícios auferidos nas operações de armazenagem e benefícios auferidos ao longo de toda a cadeia de suprimentos. Na Figura 33, com base em análise de benefícios experimentados em aplicações conceituais e reais entre 1995 e 2010, Lim *et al.* (2013) demonstram o modelo de benefícios da aplicação do RFID em operações de armazenagem sob três vetores.



Figura 33: Benefícios RFID em operações de armazenagem
Fonte: Adaptação Lim et al. (2013)

Nada obstante, tais benefícios serão por vezes sobrepostos e interconectados, uma vez que as operações de armazenagem são intimamente relacionadas aos demais nichos intrínsecos ao gerenciamento da cadeia de suprimentos, sendo considerada atividade crítica entre relacionamento à montante e à jusante da cadeia (LAMBERT *et al.* apud LIM *et al.*, 2013).

Portanto, a seguir, destacam-se os principais benefícios que advogam em prol da utilização da identificação inequívoca por RFID de cada item como principal direcionador, seja em operações de armazenagem, seja ao longo do SCM:

- Rastreamento de produtos também ativando os benefícios relacionados à redução de perdas e melhor gestão da vida útil em prateleira (CUI *et al.*,

2013; FERRER *et al.*, 2010; ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LEE e LEE, 2010; LIM *et al.*, 2013; VÉRONNEAU e ROY, 2009; SARAC *et al.*, 2010).

- Redução da mão de obra empregada, por conseguinte, mitigação do custo de mão de obra (CHAKRAVARTHY e KUMAR, 2013; FERRER *et al. apud* CHEN *et al.*, 2013; LYU JR *et al.*, 2009; LEUNG *et al. apud* SARAC *et al.*, 2010; LIM *et al.*, 2013; RINGSBERG e MIRZABEIKI, 2014; ROH *et al. apud* CUI *et al.*, 2013; VÉRONNEAU e ROY, 2009; VLACOS, 2014).
- Incremento da precisão de inventário reduzindo os níveis de estoques (CUI *et al.*, 2013; ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LEE e LEE, 2010; LIM *et al.*, 2013; NGAI *et al.*, 2014; RINGSBERG e MIRZABEIKI, 2014; SARAC, *et al.*, 2010; UÇKUN *et al.*, 2008; VLACOS, 2014).
- Melhoria do nível de serviço ao cliente (CUI *et al.*, 2013; ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LEE e LEE, 2010; LIM *et al.*, 2013; LYU JR, CHANG e CHEN, 2009).
- Mitigação de rupturas de estoques (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LEUNG *et al. apud* SARAC, *et al.*, 2010; LIM *et al.*, 2013; NGAI *et al.*, 2014; UÇKUN *et al.*, 2008).
- Aprimoramento do registro de dados atrelados ao ciclo de vida de sistemas (registro de manutenção/reparo de principais equipamentos, modelo, informações técnicas, entre outros dados) ante a ausência de dados na etapa de uso (WAN e GONNURU, 2013).
- Aumento da acurácia de informações ou prevenção contra inserção de dados errados com a diminuição da interface manual (BACHU *et al.*, 2013; CUI *et al.*, 2013; FERRER *et al.*, 2010; ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LEE e LEE, 2010; LIM *et al.*, 2013; LYU JR *et al.*, 2009; RINGSBERG e MIRZABEIKI, 2014; SARAC *et al.*, 2010; VÉRONNEAU e ROY, 2009; VLACOS, 2014).
- Incremento do compartilhamento de informações entre membros da cadeia de suprimentos (CUI *et al.*, 2013; LEE e LEE, 2010; LIM *et al.*, 2013; SARI, 2010).

- Incremento da previsão de demanda (caso específico de itens de sobressalentes) (NGAI *et al.*, 2014).
- Diminuição dos períodos de manutenção ou indisponibilidade de equipamentos (caso específico de itens de sobressalentes) (NGAI *et al.*, 2014).
- Melhor determinação dos tempos de recebimento e expedição de produtos (LIM *et al.*, 2013).
- Gerenciamento de ativos/recursos (LIM *et al.*, 2013; RINGSBERG e MIRZABEIKI, 2014).
- Melhor gerenciamento de pedidos considerados exceções (CUI *et al.*, 2013; ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; LEE e LEE, 2010; LIM *et al.*, 2013).
- Redução do tempo do ciclo de pedido (FERRER *et al.*, 2010; CHEN *et al.*, 2013; LEUNG *et al. apud* SARAC, *et al.*, 2010; VÉRONNEAU e ROY, 2009).
- Visibilidade de estoques físicos em tempo real em toda a cadeia de suprimentos (BACHU *et al.*, 2013; CHEUNG *et al. apud* CHEN *et al.*, 2013; LYU JR. *et al.*, 2009; MUSA *et al.*, 2014; RINGSBERG e MIRZABEIKI, 2014; ROH *et al. apud* CUI *et al.*, 2013; SARAC *et al.*, 2010; VÉRONNEAU e ROY, 2009).
- Reengenharia dos modelos de negócio proporcionando melhoria nos processos de centros de distribuição e varejistas (BOTTANI e RIZZI *apud* CHEN *et al.*, 2013; LEE e LEE, 2010; ROH *et al. apud* CUI *et al.*, 2013).
- Maior eficiência e eficácia de toda a cadeia de suprimentos resultante da integração dos processos de negócio e informações interorganizacionais ao aplicar a tecnologia RFID (PIGNI e RAVARINI *apud* CHEN *et al.*, 2013).
- Incremento da eficiência e capacidade operacionais dos processos de negócio (LYU JR. *et al.*, 2009; NGAI *et al.*, 2014; SARAC, *et al.*, 2010).
- Diminuição de desvios e perdas de produtos ao longo da cadeia (LYU JR. *et al.*, 2009; LEUNG *et al. apud* SARAC, *et al.*, 2010).
- Aprimoramento da precisão de inventário da cadeia de abastecimento com estoques descentralizados em varejistas (caso específico) (SAHIN e DALLERY *apud* UÇKUN *et al.*, 2008), bem como diminuição de ruptu-

ras de estoques, *lead time* e nível de segurança de estoques nesta camada (UÇKUN *et al.*, 2008; VLACOS, 2014).

- Maior precisão e detalhamento de informações sobre estoques, demanda e ressuprimento entre varejista e seus fornecedores (VLACOS, 2014).

Especificamente para cadeias de suprimentos, cujo inventário sofre com dados errados e inacurácia em seus registros, Sari (2010) demonstra benefícios após a correção das discrepâncias de informações de inventário por meio da aplicação RFID, examinando a concretização de benefícios em duas variáveis distintas: redução do custo total para toda a cadeia de suprimentos e aumento do nível de serviço do varejista. Os resultados estão transcritos abaixo:

- Quando o nível de colaboração entre membros da cadeia é mais intenso (utilização de *Collaborative Planning Forecasting and Replenishment* ou *Vendor Management Inventory* versus políticas tradicionais de gerenciamento de estoques), os benefícios da aplicação RFID são potencializados, sendo quantificados no aumento do nível de serviço ao cliente final e na redução do custo total da cadeia (SARI *apud* VLACOS, 2014).
- Quando há alto nível de incerteza de demanda do cliente final (caso da cadeia de suprimentos de sobressalentes), a aplicação da tecnologia RFID na redução do grau de discrepância de informações de inventário reduz o custo total para a cadeia de 2,80% a 28,91%, em média, e aumenta o nível de serviço ao consumidor final de 0,80% a 3,36%, em média. Em que pese tal aplicação possuir melhores resultados em ambientes cuja incerteza de demanda é baixa, registra-se que há considerável melhoria em alta incerteza de demanda.
- Em cadeias logísticas com alto *lead time* (caso da cadeia de suprimentos de sobressalentes), a aplicação da tecnologia RFID alcança uma redução do custo total da cadeia de 22,26% a 62,80%, em média, e aumenta o nível de serviço ao cliente de 2,72% a 16,80%.

Insta ressaltar que Sari (2010) sugeriu como contribuição posterior ao seu estudo, pesquisa sobre o processo de ressuprimento de estoques na cadeia de suprimentos. O aprimoramento do processo de ressuprimento de estoques lida com distintas variáveis (níveis de estoques versus demanda estocástica ou incerta versus distintos itens e pedidos). A aplicação RFID preenche todos os requisitos para

a valoração do processo de ressuprimento com a utilização de identificação de vários itens, rastreamento de dados de itens, planejamento de transporte e acompanhamento de estoques (CUI *et al.*, 2014).

Piramuthu *et al.* (2014) investigam os benefícios advindos da adoção de *tag* RFID nível de item em todos os produtos da camada varejista de uma cadeia de suprimentos, independente do valor monetário do item. Uma vez que os benefícios auferidos pelos itens de maior valor subsidiam os itens de menor valor. Tais benefícios são:

- Aperfeiçoamento da gestão de inventário.
- Redução de perdas.
- Redução do efeito chicote.
- Redução da ruptura de estoques.
- Pouco ou nenhuma interface manual para coleta de dados.
- Redução da necessidade de força de trabalho (mão de obra).
- Aumento da visibilidade de estoques.
- Aumento da facilidade de estocagem (identificação de local de armazenagem) e de reabastecimento.

3.3. Aplicações RFID

Ante as distintas tecnologias que permitem a implantação do AIDC, a tecnologia RFID desperta o interesse de pesquisadores e profissionais em diversos setores, representando o esforço em reduzir ou até mesmo extirpar a intervenção humana no processo de identificação que acarreta altos custos e tempos consumidos, bem como frequentes erros.

Conforme exposto nas Tabelas 6 e 7, contidas no item 3.1.5, as aplicações RFID estão capilarizadas por diferentes setores e explorando seus benefícios em distintas cadeias de valor ao redor do mundo. No entanto, sob a égide de casos registrados no RFID JOURNAL, no RFID JOURNAL BRASIL e em artigos científicos especializados, esta seção expõe aplicações orientadas ao SCM (LIM *et al.*, 2013).

Aprioristicamente, utilizando a segregação propostas como rol exemplificativo, consigna-se as aplicações a seguir.

3.3.1. Aplicações RFID no SCM

As operações de armazenagem são processos-chave do SCM, pois conectam fornecedores a clientes por meio de disponibilidade de estoques. Os casos a seguir serão trazidos à baila.

Em rastreamento de sobressalentes de aviação, tem-se os dois maiores fabricantes mundiais de aeronaves, Boeing e Airbus utilizam o RFID para o rastreamento de itens pertencentes cadeia de suprimentos de sobressalentes (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011).

Ainda neste contexto, recentemente, o *U.S Federal Aviation Administration* - FAA formalizou um conjunto de normas para tornar possível a utilização da tecnologia RFID em sobressalentes classificados como *flyable*. Dentro da estratégia de uma SCM sem papel está a busca por maior eficiência da manutenção de aeronaves por meio do aumento da acurácia de inventário de sobressalentes *non-flyable* RFID utilizados nas rotinas de manutenções.

A tecnologia é considerada ideal por operar à jusante e à montante da cadeia de suprimentos de itens de aviação. O *tag* padronizado na indústria de aviação é o EPC *Class1 Gen2* que deve conter no formato EPC o código do fabricante e o *part number* do sobressalente (ANDREACCHIO, 2013).

A fabricante de aviões ATK (fornecedora das empresas Airbus, Boeing, Rolls Royce e General Eletrics Aviation) implantou um sistema RFID fornecido pela OAT Systems utilizado no rastreamento do material aplicado na produção. Leitores de RFID em portais também estão sendo usados para rastrear a localização de ferramentas, que a empresa utiliza para fazer os componentes das aeronaves, em itens que serão submetidos às altas temperatura e pressão (RFID JOURNAL, 2013a).

A ATK aplicou *tags* passivos RFID UHF EPC Gen2 em materiais utilizados na produção de componentes estruturais e na leitura dos *tags* via interrogadores fixos, dentro e fora de recipientes de estocagem. A princípio, a ATK buscava incrementar visibilidade no local de material e controle da vida útil remanescente. Todo o sistema possui 115 leitores *Speedway R420*; 460 antenas de longa distância da *Impinj*, 15 impressoras-codificadoras *RZ400*, sete leitores portáteis Motorola *MC9090-Z*, usados para conferências, ciclo de contagem ou localização de fer-

ramentas e materiais, e *tags* MicroX II, para o rastreamento de ferramentas (RFID JOURNAL, 2013a).

A *International Paper* desenvolveu um sistema de rastreamento de estoques em CD usando RFID. O sistema RFID contém *tags* e portais, bem como abrange informações de localização, níveis de estoques, movimentação de material e embarques, tudo em tempo real (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011).

Sobre aplicação em CD, a Coca-Cola da Alemanha possui sistema RFID para rastreamento de *pallets* que são monitorados durante as operações de armazenagem. Na última operação de armazenagem, por meio de EDI, a empresa comunica ao cliente o despacho do pedido (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011).

A Distribuidora GENCO, uma multinacional provedora de serviços logísticos para grandes varejistas mundiais (SONY, IKEA e DELL), utiliza projeto piloto RFID com sistema de gerenciamento de recursos (RFID-RMS) na alocação de recursos nas operações de armazenagem de bilhões de dólares em material, maximizando a produtividade de sua força de trabalho empregada em seus 80 CD, reduzindo custos operacionais e aumentando a satisfação do cliente (CHOW *et al.*, 2006).

A FMC Technologies, fabricante escocesa de equipamentos para a indústria de exploração de petróleo e gás, adotou o *Real-Time Location System* ou Sistema de Localização em Tempo Real (RTLS), a fim de rastrear a localização de cada sobressalente de equipamento, no processo de fabricação e na manutenção e reparos, garantindo a FMC a continuidade de suas operações. A instalação do sistema RFID foi realizada em um edifício inteiro e áreas de armazenagem. A empresa rastreia a localização de cada peça e seu status, durante todo o processo produtivo. Tal requisito não só permite que cada item seja encontrado dentro do imenso armazém ou no espaço de montagem, mas também auxilia a FMC cumprir as normas de segurança (RFID JOURNAL BRASIL, 2013b).

Em 2011, antes da implantação da tecnologia RFID *Wi-Fi*, a FMC rastreava a localização do equipamento manualmente. Atualmente, por meio de uma combinação de seus atuais nós de *Wi-Fi* e sistemas da *AeroScout*, a fim de identificar a movimentação de um item de um ponto a outro, a empresa rastreia automaticamente cada ativo. Quando um ativo é devolvido por um operador de poços de petróleo para manutenção, o sistema automaticamente lê o seu número de ID no

tag. Este número relaciona a história do item, como o tempo em que permaneceu fora e o local para onde tinha sido enviado.

A FMC também pode fornecer dados regulatórios ou fiscais referentes a cada sobressalente estocados em cada *tag*. Antes da instalação do sistema da *AeroScout*, a empresa acessava relatórios manuais sobre a montagem de equipamentos e a manutenção, processo que consumia muito tempo. Após o sistema RTSL, a disponibilidade de informação sobre a localização exata de cada item e quais processos foram efetuados integralmente, incrementou a capacidade da empresa de fornecer relatórios de conformidade regulamentar e também aumentar sua produtividade na montagem e nas operações de manutenção. A FMC estuda a possibilidade de implantar o sistema RTSL em outras de suas 30 instalações de produção ao redor do mundo (RFID JOURNAL BRASIL, 2013b).

Um caso brasileiro recente é a empresa de engenharia EBSE que identificou o nicho de inovação em seus processos logísticos com a utilização da tecnologia RFID para projetos destinados à empresa de petróleo e gás SBM do Brasil. A EBSE fabrica componentes para navios da SBM, tais como: módulos de gás; módulo de válvulas (controlam todos os fluidos de bordo); e um módulo complementar (controla combustível de helicóptero para operações).

Ante a complexidade de gerenciamento de sobressalentes utilizados na construção de módulos navais, a EBSE contratou a Technotag, empresa brasileira que desenvolve, projeta e comercializa soluções móveis com o uso do RFID. A Technotag participou de todos os processos, da recepção de todos itens, até a entrega de cada módulo fabricado para compor a fabricação de um navio. Tal acompanhamento foi realizado para subsidiar o armazenamento do histórico de sobressalentes e de equipamentos da obra, incluindo também dados sobre a manutenção das partes.

Importantes informações foram reunidas a fim de viabilizar a implantação do projeto RFID: informações sobre a entrada e saída de materiais e resultados detalhados sobre os testes e a instalação dos equipamentos.

A aplicação da tecnologia RFID com o sistema *Lince Warehouse Mobile Management* (WMM) permitiu maior centralização das informações e ganho de agilidade nos procedimentos. O sistema WMM permite a identificação física dos sobressalentes com *tags* de RFID desde sua chegada, possibilitando a rastreabilidade e o controle em todas as operações de armazenagem. O sistema também

permite a geração de relatórios do estoque de materiais em tempo real. Ao adentrarem a linha de produção da empresa, os sobressalentes são catalogados e armazenados, monitorados e conferidos. Atualmente, a EBSE não necessita mais de papéis e planilhas eletrônicas para controlar os sobressalentes na cadeia de suprimentos (RFID JOURNAL BRASIL, 2011b).

Com tal ferramenta, a EBSE dispõe de maior controle dos locais de estoque por meio da identificação com *transponders* RFID, obtendo a rápida e precisa localização dos itens. A melhoria no controle de estoques garante a disponibilidade física dos itens demandados para a produção, entre solicitação, *picking* e expedição. O sistema também oferece a funcionalidade de controlar itens que sobejaram na fabricação, mitigando desperdícios (adequado para o caso da MB).

A companhia de energia *Électricité de France* (EDF) é mais um caso de aplicação RFID para controle de estoque de sobressalentes. O *Combustions Turbines Operation Center* (CETAC) é o responsável por realizar a manutenção das turbinas da companhia EDF e gerencia treze unidades de produção e oito armazéns de sobressalentes. O projeto RFID do CETAC teve como principal objetivo a rápida localização de sobressalentes necessários para a condução do reparo das turbinas (RFID JOURNAL, 2013g).

Atualmente, a CETAC utiliza *tags* em 5.000 itens de sobressalentes, possuindo projeto de ampliação para mais de 70.000 itens de sobressalentes. O projeto utiliza *tags* passivos UHF EPC Class1 Gen2 comercializados pela Omni-ID denominada *tag on-metal Prox-NG* (Figura 34), utilizado para gerenciamento de equipamentos metálicos. Por meio de adesivo, os *tags* são fixadas em cada sobressalente. O número único de identificação do *tag* atrelado aos dados de cada sobressalente identificado (*part number*, número de série ou fabricante) são armazenados em um software denominado *Asset Tracking* localizado no servidor do CETAC. A atualização de dados sobre leitura de *tag* atrelada ao item retirado do armazém pode ser realizada via cabo ou *Wi-Fi*.



Figura 34: Tag on-metal Prox-NG

Fonte: Omni-ID (2014)

Ao receber a demanda por um sobressalente, os trabalhadores do armazém acessam o sistema por meio de um computador ou um firmware portátil e digitam o número ou descrição do item. O sistema fornecerá todas as localizações de itens correspondentes ao número ou à descrição inseridos. Após a retirada do item, o operador indica no sistema a saída do item para atender a determinada requisição, a fim de atualizar o status de estoque da peça.

Sem necessidade de identificação manual de cada item pelo número de série registrado no corpo da peça, bem como o registro automático de dados (sem necessidade de utilizar planilha eletrônica operada por um trabalhador), o processo de localização de um sobressalente demandado tornou-se mais rápido.

Em virtude de a tecnologia dispor de dados sobre a localização de itens em estoque, trabalhadores do CETAC não realizam inventários em cada armazém regularmente de forma manual, trazendo ganhos em custos de mão de obra para a empresa francesa. A solução passou por um importante teste no CETAC: após a necessidade de sobressalente demandado por uma avaria inopinada em uma das turbinas, o operador apenas inseriu o número da peça solicitada no leitor portátil que identificou rapidamente o sobressalente e sua localização no armazém (RFID JOURNAL, 2013g).

O RFID Journal (2014g) noticiou a recente utilização de *tags* passivos RFID 13.56 MHz Siemens Simatic RF340T em todos as cabeças de cilindro e blocos de motor da fábrica da General Motors (GM) em Tonowada, na cidade de Nova Iorque, a fim de rastrear o processo de fabricação. Inicialmente, o motor em produção é colocado sobre um pallet, com número de identificação único do mo-

tor (atrelado ao número da etiqueta afixada permanentemente ao *pallet*). O tag do *pallet* é lido e escrito para que o motor avance adentro aos processos de montagem até a instalação em um veículo. Ao acompanhar cada motor (*pallet*), a GM possui o monitoramento de todos os processos de produção até sua finalização. Tal informação não só assegura a realização dos processos de produção de forma correta e no tempo adequado, mas também registrando dados históricos que podem ser utilizados para identificar qual máquina pode ter produzido alguma peça defeituosa.

Nos CD em Madrid e em Turim, a fabricante de caminhões e ônibus europeia IVECO utiliza o sistema RFID em operações de armazenagem que envolve o controle de estoques de sobressalentes e combate à falsificação de peças fabricadas pela empresa. Por meio de sua complexa rede de 3.500 oficinas autorizadas em 100 diferentes países, a IVECO é responsável pelo fornecimento de sobressalentes para sua linha de caminhões e ônibus. As oficinas da empresa emitem solicitações de sobressalentes necessários para o reparo de veículos quando não há estoque disponível na própria oficina. Neste caso, a disponibilidade de estoque das peças demandadas é um fator-chave da própria estratégia logística da IVECO. Sem o emprego da tecnologia, a busca pela rapidez do ciclo de pedido resultava em recorrentes erros de processamento de pedido (elevada quantidade de itens processados e pressão para cumprir prazo curto) (RFID JOURNAL, 2010a).

A corrida aeroespacial também contribui para o desenvolvimento da tecnologia RFID. O *Johnson Space Center* (JSC), da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), busca parcerias estratégicas na introdução de suas tecnologias no mercado e na colaboração junto à NASA no desenvolvimento de soluções. Depois de quase cinco anos de pesquisa, o JSC desenvolveu um *tag* RFID UHF EPC Gen2 passivo para rastreamento de bens e equipamentos para aplicações de vôo espacial conduzidos pela *International Space Station* (ISS). A ISS ao implantar um sistema de rastreamento de ativos auxilia a NASA na melhoria de rastreabilidade da localização de cerca de 20.000 itens por meio de tecnologias de código de barras e RFID. Por exemplo, o emprego de leitores RFID portáteis pela NASA para agilizar auditorias e para localizar itens em falta.

Intrigante desafio é o rastreamento de pequenos itens na gravidade zero: os itens devem ser todos armazenados e os recipientes devem ser amarrados às paredes. Ao se abrir um recipiente, os itens flutuam e podem estacionar em algum

lugar indevido sendo esquecidos por dias ou semanas. A NASA emprega o RFID para gerenciar tais itens, enquanto desenvolve outras soluções para ampliar a eficácia da tecnologia.

Tradicionalmente, o código de barras, tanto em terra como no espaço, estava sendo empregado para localizar itens (medicamentos, ferramentas e pertences pessoais) e garantir que eles estejam prontos para uso pela tripulação. No entanto, com a contabilização usando o código de barras o processo de inventário estava ocorrendo de forma muito demorada. No início da década de 2000, o JSC iniciou a pesquisa da tecnologia RFID para auxiliar o controle de 20.000 itens entre bens permanentes e materiais de consumo. O RFID está sendo investigado como parte do conceito denominado pela JSC de Gestão da Logística Autônoma abrangendo em três vertentes: identificação de itens em zona densa (recipiente blindado ou "gavetas inteligentes"); identificação de itens localizados em zona esparsa (áreas abertas), por exemplo, material que escapou do recipiente e flutuou para um local aleatório; e software para recebimento de dados de RFID e inferência sobre a localização de itens, considerando o contexto da leitura (RFID JOURNAL, 2014a).

A Lufthansa Technik Logistik Services GmbH responsável por serviços de logística, envolvendo armazenagem, transporte e fornecimento de material de insumos essenciais para a manutenção da frota aérea desenvolveu um software RFID proprietário e código de barras para gerenciar o sistema de inventário. Os leitores portáteis transmitem dados por meio de uma conexão *Wi-Fi* para um servidor que armazena os registros para análise. Há também um aplicativo no leitor portátil que exibe informações sobre cada item, incluindo a data de expiração e alertas codificados por cores (RFID JOURNAL BRASIL, 2013c)

Para aumentar as taxas de leitura, a empresa substituiu armários de metal por bandejas e pinos com componentes de plástico, incluindo prateleiras e grades. Para identificar os pequenos rolos de fita e artigos de metal, foram adaptadas etiquetas RFID. A empresa está considerando a possibilidade de utilizar pulseiras RFID em alguns itens. O inventário é verificado semanalmente e cada gabinete requer cerca de 30 segundos para ser lido a uma distância de cerca de 50 centímetros a 1 metro. O sistema possui taxa de precisão de 97% e proporcionou uma redução de 80% no tempo consumido na gestão de estoques, diminuindo também seus níveis de estoque e otimizando o processo de compras ao evitar compras de quantidades acima da real necessidade.

A Rolls-Royce do Canadá gerencia uma instalação de 500.000 metros onde realizar manutenção e reparos de motores de avião a jato civis e militares. Tarefa esta considerada complexa e crítica, pois os mecânicos lidam com muitos sobressalentes e usam equipamentos e ferramentas sofisticados dentro dos motores durante a execução dos serviços. A principal função da aplicação RFID neste caso é a visibilidade da ferramenta de manutenção armazenada em um armário que detecta a presença ou não da ferramenta, alertando ao operador sobre possível esquecimento de ferramenta dentro de algum motor (RFID JOURNAL BRASIL, 2014d).

A Nedschroef, fabricante holandesa de fixadores metálicos para a indústria automotiva, diminui erros em processos logísticos em sua fábrica na Alemanha, para menos de 1% ao adotar o sistema RFID para gerenciar 4.500 contêineres metálicos, cada um contendo cerca de 100.000 peças pequenas de metal, como porcas de parafusos (RFID JOURNAL BRASIL, 2012a).

A Divisão *O-Ring*, da Parker Hannifin, fabrica anéis utilizados para selar líquidos de automóveis, equipamentos de construção e de hidráulica. Os anéis de vedação de borracha são itens críticos em muitos equipamentos e de falsificação simples. Este último encorajou a Divisão *O-Ring* considerar o uso de RFID para rastreamento de seus sobressalentes e garantia da autenticidade. A solução mais adequada deveria descartar a identificação na superfície do produto, pois dificultaria o desempenho da função principal do anel de vedação. Portanto, o RFID acoplado dentro do anel foi o único meio viável de transmitir informações armazenadas. Além disso, a Divisão *O-Ring* entendeu que haveria geração de valor não apenas em combater a pirataria, mas também em rastrear grandes dispositivos ou equipamentos constituídos com os anéis RFID.

No projeto foram utilizadas *tags* passivos RFID UHF EPC Gen 2, com antena flexível, podendo ser lidas a 30 metros de distância. A empresa está usando *tags* customizadas da provedora TROI. Foi criado um banco de dados web que permite aos clientes da Parker Hannifin identificar os *part numbers*, data de fabricação, número de lote e informações técnicas relacionadas ao número único de identificação de cada *tag*. Isso também permite que a empresa acompanhe cada anel individualmente, a data de instalação, a entrega ao cliente e pós-venda (intervalo entre serviços).

Antes a rastreabilidade e a autenticidade eram mantidas pelo acondicionamento em embalagem individual e expedição com documentação de testes e um certificado de conformidade, de cada anel de vedação, duplicando a informação impressa na embalagem. O RFID embutido nos anéis tornou a embalagem e os documentos desnecessários (RFID JOURNAL BRASIL, 2013d).

Neste viés, é pertinente expor recente aplicação da tecnologia na indústria de mineração brasileira que dialoga intrinsecamente com a proposta deste trabalho por conta da similaridade de propósito e aplicação do projeto em tela. A empresa Vale, líder mundial na produção de minério de ferro e a segunda produtora de níquel, concluiu o projeto piloto RFID na gerência de Manutenção de Equipamentos de Terraplanagem (GATPS), da mina de Conceição, em Minas Gerais. O projeto foi desenvolvido internamente e é empregado na gestão de estoque de mais de 6.000 volumes de materiais, obtendo total precisão em seus inventários. Os dados sobre o consumo de tais estoques são disponibilizados para as equipes de Planejamento e Controle de Manutenção, para auxiliar no controle do consumo de materiais (RFID JOURNAL BRASIL, 2014a).

O controle de estoques de 6.000 volumes de sobressalentes e equipamentos (filtros, motores de partida e alternadores) é feito pela tecnologia RFID, totalizando um estoque cujo valor em reais está totalmente identificado. Apesar de comprovada a precisão e eficiência da ferramenta RFID, o sistema foi paulatinamente testado até a conclusão e ampliação para gerenciar todo o estoque de materiais. A empresa adotou leitores IP30, CN3 e CN50, da Intermec by Honeywell, e *tags* da CCRR, padrão EP, UHF, passivas, Class1 Gen2.

Um indicador perseguido pela gerência de manutenção é a disponibilidade física que representa a disponibilidade de um equipamento para realizar as atividades produtivas. A fim de alcançar uma boa disponibilidade física para os equipamentos, as manutenções sistemáticas e preventivas, programadas, conforme a orientação dos fabricantes dos equipamentos ou para prevenir problemas, precisam ser planejadas e realizadas regularmente.

Emerge como fator-chave para a realização efetiva de manutenções o controle dos materiais de manutenção. Os sobressalentes necessários para a manutenção programada são comprados com antecedência devida. Existem situações nas quais os sobressalentes não são completamente utilizados, retornando para integrar novamente o estoque. A falta de visibilidade dos sobressalentes remanescen-

tes acarreta em aquisições de itens que estão esquecidos no armazém da empresa, gerando desperdícios evitáveis. A alta rotatividade de estoque de sobressalentes utilizados para as manutenções da Vale também gera uma complexidade adicional ao gerenciamento de estoques.

Benefícios oriundos da utilização do RFID foram percebidos pela Vale. A redução do desperdício, uma vez que as informações do estoque foram disponibilizadas para consulta da equipe de manutenção, a fim de evitar a aquisição de materiais já estocados. Ademais, devido à rapidez de realização de inventários, os funcionários poderão efetuar regularmente e com mais frequência os levantamentos de estoque, proporcionando valor de maior precisão e credibilidade das informações. A mitigação dos desvios também foi percebida, uma vez que os inventários gerados pela solução RFID são cotejados para identificar possíveis extravios de materiais. A saída dos materiais passou a ser rastreada pelo próprio sistema, fazendo-o capaz de indicar desvios. Houve também melhoria do compartilhamento de informações entre nichos funcionais da empresa.

O projeto piloto havia sido engendrado como solução a intervenção humana no controle de estoques de materiais de manutenções, evitando as compras de materiais em excesso, bem como garantindo a disponibilidade dos materiais de alta rotatividade e críticos para a realização de manutenções programadas. Inicialmente, foram controlados individualmente pequenos conjuntos de materiais para manutenção, incluindo motores de partida e alternadores. Cotejando o estoque sistêmico com o estoque físico como forma de testar a eficácia do sistema. Para a finalização do piloto, foram exploradas situações nas quais o controle manual de sobressalentes se era precária.

Os resultados do projeto piloto foram favoráveis para a implantação integral do RFID. Antes da solução RFID, o processo de inventário era dispendioso em tempo e intensivo em mão de obra, levando dias para ser executado e com alta taxa de erros. Ademais, a entrada e a saída de sobressalentes no estoque eram feitas por planilha eletrônica, gerando mais erros. Após o sistema RFID, os resultados das checagens e inventários foram efetivos e todos os materiais monitorados pelo piloto foram rapidamente identificados. Um operador inventariou um estoque com 2.000 itens de materiais em até 50 minutos. Ressalta-se que um obstáculo também vencido no projeto RFID da Vale foi a utilização *tags* em materiais metálicos, conforme Figura 35.



Figura 35: Estoque da GATPS e realização de inventário com leitor RFID
Fonte: RFID Journal Brasil (2014a).

3.3.2.

Aplicações RFID na camada varejista

O varejista de produtos eletrônicos, o japonês Yodoshiba Camera, recebe de seus fornecedores produtos contendo *tags* RFID que são lidos ao entrarem no CD do Yodoshiba. As informações carregadas em cada *tag* são transferidas para o WMS da empresa japonesa, eliminando custos de mão de obra, contagem de itens e inspeções atreladas ao recebimento dos produtos. O varejista percebeu considerável aumento da produtividade do pessoal, sendo alocados estritamente para a gestão de inventário do CD e processamento de pedidos dentro do prazo (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011).

O varejo possui enorme potencial em se beneficiar das tecnologias AIDC. Um benefício diretamente percebido pelo cliente final é a redução de *stockout*, tendo por base a automação de processos críticos para a política de ressuprimento à jusante, tais quais: pedido de ressuprimento e dados reais de consumo para previsão de demanda (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011).

No varejo têxtil, a Kauhof da Alemanha, aplica o *tag* RFID fixado em nível de item para cada produto comercializado na loja, bem como *transponders* RFID dispostos em prateleiras e espelhos inteligentes, possibilitando ressuprimento automático de estoques e interação automática do cliente com dados sobre a peça escolhida. A Mark and Spencer utiliza *tags* em 1000 itens diferentes da linha de fornecimento da empresa, promove o conhecimento do exato nível de estoques em cada ponto de venda, com a realização de inventários diariamente para subsidiar o que e quanto recompletar em cada loja. Os resultados são sentidos na redução de estoques imobilizados em cada loja (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011).

A Levi's Strauss & Co no México também implementou projeto piloto de *AutoID* com sistema RFID nível de cada item. A solução foi proposta para melhorar os índices de 80% estoques disponíveis, acurácia de inventário e tornar automático os pedidos de ressuprimento. Atualmente, o percentual de disponibilidade de estoque é de quase 100% (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011).

A Coccinelle, varejista holandesa de roupas infantis, emprega sistema RFID para incrementar a precisão de inventário de seus CD e de suas lojas e redução de *stockouts*. Um sistema ERP é alimentado por dados de vendas e inventário de estoques provenientes das lojas. As causas atacadas pela solução RFID de *stockout* são a baixa visibilidade de estoques das lojas (vendas registradas erroneamente e desvios de itens). O processo de inventário também foi otimizado. Antes da solução RFID o inventário era realizado uma vez ao ano. Atualmente, o inventário é conduzido duas vezes por semana (RFID JOURNAL, 2014d).

Uma aplicação RFID bastante difundida é o caso da Wal-Mart. Desde que a empresa adotou o RFID em caixas e *pallets* em parcerias estratégicas junto ao fornecedores, a taxa de *stockout* reduziu em 16%, bem como propiciou um sistema de ressuprimento em cada loja 63% mais eficiente do que outros sistemas adotados (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011; PIRAMUTHU *et al.*, 2014).

ChainLink Research (2014) demonstra importantes aspectos relacionados à adoção da tecnologia RFID na camada de varejistas da SCM. Tal pesquisa foi conduzida entre 120 varejistas baseados na Europa e na América do Norte e sublinha fatores de sucesso ou não em projetos RFID no varejo.

O cenário estabelecido é um SCM cada vez mais padronizado em busca da interoperabilidade entre camadas e a redução do custo de aplicação de *tag* nível de item (um quinto do valor se comparado com os anos 2000) que fomentam rápidas transformações das operações de negócio. Os três principais motivos de adoção da tecnologia RFID em varejistas são expostos na Figura 36.

What were your top three reasons for implementing RFID?

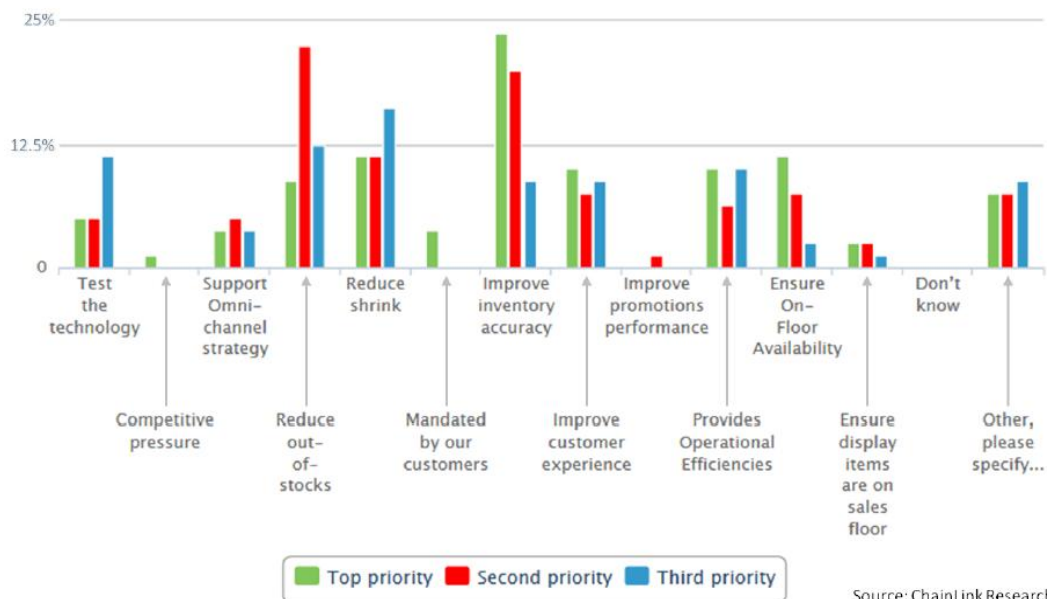


Figura 36: Três maiores motivos para adoção de RFID no varejo
Fonte: Chainlink Research (2014)

O principal motivo para a adoção da tecnologia RFID é o ganho na precisão de inventário nos varejistas, permitindo a realização de inventário vinte e cinco vezes mais rápida do que a utilização de código de barras, alcançando 99% de precisão na contagem (incremento entre 20% a 30%). A precisão e a rapidez na condução de inventário permite ao varejista o uso de ressuprimento automático, maior disponibilidade de estoques e a redução de rupturas de estoques (redução de 15% a 30%). Um aumento nas vendas de 1% a 10% também é alcançado.

Neste viés, as aplicações atuais no varejo também foram pesquisadas e são demonstradas na Figura 37. Por oportuno, sublinha-se a aplicação majoritária em prevenção de perdas, rastreamento *tag* nível de item, ressuprimento de estoques e realização de inventário. Nas aplicações atuais, o RFID tem sido justificado com base no incremento da precisão de inventário (direcionado para redução de *stockout* e aumento das vendas) perfaz quase 60% dos varejistas. Para os casos que envolvem todo o SCM (utilização de RFID em CD nas operações de armazenagem) o percentual fica acima de 40%.

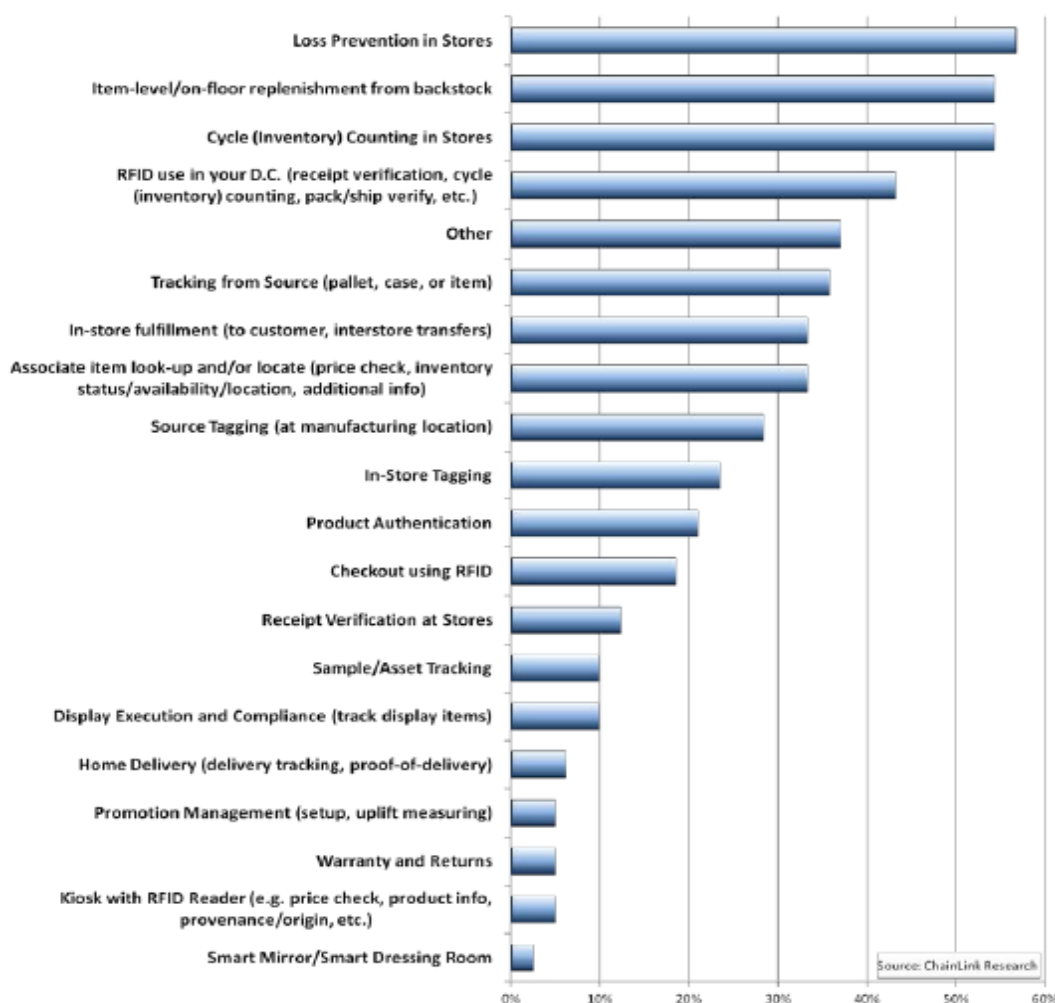


Figura 37: Aplicações RFID no varejo
 Fonte: Chainlink Research (2014)

3.3.3. Aplicações RFID no SCM militar

No setor de Defesa, o RFID alcançou especial nível de aplicação com a adoção de mandatos para a tecnologia RFID pelo DoD ao adotar o sistema RFID para rastrear o embarque de mais de 250 mil contentores de suprimentos militares em 40 países diferentes. O DoD foi pioneiro na adoção da tecnologia RFID, sendo considerado como principal direcionador do progresso tecnológico. A utilização em larga escala do RFID para rastrear itens na cadeia de suprimentos teve seu início com a desmobilização de tropas americanas na Europa, após o desmantelamento da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) em 1991. Na ocasião, um grande fluxo de material percorreria enormes distâncias, a fim de ser repatriado. Equipamentos RFID foram localizados estrategicamente de forma fixa em *hubs* específicos e de forma móvel (inventário em campo avançado). Os dados

do material monitorado foram estocados em base de dados específica que é acessada por parceiros autorizados do SCM. A redução da duplicidade de estoques em diferentes pontos da cadeia de suprimento, a ambiguidade de pedidos e o aumento de atendimento de pedidos foram resultados palpáveis da empreitada. O compartilhamento de informação junto ao consumidor final (tropas avançadas) é também um alvo do projeto do DoD (ILIE-ZUDOR *et al.*, 2011).

Segundo Kathy Smith, assistente especial do programa *Supply Chain Integration* do DoD, em 2010, a rede do sistema RFID ativo abrangia mais de 30 países e registrava mais de 237.000 *tags* semanalmente. A *Defense Logistics Agency* (DLA), fornecedora das Forças Armadas Norte-Americanas, afirma que a aplicação de sistema RFID passivo em 18 locais de fornecimento distintos, resultou na diminuição de 40% de erros no recebimento e 60% de economia de força de trabalho empregada em realização de inventário de itens nas instalações logística da Força Aérea Americana.

RFID Journal (2010b) também demonstra o projeto RFID para apoiar os processos logísticos da complexa cadeia de suprimentos de itens de fardamento. São 140 tamanhos distintos de botas de combate demandadas por soldados americanos. Espera-se incremento da eficiência operacional de toda a cadeia.

Registra-se também a expressiva diferença de discrepâncias de inventário entre locais com a utilização de RFID e sem a utilização de RFID. Na Base Aérea de Lackland, o percentual de discrepância de inventário chega a 0,2%, enquanto em outros locais sem RFID é 25 vezes maior, em termos percentuais. Ainda em Lackland, o tempo consumido para a realização de inventário reduziu-se de 40 dias/ano para 8 dias/ano (RFID JOURNAL, 2010b).

RFID Journal (2010b) afirma que a aplicação RFID nas cadeias de suprimentos do DoD está a frente de muitas empresas, em especial no alcance dos benefícios da visibilidade da cadeia de abastecimento.

Com o conhecimento advindo das aplicações RFID, o DoD consolida sua vitória na guerra contra a ineficiência no SCM. Dessa vez em função da retirada de tropas americanas do Iraque em dezembro de 2011, as Forças Armadas Norte-Americanas utilizaram o RFID como apoio ao cumprimento da missão de movimentar equipamentos bélicos do Iraque para operações em andamento no Afeganistão, pois aproveitava prévias informações sobre o ciclo de vida do equipamento

que estava sendo movimentado para montar infraestrutura de reparo (RFID JOURNAL, 2012b).

Em 2004, a DLA iniciou seu requisito obrigatório junto aos seus fornecedores, a utilização de RFID nível de caixa e nível de *pallet*. Em 2012, possuindo valor de mercado de US\$ 42 bilhões e 26 CD ao redor do mundo, a DLA se consolidava como a maior fornecedora de serviços e produtos bélicos às Forças Armadas dos EUA. Atualmente, todos os CD da DLA utilizam *tags* RFID EPC Gen 2. Demais projetos de emprego de *tag* passivo estão sendo desenvolvidos visando a redução de custos de mão-de-obra (RFID JOURNAL, 2012b).

Em 2011, a Força Aérea Brasileira (FAB) realizou a modernização das operações do Centro Logístico da Aeronáutica (CELOG), responsável por gerenciar a movimentação mensal de milhares de toneladas de materiais. O CELOG colocou em prática um projeto de automação de depósitos com o uso da tecnologia RFID, visando gerar ganhos em agilidade e eficiência operacional. O projeto consistiu na identificação, com etiquetas RFID EPC Classe 1 Gen2, dos materiais expedidos pela Comissão Aeronáutica Brasileira em Washington e Londres e posterior recebimento no Depósito da Aeronáutica no Rio de Janeiro. Antes da solução RFID, o embarque de materiais do Exterior para o Brasil consumia três a quatro dias. Atualmente é realizado em três horas.

Ademais, devido à complexidade dos materiais transportados (motores, peças, pneus, radares para aviões), o processo de expedição costumava apresentar discrepâncias de 2% entre os registros documentados e a verdadeira carga. Com RFID, houve uma queda do índice de erros para 0,005% (RFID JOURNAL BRASIL, 2011a).

Por fim, com a adoção do RFID a FAB aumentou em 600% a produtividade da movimentação de materiais entre Washington, Londres, Rio de Janeiro e os postos de Correio Aéreo Nacional. O tempo de elaboração da documentação para a expedição dos materiais obtidos no exterior para o Brasil experimentou a queda de três horas para um minuto. Ato contínuo, o recebimento de um contentor de materiais no Depósito no Rio de Janeiro foi reduzido de 8 horas para 45 minutos.

A FAB alcançou seu segundo caso de sucesso em projetos RFID. Utilizando *tags* e leitores EPC Gen2 no controle de estoque e na distribuição de fardas, medalhas e insígnias para seus militares, com economia de custos e 100% de acerto em suas operações. O ciclo de ressuprimento das 28 unidades regionais de dis-

tribuição era feito manualmente (15 pessoas empregadas) em até 100 dias para completar e atualmente pode ser realizado em 15 dias (4 pessoas empregadas). O inventário é completamente calculado em pouco menos de 30 horas, sem intervenção humana. Os itens metálicos (medalhas e insígnias) por dificultarem a leitura de RFID, foram colocados dentro de estojos plásticos marcados com as *tags* (RFID JOURNAL BRASIL, 2012b).

As Forças Armadas Australianas junto com outras Forças pertencentes ao à Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) adotaram o sistema RFID de rastreamento e monitoramento. O projeto consiste no rastreamento de *pallets* e caixas contendo armamentos, comida, medicamento e sobressalentes. O sistema RFID de rastreamento e monitoramento é baseado em uma plataforma web um que disponibiliza à agência governamental os dados coletados das *tags* atreladas aos itens pelos leitores (RFID JOURNAL, 2007).

Outra ampla utilização da tecnologia envolvendo o Setor de Defesa é a utilização de *tags* passivos e ativos nas Forças Armadas Suecas no apoio a logística desde fornecimento de itens individuais de fardamento até movimentação de equipamentos e grandes cargas (RFID JOURNAL, 2013b).

A Subsecretaria da Cadeia de Suprimentos Integrada do DoD coordena importantes projetos na área de logística e SCM. Ressalta-se a utilização da tecnologia RFID permeando importantes projetos da logística militar americana, como o próprio planejamento estratégico, o combate à falsificação de itens de sobressalentes, a gestão de inventário e o projeto AIT, conforme Figura 38.

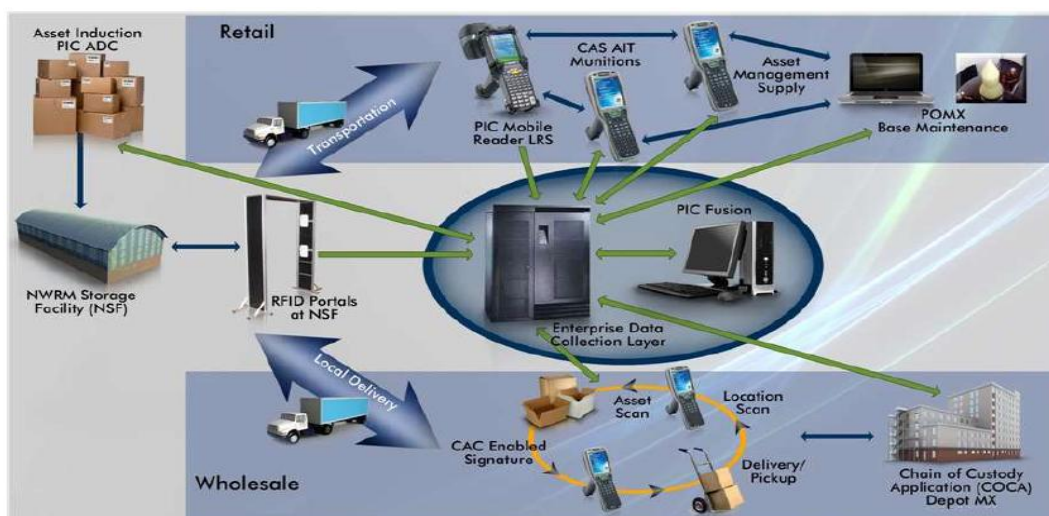


Figura 38: AIT no SCM integrado
Fonte: Reboulet (2012)

O AIT tem como objetivo principal o incremento da confiança do cliente final ante aos processos logísticos do DoD por meio da construção de uma rede capaz de ter respostas velozes e custos eficientes para fornecer produtos e serviços demandados pelas forças combatentes. O projeto faz parte da busca de modernização e integração de processos da cadeia de suprimentos existentes para apoiar os requisitos operativos. A tecnologia RFID auxilia o DoD no combate contra óbices encontrados no alcance à integração: ausência de visibilidade de ativos e ineficiência nos processos de transporte entre os nós da cadeia de suprimentos do DoD. Combinado ou não com outras iniciativas do AIT, o sistema RFID se tonará tecnologia chave para o acesso às transformações dos processos de negócios da logística do DoD por melhorar a precisão de informações e diminuir a interface humana da captura de dados de ponta a ponta dentro da cadeia de suprimentos integrada.

Sobre o programa AIT, importantes marcos regulatórios e padronizações foram estabelecidos pelo DoD, tais quais: MIL-STD-129P (Military Marking for shipment and Storage); *Passive RFID DFARS Clause 252 211-7006*; e *DoD Suppliers 's Passive RFID Information Guide*.

Na X Conferência Anual do RFID JOURNAL LIVE! 2012, a Força Aérea Americana apresentou seu programa atrelado ao AIT, o “Gerenciamento de ativos na Força Aérea Americana: aplicação de RFID na cadeia de suprimentos global”. A Força Aérea destacou o RFID *World Wide Inventory* (WWI): diminuição dos recursos humanos empregados no WWI manual; aproveitamento das *tags* passivas já fixadas em itens da cadeia de suprimentos do DoD; testes de desempenho do RFID WWI demonstram uma redução de 87% do tempo de trabalho e incomensurável incremento da precisão de inventário sobre aproximadamente 7.800 itens estocados.

A utilização de RFID no controle de sobressalentes aplicados às aeronaves de guerra é também uma iniciativa da Marinha dos EUA dentro do projeto AIT. A utilização da tecnologia RFID para efetuar o inventário de contentores destinados para missões específicas com 500 a 600 itens de sobressalentes cujo valor perfaz US\$ 10 milhões já é realidade na *Naval Air Station Norfolk*. Antes da aplicação RFID, o inventário era conduzido por três operadores em 24 horas. Após a solução RFID, o inventário de cada contentor passou a ser feito em menos de trinta

minutos, trazendo ganhos financeiros de US\$ 2.2 milhões por ano, bem como incrementando a precisão de inventário, política de ressuprimento e visibilidade de estoques (INTERMEC, 2007).

Ao abordar uma modernização da Infraestrutura de Informação Logística Naval, conforme Figura 39, Farquhar e Sorkin *apud* Farquhar (2011) propõem requisitos de infraestrutura informação logística para a Marinha dos EUA: a captura de dados por meio de sistema RFID associada a controle em tempo real dos processos operacionais cadeia de suprimentos de sobressalentes de ponta a ponta; inventário em tempo real e gestão do ciclo de vida.



Figura 39: Conceito de Infraestrutura de Informação Logística Naval

Fonte: Farquhar (2011)

O RFID Journal (2012c) noticiou mais um projeto atrelado ao AIT. A Marinha dos EUA possui armazéns de explosivos e outros tipos de munições que estão inseridos no projeto de visibilidade de itens da cadeia de suprimentos do DoD. Porém, etiquetas e leitores RFID podem ativar repentinamente o material bélico armazenado, sendo conhecido atualmente como *Hazards of Eletromagnetic Radiation to Ordnance* (HERO). *Visible Assets*, fabricante de etiquetas e leitores 134 kHz padrão *Rubee* (IEEE 1902.1), anunciou que seus produtos sem fio foram os primeiros classificados pela Marinha Americana como seguros para operarem com munições e explosivos.

Ainda no setor de Defesa, em especial na Marinha dos EUA, o Centro de Guerra de Superfície Naval da cidade do Panamá (NSWC PCD), Flórida, demonstrou o sistema de rastreamento de itens baseado em RFID empregado a bordo de

navios de superfície que foi patenteado como *RFID System for Use In Storing and Inventorying Items*. A solução RFID prevê ROI de 3.000% e a eliminação integral de verificações manuais de inventário a bordo dos *Littoral Combat Ship* ou Navios de Combate Litorâneo (LCS) (navios de superfície destinados a operações costeiras). O sistema emprega etiquetas RFID passivas fixadas em itens metálicos armazenadas em armários metálicos dentro de contentores embarcados nos LCS. O Centro de Guerra conseguiu capturar dados de localização dos itens com *tags* em tempo real transmitindo dados RFID por meio de satélites mesmo quando o navio operando no mar.

O LCS é menor do que fragatas da Marinha Americana e possui variadas funções, incluindo embarque e desembarque de carga em instalações portuárias. Os dois LCS atualmente em uso pela Marinha são carregados com recipientes de aço contendo prateleiras que armazenam distintas ferramentas (chaves e cabos elétricos) transferidas entre navios e instalações portuárias.

Com vistas a garantir a disponibilidade de itens a bordo, a Marinha incumbia aos seus marinheiros à contagem física e a realização manual de inventário de todos os itens armazenados nos contentores, no próprio navio ou no porto. Os processos de checagem e de inventário manual consumiam 32 horas antes do emprego do sistema RFID a bordo. Além do elevado tempo consumido, as condições para a realização de todos os processos eram severas. Os militares ficavam dentro de ambientes confinados e estreitos checando a quantidade de itens manualmente e registrando em papel. Com a solução RFID, o tempo de inventário reduziu para dois minutos.

Etiquetas passivas EPC Gen2 UHF RFID foram fixadas nos itens enquanto leitores foram instalados dentro de contentores. A tecnologia de comunicação via satélite permite o trâmite de dados lidos pelo sistema RFID com fluxo de informação entre base de apoio logístico e navio quando este último estiver no mar. Quando o navio estiver atracado, estabelece-se conexão *Wi-Fi* junto ao *software* desenvolvido de forma customizada para gerenciar os dados de leituras RFID remotamente. A solução RFID aplicada neste caso foi o *Mission Package Automated Inventory Information Inventory System* (MPAIIS).

O NSWC iniciou o desenvolvimento da solução RFID em 2008. Em 2011, realizou testes a bordo dos LCS. Foram aproximadamente dois anos de desenvolvimento, pesquisa e testes. Antes de adotar a solução a bordo, foram realizados

muitos testes de leitura com 50 tipos diferentes de etiquetas RFID (passivas, semi-ativas e ativas) em disposições espaciais distintas de um recipiente protótipo, buscando maximizar a cobertura de leitura. O NSWC estudava um sistema que fornecesse informações em tempo real, alocando leitores e antenas diretamente nos recipientes ao invés de montar um sistema que lesse etiquetas fixas às ferramentas que passassem por um portal RFID quando da entrada ou saída de itens do contentor (Figura 40).

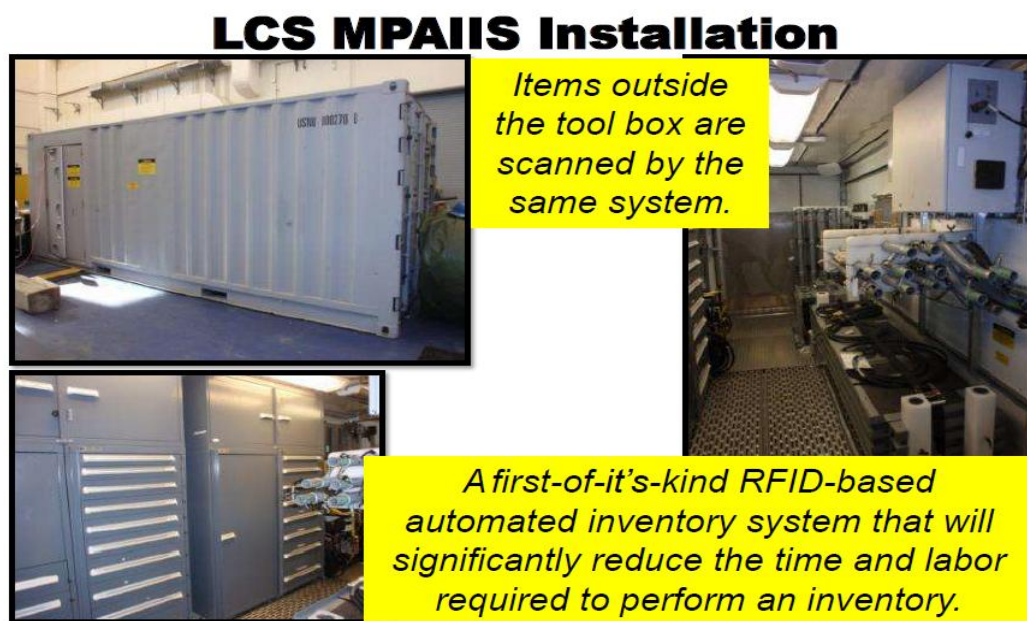


Figura 40: Contentores e prateleiras a bordo dos LSC
Fonte: Mabry (2012)

O NSWC desenvolveu o software visando atender requisito de visibilidade em tempo real. Sendo assim, o sistema efetua a leitura dos números de identificação das etiquetas, vincula os dados a itens específicos em estoque e fornecer uma lista completa de quais itens estão armazenados em determinado armário, dentro de um contentor específico, bem como sinaliza qual item foi retirado do armazém.

A infraestrutura adotada conta com etiquetas passivas EPC Gen2 UHF ligadas às ferramentas, leitores instalados no interior de cada contentor e antenas instaladas dentro dos armários de metal. Houve também especial preocupação com as etiquetas a serem empregadas nas ferramentas em função da constituição metálica dos itens, bem como formas de fixação que não dificultassem a utilização das ferramentas ou a degradação das etiquetas.

Em ferramentas específicas, as etiquetas foram embutidas no interior de um item. As etiquetas que prosperaram na aplicação do projeto foram as comercializadas pela Omni-ID e Confidex. Quatro leitores fixos ALR 9990 da Alien Technology foram instaladas no interior de cada contentor para captar número de identificação único de cada etiqueta e encaminhar os dados coletados para o sistema. Ainda sim, as informações coletadas são enviadas para terra (NSWC) por meio de comunicação por satélite. Ademais, dezesseis antenas montadas dentro dos armários metálicos. A Figura 41 demonstra a utilização de *tags* passivos nos testes realizados.

Supporting Technologies

Extensive Experimentation with Passive RFID Tags



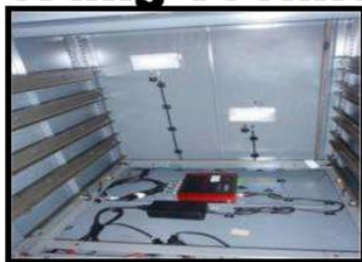
Figura 41: Suprimentos controlados com RFID

Fonte: Mabry (2012)

Ao realizar um inventário de itens armazenados dentro de um contentor, o militar utiliza o aplicativo de inventário para pesquisar com base em um item específico, todos os ativos em um único contentor ou todos os estoques pulverizados em distintos contentores a bordo de um determinado navio. O sistema exibe uma lista de produtos que devem estar armazenados em cada armário. O identificador de cada item é exibido em vermelho caso sua *tag* não seja lida; verde, se sua *tag* foi encontrada, ou azul, se algum item não registrado no sistema para aquela localização foi encontrado. O operador pode ainda pesquisar quaisquer itens no software visualizar uma vista explodida do item (foto). A Figura 42 ilustra o uso do SI no inventário.

Supporting Technologies

**Custom System
Designed by
NSWC PCD**



Inventory Application

**System Management
Application**

**NSWC PCD
Software to
Control the
System**

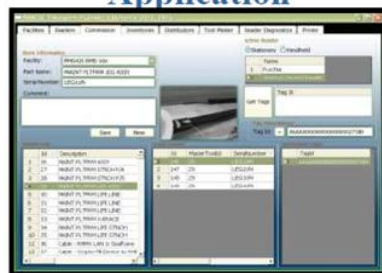
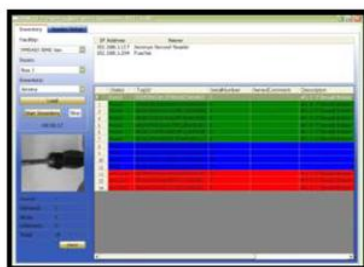


Figura 42: Softwares e infraestrutura de TI utilizados nos LSC
Fonte: Mabry (2012)

A equipe de inventário pode realizar inspeção visual no contentor para procurar um item em falta ou utilizar um leitor portátil para localizá-lo, selecionando o item específico no software e varrer ao ambiente com contador Geiger até localizar o item. Atualmente, o software dispõe de dois módulos: módulo de inventário e módulo de gerenciamento. Este último permite o funcionamento de leitores coletando identificadores de *tags* e os associando às descrições e às fotografias de ferramentas.

Com a adoção da solução RFID, os pesquisadores do NSWC estimam que a Marinha Americana economizará US\$ 14,5 milhões em custos de mão de obra empregada na realização de inventário de 500 contentores. Em uma moldura temporal de dez anos, culminaria em ROI de 3.000%. Além disso, a solução promove precisão de inventário de 96% em menos de dois minutos, podendo chegar a 100%. O montante de trabalho para realizar a contagem de estoque é reduzido em 99%. Tais indicadores estão ilustrados na Figura 43. Outro importante nicho a ser explorado é a utilização do MPAIIS para o ressuprimento automático de itens em navios, bem como a integração com o programa AIT (RFID JOURNAL, 2012a).

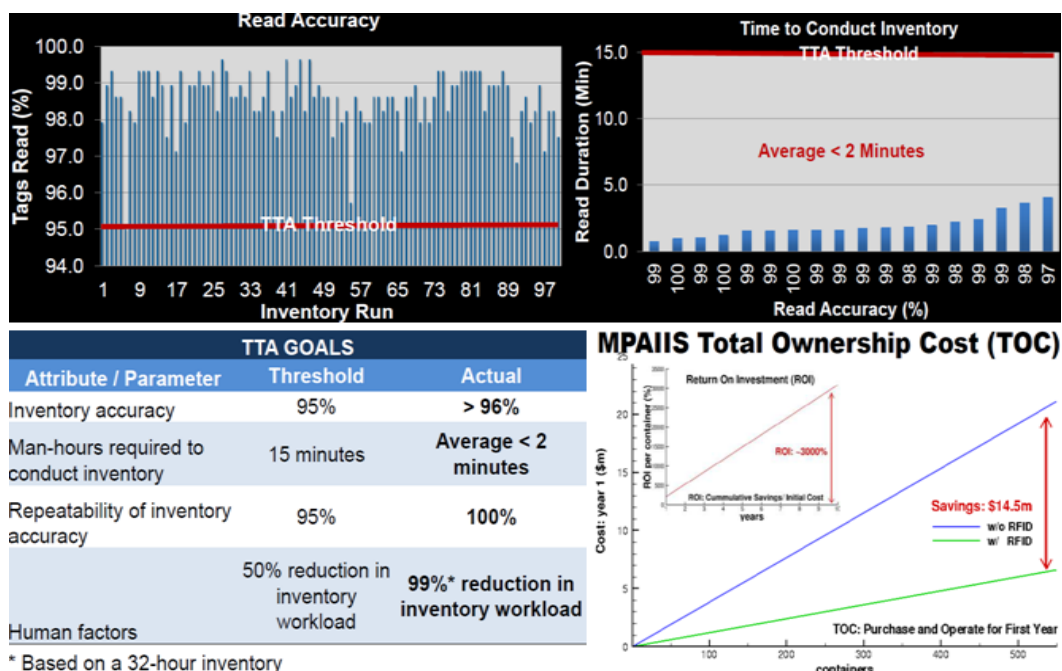


Figura 43: Resultados do projeto MPAIIS.
Fonte: Mabry (2012)

3.3.4. Desenvolvimento de aplicações RFID em metais

Não é parca a literatura sobre os efeitos negativos da aplicação RFID quando inserido em itens metálicos ou em ambientes metálicos (BAUER-REICH *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2013; FERRER *et al.*, 2010; SARAC, *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012; SON *et al.*, 2012).

Dois empecilhos imediatos residem em projetos customizados para atender tal requisito. A uma, a reflexão da energia para longe do *tag*. A duas, desajuste da antena do *tag* impossibilitando que este receba sinal de um leitor.

Embora existam tais empecilhos, a demanda pela utilização de projetos RFID para a gestão de ativos e controle de estoques de equipamentos e produtos feitos de metais impulsionou o desenvolvimento de soluções tanto nos provedores RFID quanto na academia (MERCER *et al.*, 2011).

Em face dos efeitos negativos de impedância sobre o circuito integrado no desempenho da leitura de *tag* UHF em superfícies metálicas, Tashi, Hasan e Hongnian (2011) sugerem o desenho da antena baseado em *Micro-strip patch antenna and planar inverted-F antenna* (PIFA), a fim de aumentar o desempenho do sistema RFID.

Koo *et al.* (2011) propõem um novo tipo de etiqueta UHF RFID, alterando a disposição da antena na etiqueta, a fim de melhorar o desempenho da leitura da etiqueta sobre superfícies metálicas. A título de exemplo, o alcance da etiqueta proposta pelos autores é cerca de três vezes maior do que um *tag* comercial (*Alien M-tag*), quando fixada cerca de 1mm de distância da superfície metálica.

Silva *et al.* (2012) estudam a melhor aplicação de sistema RFID UHF para a identificação automática de equipamentos metálicos que adentram um portal sobre quaisquer orientações físicas. A solução apresentada pelos pesquisadores baseia-se no emprego de *tags* UHF passivos (baixo custo), na técnica *multi-tag* combinada com espaçadores plásticos e espuma entre os *tags* e a superfície metálica, a fim de mitigar efeitos de interferência e dispor de taxas mais elevadas de leitura. A taxa de leitura alcançada foi de 100% para as condições do experimento. Isto posto o estudo contribuiu para demonstrar a possibilidade de rastreamento de equipamentos metálicos por meio de RFID com alta confiabilidade e baixo custo.

Bauer-Reich *et al.* (2012) propuseram a utilização de *tags on-metal* em materiais cuja permeabilidade é maior do que 1 (alta), a fim de induzir impedância junto à superfície metálica. O desempenho do *tag* foi melhor com a utilização de ferrite versus outros materiais de ferro ou ferromagnéticos. Tal projeto foi desenvolvido entre a Universidade da Dakota do Norte e a Marinha dos EUA para o programa AIT.

Sabesan *et al.* (2014) junto à Boeing e a provedora RFID Impinj demonstram um *Distributed Antenna System* - DAS RFID, normalmente utilizado para aumentar a cobertura da área de comunicação *wireless*, no alcance de erro zero na leitura de *tag on-metal*. Quatro antenas foram distribuídas sobre uma área 20 m x 15 m e 22 *tags on-metal* Impinj Monza4 foram colocados em 11 equipamentos alocados no espaço (dois *tags* em cada lado por equipamento).

De acordo com o *European EPC Competence Center* - ECCC, a taxa de leitura do *tag* RFID UHF passivo (EPC Gen2 e padrão ISO 18000-6C) aumentou em 20% desde 2012. Registra-se também o aumento da utilização de tal *tag* em ambientes desafiadores. Um dos *tags* EPC Gen2 mais utilizados é o *Higgs chips* da *Alien Technology*. A taxa de leitura do *tag* foi avaliada em duas situações: baseado em superfície metálica e não baseado, alcançando resultados favoráveis em ambos cenários (RFID JOURNAL, 2013e).

O RFID Journal (2013d) noticiou a fabricação e comercialização de *tags on-metal* disponíveis em uma ampla variedade de tamanhos e frequências, permitindo a empregabilidade do RFID em rastreamento de ativos constituídos de metais, em armazéns e ambientes metálicos.

Os *tags on-metal* são projetados para serem resistentes em ambientes com condições extremas, sendo empregados em setores de construção civil, mineradoras, produção e exploração de petróleo e gás para rastrearem peças, tubos, ferramentas e outros equipamentos (RFID JOURNAL, 2013d).

Ante aos estudos sobre o a utilização RFID em metais, permanece como desafio o pleno funcionamento das aplicações em ativos metálicos com pequenas dimensões, itens expostos a condições severas e a interferência física do *tag* no funcionamento do item. Os provedores RFID estão comercializando *tags* que incorporam fisicamente a estrutura do item metálico. Tais soluções são projetadas para controlar distintos ativos ao longo da cadeia de suprimentos, tais quais: equipamentos cirúrgicos, ferramentas portáteis, armamentos, postes metálicos, maquinário pesado exposto a extremas temperaturas e vibrações, vigas metálicas, tubos de petróleo e gás, válvulas, equipamentos agrícolas e industriais e parafusos utilizados na produção automotiva (RFID JOURNAL, 2013d).

Neste viés, a provedora americana de sistemas RFID *Technologies ROI* (TROI) afirma que a primeira solução engendrada é a utilização de *tags* sobre superfície metálica, porém o *tag* fica vulnerável quando utilizado em condições ambientais extremas. Logo, a incorporação do *tag* ao ativo assegura a integridade física do *tag* contra reações físico-químicas (RFID JOURNAL, 2013d).

A Figura 44 expõe uma solução da empresa TROI, o *tag passivo UHF RS-102 Adhesive-backed Large Pipe / Cylinder - RISER Tag*, o *tag* provê identificação automática e rastreamento de ativos localizados em condições ambientes extremas de temperatura e pressão. A etiqueta é facilmente montada em qualquer superfície metálica por ter perfil fino. As aplicações sugeridas para o *tag RS-102*: válvulas metálicas, contentores metálicos reutilizáveis, *pallets* metálicos, tubos metálicos, itens metálicos de alto valor agregado, aplicações aeroespaciais e militares.



Figura 44: Exemplos de tag on metal adhesive-backed large pipe / cylinder

Fonte: TROI (2013)

A Figura 45 demonstra outra solução TROI, os tags TROI STI-1 e STI-2 aplicados para incorporar objetos metálicos por meio de orifício em rosca do ativo. Desenvolvido para suportar extremas condições ambientais como temperaturas acima de 200°C e pressão. As aplicações sugeridas para os tags STI-1 e STI-2: contentores metálicos reutilizáveis, vasilhas metálicas, *pallets* metálicos, tubos metálicos, itens metálicos de alto valor agregado, aplicações aeroespaciais e militares.



Figura 45: Exemplos de tag on metal STI1 e STI2
Fonte: TROI (2013)

Por derradeiro, a Figura 46 explicita outros tags da TROI que são reconhecidos como soluções RFID para a aplicação de controle de ativos metálicos em distintas áreas, em especial em aplicações militares.

Cabled Tags



Banded Tags



Tie Tags



Welded Tags



Bolted Tags



Peel and Stick and /or Magnetic and /or Over Paint with AP-1 Epoxy Paint



Figura 46: Exemplos de tag on metal
Fonte: TROI (2013)

A provedora RFID *Alien Technology* projetou um *tag* passivo UHF RFID EPC Class1 Gen2 (padrão ISO 18000-6C) para ser utilizada em ambientes com condições adversas, exposto na Figura 47. A *tag Wonder Dog* (ALN – 9768) possui RFID *chip Higgs 4*. A *tag Wonder Dog* opera na frequência 840-960 MHz, apresenta baixo custo e é uma solução ideal para rastreamento de itens de metais. Em aplicações de controle de itens de consumo eletrônicos e automotivos, as *tags* são utilizadas com leitores portáteis com baixa potência de leitura. Ressalta-se que a *tag* não foi desenvolvida para ser aplicada diretamente na superfície metálica, mas deve ser fixada em embalagens plásticas que acondicionam o item metálico (RFID JOURNAL, 2014h).

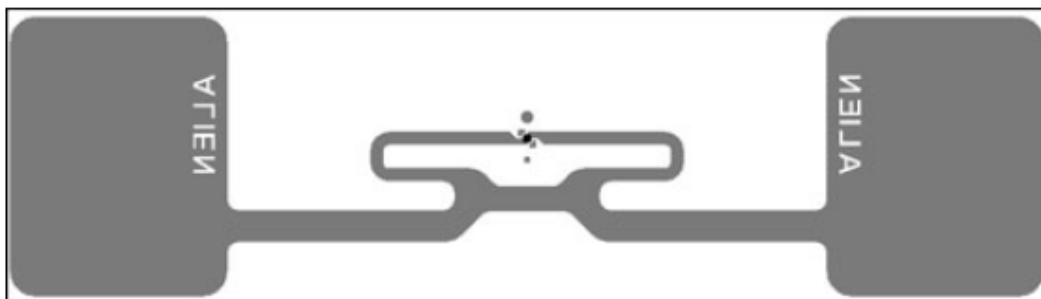


Figura 47: Tag Wonder Dog (ALN – 9768)
Fonte: RFID Journal (2014h)

Ante às necessidades de controle de itens metálicos com a utilização de RFID apresentadas por seus clientes, a provedora de RFID *Confidex* lançou uma etiqueta passiva RFID UHF EPC Class1 Gen2 (padrão ISO 18000-6C) com que possui como principais características sua confecção em impressoras, sua forma adesiva e a flexibilidade sobre metal conhecida como *Silverline*, exposta na Figura 48. A maioria das *tags on-metal* é inserida em protetores robustos destinados a protegê-las de condições ambientais severas ou separação da antena e do *chip* da *tag*, criando obstáculos para algumas aplicações, pois etiquetas rígidas geralmente não podem ser impressas usando uma impressora de codificação padrão, e só pode ser fixadas em superfícies planas (RFID JOURNAL, 2013c).



Figura 48: Etiqueta adesiva *on-metal* Silverline

Fonte: RFID Journal (2013c)

A etiqueta adesiva *Silverline* resiste a água, aos produtos químicos e a poeira. Mede 100 mm x 40 mm x 9 mm e possui alcance de leitura de até 4,5 metros. A etiqueta é projetada para ser fixada em equipamentos ou ferramentas metálicos, podendo ou não apresentar superfícies curvas. Ele suporta uma flexão com diâmetro de até 50 mm.

Atualmente, é crível que o custo de implementação de projeto RFID UHF para rastreamento de metais é mais caro do que um projeto destinado a rastrear calças ou bermudas jeans. Enquanto para este projeto o custo de etiquetas RFID UHF chega a quinze *cents* (US\$ 0.15), para aqueles cada etiqueta pode chegar a um dólar (US\$ 1.00) (RFID JOURNAL, 2012d).

A fim de verificar se projeto RFID UHF para rastreamento de itens metálicos é economicamente viável, RFID Journal (2012d) sugere o conhecimento da redução do tempo consumido na contagem de inventário e na localização de peças. Ter o incremento de disponibilidade de estoque proporcionado pelo melhor rastreamento, a priori, influenciaria na satisfação do cliente final (redução do tempo de espera na manutenção). No entanto, é difícil valorar economicamente tal aumento de satisfação.

Uma boa estimativa apregoada seria o investimento de 50.000 dólares em um sistema RFID UHF para proporcionar uma economia de 1.000 horas de trabalho anualmente (RFID JOURNAL, 2012d).

Quanto à disposição física de itens metálicos dentro de caixas, a sugestão é o acondicionamento de itens com grande quantidade de ar ou embalagem de espuma em torno das peças metálicas, facilitando assim a leitura das *tags*. Se as peças metálicas são dispostas dentro da caixa sob uma orientação específica, sugere-

se utilizar uma antena linear polarizada de forma a alinhar o feixe da antena com a direção das *tag* (horizontais ou verticais). Se as peças metálicas estão dispostas aleatoriamente, sugere-se utilizar uma antena circular polarizada (RFID JOURNAL, 2013h).

Após a revisão de pesquisas recentes e soluções de provedores RFID, serão elencados as aplicações RFID em indústrias e empresas cujo foco precípua é o controle e rastreamento de ativos metálicos.

Durante a 10ª Conferência Anual do RFID JOURNAL LIVE! 2012, Carn-duff (2012) apresentou soluções RFID utilizadas para localizar materiais em ambientes com condições climáticas severas. Dentre as razões apresentadas para sanar a ausência de visibilidade de estoques em tais empresas, cita-se o ganho na localização de peças feito (até 8 vezes mais rápido), redução de perda de material e redução do tempo consumido para identificar itens.



Figura 49: Utilização RFID em condições ambientais severas
Fonte: Carnduff (2012)

O grupo *Smartrac* anunciou o desenvolvimento de uma *tag* passiva EPC Gen2 UHF com baixo custo e estrutura simples, mas resistente a alta pressão e umidade. Utilizou-se o chip *Magnus S* que possui auto-ajuste capaz de manter o desempenho do *tag* na presença de metal. Este autoajuste promove dois benefícios: aumento da taxa de leitura e adaptação do circuito elétrico às alterações de temperatura e pressão ambiental. Outro benefício conjugados ao novo *tag*, a saber: possibilidade de compartilhamento de dados *on line* entre usuários garantindo

melhor qualidade dos dados; ausência de necessidade de manutenção da *tag* passiva que durarão bastante tempo sem imperativo de troca ou reparo (RFID JOURNAL, 2014i).

3.4.

Comentários e conclusões do capítulo

Ao longo do presente capítulo foram abordados temas contextualizados inerentes à tecnologia RFID. Aspectos de confiabilidade, rede, segurança, privacidade e interoperabilidade foram discutidos como pertinentes para uma avaliação de requisitos técnicos e econômicos de um projeto para a implantação da tecnologia de RFID em navios da MB, atendendo também a parte dos objetivos específicos deste trabalho.

Denominou-se como oportunidades de desenvolvimento e melhoria da tecnologia, nichos destacados pela literatura como desafios e óbices à adoção de um sistema RFID nos dias atuais: preço do *tag*, padrão único, maturidade da tecnologia, customização para o serviço e incerteza do ROI (fatores-chave para alcançar ROI positivo).

Demonstrou-se o desenvolvimento de pesquisas recentes que retratam avanços de questões preteritamente apontadas como barreiras para a viabilidade da adoção da RFID, não só como contraponto, mas também a fim de atender ao objetivo geral (oportunidades atuais orientadas pela busca da eficiência no SCM) e um dos objetivos específicos (avaliação de requisitos técnicos e econômicos).

A demonstração de benefícios oriundos da utilização da tecnologia também foi explorada como justificativas para a implantação do modelo futuro, sobretudo no cálculo e análise do ROI. Foram expostos benefícios proporcionados à cadeia como um todo, ao varejista e às operações de armazenagens. Os benefícios não foram segregados por se entender que o gerenciamento integrado da cadeia de suprimentos abrange todos os tipos de benefícios aplicados à logística.

Em que pese haver um detalhamento de benefícios incorridos em varejistas, tal referencial segue a visão integrada da cadeia de suprimentos. Por fim, os benefícios listados coadunam-se com o objetivo geral de discorrer sobre a análise dos benefícios orientados a melhoria da eficiência na estrutura logística da CSS a bordo das Fragatas Classe “Niterói”, em especial aos óbices visualizados nesta cadeia.

Sob a égide da contextualização da tecnologia, foi efetuada revisão de literatura especializada da aplicação RFID em diversos setores de negócios. Para fins específicos deste trabalho, registrou-se a tecnologia no gerenciamento de cadeias de suprimentos e à jusante (varejistas); aplicações no SCM militar, sublinhando o controle de estoques de itens de sobressalentes ou itens similares; e aplicações em itens e equipamentos metálicos.

Ao relatar aplicações RFID bem sucedidas que se assemelhem ao escopo deste trabalho pavimenta-se o alcance dos objetivos específicos acerca de evidenciar o ganho em custo de mão de obra nas operações de armazenagem e o incremento da precisão de inventário em cada varejista (navio) após a implantação da tecnologia de RFID nas Fragatas Classe Niterói da MB.