



Marcus Falcão Moreira

**Uso de RFID na gestão de artigos retornáveis
em cadeias de distribuição tipo closed-loop**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Fabrício Carlos P. de Oliveira

Rio de Janeiro
Novembro de 2013



Marcus Falcão Moreira

**Uso de RFID na gestão de artigos retornáveis em cadeias
de distribuição tipo closed-loop**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Fabrício Carlos P. de Oliveira

Orientador e Presidente

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Hannes Winkler

Fraunhofer IML

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de novembro de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor, do orientador e da universidade.

Marcus Falcão Moreira

Graduado em Informática e pós-graduado em Engenharia Econômica e Administração Industrial pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, com MBA Executivo pelo IBMEC-RJ. Iniciou sua carreira no Departamento de Informática da Supergasbras, empresa do Grupo holandês SHV, onde ocupa atualmente a posição de Diretor de TI e Serviços. Exerceu por quatro anos a função de Chief Information officer nas empresas do grupo SHV na Holanda e na França. Ocupou também posições executivas nas áreas de RH, Processos e Informações Gerenciais.

Ficha Catalográfica

Moreira, Marcus Falcão

Uso de RFID na gestão de artigos retornáveis em cadeias de distribuição tipo closed-loop / Marcus Falcão Moreira; orientador: Fabrício Carlos P. de Oliveira. – 2013.

100 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2013.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Cadeiras de suprimento fechadas. 3. RFID. 4. Artigos retornáveis. 5. GLP. I. Oliveira, Fabrício Carlos P. de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

A meus pais, pelos valores

A minha esposa, pelo apoio incondicional

Aos meus filhos, pela motivação e dever do exemplo

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Fabrício Oliveira, pelo apoio e compromisso.

A Supergasbras Energia pelo auxílio financeiro.

Resumo

Moreira, Marcus Falcão; Oliveira, Fabrício Carlos P. de (Orientador). **Uso de RFID na gestão de artigos retornáveis em cadeias de distribuição tipo closed-loop**. Rio de Janeiro, 2013. 100p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A preocupação com o esgotamento de recursos naturais, acrescida de legislações cada vez mais restritivas no descarte de materiais, fez com que modelos de negócio baseados na reutilização de itens ganhassem força em comparação aos baseados em descarte. Nas cadeias de distribuição do tipo closed-loop, a gestão de itens retornáveis permanece como ponto de grande preocupação para seus gestores, dados os altos investimentos realizados nestas populações, contrastando com a relativa baixa atenção dada ao desenvolvimento de técnicas de gestão. O controle individual de itens retornáveis com a utilização de tecnologias como identificação por radiofrequência (RFID) mostra-se como a solução para alguns destes desafios. O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade desta aplicação dado o atual estágio de maturidade da tecnologia RFID, identificar os fatores críticos de sucesso através da análise de estudos de caso envolvendo aplicações similares, e propor uma abordagem integrada para a indústria de distribuição de gás liquefeito de petróleo (GLP) no mercado brasileiro. Tendo a tecnologia atingido um grau adequado de maturidade, com soluções integradas disponíveis no mercado, os principais desafios deste tipo de aplicação passam a envolver questões organizacionais, como a gestão da mudança, similarmente à implantação de tecnologias bastante maduras, como sistemas de gestão integrados.

Palavras-chave

Cadeias de Suprimento Fechadas; RFID; Artigos Retornáveis; GLP.

Abstract

Moreira, Marcus Falcão; Oliveira, Fabrício Carlos P. de (Advisor). **The use of RFID in the management of returnable assets in closed-loop supply chains.** Rio de Janeiro, 2013. 100p. MSc Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Concerns with the exhaustion of natural resources, combined with growing legal restrictions on waste disposal, has drawn attention to business models based on the reutilization of items, in comparison with the disposal-based models. In closed-loop supply chains, the management of returnable items remains as a major challenge for its leaders, due to the significant investments made on these populations, contrasting with the relatively low attention given to the development of management practices in this area. The individual control of returnable items with the use of the radio frequency identification (RFID) technology emerges as a possible solution for these challenges. The objectives of this research are to evaluate the current maturity level of the RFID technology, identify critical success factors through the analysis of related case studies, and propose an integrated approach for the liquefied petroleum gas (LPG) distribution industry in Brazil. Having reached a satisfactory maturity level, with integrated solutions available in the marketplace, the main challenges of such applications move towards organizational issues, as change management, similar to the implementation of more mature technologies, such as enterprise resource planning systems.

Sumário

1. Introdução	12
2. Contextualização	16
2.1. Logística Reversa	16
2.2. Cadeias de Suprimento do tipo <i>Closed-Loop</i> (CLSC)	18
2.3. Artigos reutilizáveis em CLSC	20
2.3.1. Tipologia	21
2.3.2. Características	23
2.4. O fluxo de informações em CLSCs	25
3. A Tecnologia RFID	27
3.1. Histórico	28
3.2. Características	28
3.3. Vantagens e desvantagens da tecnologia RFID	31
3.3.1. Benefícios da tecnologia RFID	32
3.3.2. Custos	34
3.3.3. Padrões	36
3.3.4. Segurança e Privacidade	39
3.4. Aplicação de RFID na Logística e em CLSCs	41
4. Os desafios na gestão de ativos retornáveis em CLSC envolvendo RAs	44
5. Estudo de Casos	49
5.1. Caso White Martins	49
5.2. Caso Heineken: “ <i>The Chip in Crate</i> ”	54
5.3. Caso Arla Foods Group	60
5.4. Caso Ecomovistand	63
5.5. Considerações	67
6. Proposta de aplicação na indústria do gás liquefeito de petróleo no Brasil	72
6.1. Apresentação da Indústria de GLP	72
6.2. O histórico do problema da requalificação	75
6.3. Motivadores do estudo	77
6.4. Proposta de Solução	77
6.4.1. Comprovação da aplicabilidade da teoria no caso do mercado de GLP	79
6.4.2. Descrição da Solução	80
6.5. Análise de impacto nos agentes envolvidos	84
6.5.1. Governo e órgãos reguladores	84
6.5.2. Empresas distribuidoras	84
6.5.3. Consumidores	86
6.6. Considerações sobre potencial de ganho	86
6.7. Considerações finais sobre o caso	92

7. Conclusão	93
Referências bibliográficas	95

Lista de figuras

Figura 1: Visão Integrada da Cadeia de Distribuição	19
Figura 2: Topologias estrela e multidepósitos	24
Figura 3: Framework para SCM	25
Figura 4: Visão da arquitetura de padrões EPC	39
Figura 5: Gartner <i>Hype Cycle</i> para Gestão de Cadeias de Suprimentos	42
Figura 6: Modelo de gestão para artigos retornáveis	44
Figura 7: Partes de uma cadeia de distribuição de artigos retornáveis	47
Figura 8: A Cadeia de Distribuição de Gases Industriais	52
Figura 9: O ciclo fechado de engradados	56
Figura 10: percentual semanal de retorno de engradados	59
Figura 11: Cadeia e pontos de identificação de roll <i>containers</i> – Arla Foods	62
Figura 12: MT em suas diversas posições	65
Figura 13: MT em exposição no ponto de venda	65
Figura 14: A cadeia de distribuição do GLP envasado	73
Figura 15: Aplicação da marca no botijão de GLP	74
Figura 16: Market share	78
Figura 17: Preços do botijão de 13Kg: absoluto e relativo ao salário mínimo	78
Figura 18: Pontos de leitura na cadeia	82
Figura 19: Ganhos percentuais com 95% de probabilidade	89
Figura 20: Ganhos em R\$/ton com 95% de probabilidade	90
Figura 21: Análise de sensibilidade dos efeitos do RFID	91
Figura 22: Dominância estocástica entre as opções	91

Lista de tabelas

Tabela 1: Características Etiquetas Ativas e Passivas	29
Tabela 2: Características das diversas frequências	30
Tabela 3: Características do RFID versus Códigos de Barra	33
Tabela 4: Proposta Padrões EPC Global	38
Tabela 5: Processo de gestão de cadeias de suprimentos e os benefícios do RFID	43
Tabela 6: Casos de uso de RFID na indústria de GLP ou gases industriais	68
Tabela 7: Valores referência para cálculo dos benefícios	87
Tabela 8: Parâmetros e faixas de valores para simulação	88
Tabela 9: Impactos do uso do RFID	88

Introdução

Cadeias de suprimento tradicionais referem-se à movimentação de produtos do fabricante ao consumidor, passando pelos seus mais variados elos. Por questões como devolução, manutenção, fim de vida útil, descarte ou reciclagem, há, em muitos casos, um fluxo de produtos ou materiais na direção contrária, do consumidor ao produtor. As cadeias do tipo *closed-loop* (*closed-loop supply chains* – CLSC) caracterizam-se pela integração entre a cadeia de suprimentos tradicional (*forward supply-chain*) e este fluxo inverso de materiais (*reverse supply-chain*), normalmente com a intenção de captura adicional de valor (Guide *et al.*, 2003).

Neste tipo de cadeia, cresceu significativamente a utilização de artigos retornáveis (RA – *Returnable Articles*), principalmente envolvendo embalagens primárias como barris, tonéis garrafas e botijões, e secundárias, como *pallets*, engradados ou containers. Além das questões ambientais e legais, limitadoras dos modelos baseados em descarte, o uso de artigos retornáveis traz benefícios operacionais como melhor proteção para produtos, melhoria no ambiente de trabalho, otimização da cubagem e manuseio em armazéns ou redução da quantidade de material de embalagem (Twede e Clarke, 2008).

Entretanto, esta prática também trouxe novos desafios para os gestores: de maior valor unitário, estes itens são vulneráveis a roubo, perdas, quebras ou simplesmente mau uso ou descaso quando utilizados pelos demais atores da cadeia. Pela baixa visibilidade à que estes artigos retornáveis se submetem em partes da cadeia, há um grau de incerteza em informações chave como tempo de ciclo ou taxa média de retorno. Sendo críticos na produção e distribuição de produtos, as empresas minimizam as consequências negativas desta falta de informação através do superdimensionamento da população necessária, acarretando em maiores investimentos e custos extras associados (Hellström, 2009). Em pesquisa realizada com 233 empresas pelo Aberdeen Group (2004), 35% dos respondentes afirmou perder 10% ou mais do total de sua população de artigos retornáveis anualmente. Os valores unitários, muitas vezes significativos, e

o tamanho destas populações de RAs, tornam o problema extremamente relevante, fazendo com que o capital investido, tanto inicialmente como em sua manutenção, seja de grande monta. Estima-se em quatro bilhões a população total mundial de *pallets* de madeira usados no transporte de mercadorias, a um preço médio conservador de US\$ 10, sendo produzidas 400 milhões de novas unidades a cada ano (Ray *et al.* 2006, *apud* Ilic *et al.* 2009). No mercado brasileiro de distribuição de gás liquefeito de petróleo (GLP) circulam mais de 107 milhões de botijões, totalizando algo em torno de R\$ 8,5 bilhões em ativos (Sindigás, 2012). Este é um dos casos, dentre vários, onde o valor da embalagem retornável até mesmo excede o valor do produto.

Johansson e Hellström (2007) propõem o controle individual destes RAs como solução. Estes sistemas de monitoramento são necessários para controlar como e quando RAs se movimentam, bem como gerenciar sua oferta em relação à demanda das linhas de produção. Neste contexto, a tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID – *Radio Frequency Identification*) surge como alternativa para implementação deste monitoramento. Nome genérico dado a tecnologias que fazem uso de ondas de rádio para a transferência de dados entre um leitor e uma etiqueta eletrônica colocada em um item, visando à sua identificação, o RFID tomou força com o movimento realizado pelos líderes da indústria de varejo, criando um círculo virtuoso de redução de custos e evolução tecnológica. Grandes multinacionais como Wal-Mart, Tesco, Carrefour, Metro e Marks & Spencer anunciaram iniciativas relacionadas ao seu uso, tendo algumas delas imposto aos seus principais fornecedores o uso de etiquetas RFID em embalagens e materiais de transporte (Roberti, 2011).

Ainda questionada em alguns contextos devido a problemas tanto de custo como operacionais, o uso da tecnologia RFID no controle individual de itens retornáveis em cadeias do tipo *closed-loop* é proposto em inúmeros trabalhos acadêmicos, tendo sido amplamente comprovada sua viabilidade técnica e econômica nesta aplicação específica (Throe *et al.*, 2009; Ilic *et al.*, 2009; Carraco-Galego *et al.*, 2009; Hellström, 2009). Alguns fatores pesam positivamente para o sucesso desta tecnologia nestes casos: a possibilidade da diluição do custo inicial pelo ciclo de vida mais longo característico dos RAs, o número limitado de agentes na cadeia, por se tratar de uma cadeia fechada, simplificando problemas como padrão da informação ou confidencialidade, e o

custo relativo da tecnologia face ao investimento existente nas populações de ativos. Outro fator chave trazido pelo crescimento do número de aplicações foi o amadurecimento desta tecnologia, viabilizando no mercado empresas com soluções tecnicamente comprovadas para os mais variados problemas, como uso em ambientes predominantemente metálicos ou envolvendo líquidos.

Entretanto, a quantidade de trabalhos acadêmicos contrasta com a número de empresas que realmente levaram estes pilotos adiante, fazendo uso desta solução em escala de produção. Não sendo o custo ou a tecnologia em si as barreiras na aplicação de RFID, outros fatores menos tangíveis (*soft issues*) merecem ser investigados, como a gestão da mudança ou comportamento dos demais atores da cadeia, gestão da informação e seu fluxo nos diversos elos, ou o impacto do uso da tecnologia nos processos de negócio (Hellstrom e Johansson, 2007, 2010; Attaran, 2012). Similarmente a problemas enfrentados na implantação de outras tecnologias, mesmo em estágio de amadurecimento mais avançado, como Sistemas de Gestão Empresarial (*Enterprise Resource Planning - ERP*), os fatores críticos de sucesso destes projetos transcendem os desafios tecnológicos envolvidos.

Apesar do vasto conteúdo acadêmico já citado, descrevendo projetos e implantações-piloto do uso da tecnologia RFID no monitoramento de artigos retornáveis em cadeias tipo *closed-loop*, pouco material foi produzido sobre a continuidade destes pilotos ou, nos casos de interrupção, como estas empresas estão enfrentando os desafios na gestão destes ativos. Através de uma análise de casos selecionados, esta dissertação objetiva mostrar uma clara evolução da tecnologia neste tipo de aplicação, comprovando não apenas que os principais desafios tecnológicos foram vencidos, mas também validando a importância dos fatores organizacionais para o sucesso destes projetos.

Uma compilação dos principais fatores críticos é usada como base para uma proposta de aplicação no mercado de distribuição de GLP no Brasil. Fatores econômicos, legais e de segurança, fazem com que os principais atores deste segmento, bem como os órgãos governamentais responsáveis pela sua regulamentação, procurem alternativas para o controle efetivo dos mais de 107 milhões de botijões que hoje circulam em 98% dos lares brasileiros (Sindigás, 2012).

Esta dissertação se encontra estruturada da seguinte forma. No Capítulo 2, são revisados os conceitos de logística reversa, das cadeias de suprimento do tipo *closed-loop* e do uso de artigos reutilizáveis nas mesmas. Também neste capítulo é analisada a importância do fluxo de informações na gestão destas cadeias. Em seguida, no Capítulo 3, é apresentada uma visão da tecnologia RFID, suas características, vantagens e principais desafios, focando nos avanços alcançados mais recentemente, com breve descrição das aplicações desta tecnologia na logística. Os principais desafios enfrentados na gestão de artigos retornáveis em CLSCs são abordados no Capítulo 4.

No Capítulo 5 são analisados quatro casos representativos da evolução da aplicação da tecnologia no contexto citado, com a compilação de fatores críticos de sucesso neste novo cenário, onde a tecnologia passa de inibidor de projetos relativamente simples de gestão de cilindros no mercado de gases industriais, a viabilizador de um modelo de negócios inovador no mercado de distribuição de produtos perecíveis.

A aplicação destes fatores críticos no uso de RFID na gestão de botijões na distribuição de GLP no mercado brasileiro segue no Capítulo 6, com o fechamento do trabalho no Capítulo 7.

2

Contextualização

Neste capítulo são revisados os principais conceitos e definições envolvendo logística reversa e as cadeias de suprimento do tipo *closed-loop*. Em seguida, é apresentada a tipologia selecionada para artigos retornáveis – produtos em si, embalagens primárias e secundárias – e os principais motivadores e características do uso destes artigos nestas cadeias. Ao final, é abordado o papel da gestão da informação neste contexto.

2.1

Logística Reversa

“Pelo suor do teu rosto comerás o teu pão, até que te tornes à terra; porque dela foste tomado; porquanto és pó e ao pó te tornarás.”

Genesis 3:19

Apesar de haver despertado o interesse da comunidade científica mais fortemente a partir do início da década de 1990, de Britto e Dekker (2003), com certo grau de irreverência, retroagem à Genesis para constatar que o conceito de fluxos reversos de materiais sempre permeou a realidade das cadeias de suprimento. Comercialização de leite em garrafas de vidro retornáveis, comércio de sucata metálica ou de papel são alguns dos exemplos citados. Já em meados do século 19, discutia-se academicamente o retorno de mercadorias provenientes de comerciantes atacadistas (Terry, 1869 *apud* Tibben-Lemke, 2002).

Uma das primeiras definições de logística reversa foi proposta por Lambert e Stock (1981) descrevendo-a como um fluxo de materiais na “contra-mão de uma avenida de mão única”, já que a maioria dos fluxos de materiais das cadeias de suprimento seguiam do produtor ao consumidor.

A partir da década de 90, estudos começam a identificar estes fluxos reversos como uma potencial fonte de geração de valor. Nesta direção, Rogers e Tibben-Lembke (1999, 2002) definem a logística reversa como a movimentação de produtos ou materiais na direção oposta à originariamente concebida, com o

objetivo de criação ou recaptura de valor, ou para fins de descarte apropriado, podendo envolver tanto produtos como embalagens.

A logística reversa, como disciplina, adquiriu um perfil mais amplo com aumento da complexidade das interações entre os diversos atores das cadeias de distribuição. Bernon e Cullen (2007) propõem um grupo de fatores que contribuíram para o aumento dos fluxos reversos de materiais. Dentre eles, destacam-se:

- . Variabilidade e baixa previsibilidade na demanda em cadeias de distribuição do tipo *push*, onde produtos são fabricados ou montados em lotes, em antecipação à demanda, e são posicionados na cadeia de suprimento em pontos intermediários entre as diversas funções ou entidades, criando “pulmões” ou estoques (Christopher, 1992);
- . Promoções em mercados de produtos de giro rápido (*fast moving consumer goods*);
- . Introdução constante de novos produtos, como, por exemplo, na indústria da música ou entretenimento (lançamento de CDs ou DVDs);
- . Refinamento da oferta, através do aumento na gama de modelos;
- . Ciclo de vida de produtos cada vez mais curtos, como na indústria de alta tecnologia;
- . Alta disponibilidade na prateleira, indicador crítico para indústria de varejo;
- . Fatores regulatórios, com políticas cada vez mais restritivas para as empresas;
- . Gestão de fluxo de caixa e capital de giro, forçando a otimização de estoques;
- . Políticas de defesa do consumidor cada vez mais flexíveis, garantindo direitos como a troca de produtos sem motivo específico, mesmo na ausência de defeitos. Estes itens, normalmente, não podem ser recolocados à venda, dado o manuseio que sofreram ou, no mínimo, à violação da embalagem original.

Rogers e Tibben-Lembke (2001) alertaram para este impacto crescente, estimando em 0,5% do PIB (produto interno bruto) americano os custos relacionados à logística reversa no início dos anos 2000. Para alguns setores específicos, como na indústria de autopeças, esta relevância é ainda maior: em 1998, estimava-se que de 90 a 95% de todos os motores de partida e alternadores vendidos para reposição eram reconicionados. No setor de varejo, também nos Estados Unidos, em média, 6% de todos os produtos vendidos são devolvidos (Rogers e Tibben-Lembke, 2001).

Outro fator que contribuiu fortemente para o aumento do interesse na gestão destes fluxos reversos foi a crescente rigidez da legislação ambiental, principalmente na União Europeia. Este movimento impactou também empresas fora desta zona geográfica, uma vez que exportadores que visassem o mercado europeu deveriam se submeter às mesmas legislações e tornar seus processos ambientalmente responsáveis, incluindo aspectos de reciclar e descarte (Visich, 2007).

Os desafios apresentados forçaram as empresas a desenvolver novos modelos de negócio ou novas abordagens para os ciclos de vida de seus produtos, levando em consideração os crescentes fluxos reversos, aliado às novas restrições impostas por uma sociedade mais sustentável (Guide *et al.*, 2003). Parte desta resposta é trazida pela integração dos fluxos direto e reverso das cadeias chamadas fechadas (*closed-loop*), aliada a evolução de seus processos e suas práticas de gestão.

2.2

Cadeias de Suprimento do tipo *Closed-Loop* (CLSC)

As cadeias chamadas de ciclo fechado (*closed-loop supply chains* – CLSC) caracterizam-se pela integração entre a cadeia de suprimentos tradicional (*forward supply-chain*) e este fluxo inverso de materiais, descrito como logística reversa. (Guide *et al.*, 2003).

A Figura 1 apresenta esta visão integrada de uma cadeia de suprimento, descrevendo as atividades relacionadas ao fluxo de retorno. Produtos e componentes retornados podem ser descartados, recuperados, reutilizados ou simplesmente revendidos. As opções são apresentadas em ordem de grau de

necessidade de desmontagem (ou destruição) do produto ou componentes originais.

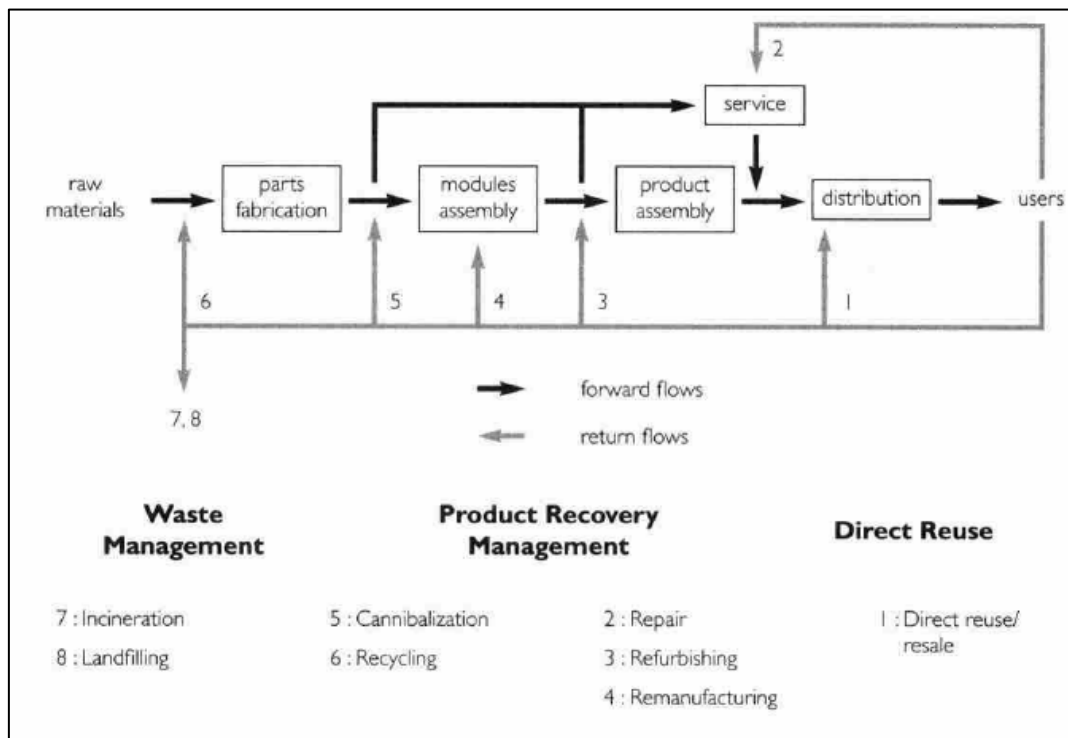


Figura 1: Visão Integrada da Cadeia de Distribuição
(Fonte: Thierry *et al.*, 1995)

Flapper *et al.* (2005) propõem a seguinte segmentação para os diversos tipos fluxos reversos que podem caracterizar uma CLSC:

- Retornos comerciais: quando há um fluxo reverso de materiais motivado por questões comerciais, como fim da temporada para produtos sazonais, ou devolução por parte do cliente sem motivação específica, como defeito ou quebra, especialmente no mercado eletrônico realizado via internet;
- Retornos vinculados à distribuição: quando há um fluxo reverso de materiais vinculado as atividades de transporte ou distribuição, como embalagens retornáveis, containers, *pallets* ou engradados, dentre outros.
- Retornos vinculados à produção: quando há a possibilidade de reciclagem de matéria prima, ou quando há excesso de subprodutos no processo produtivo, mas possuem valor comercial, como na indústria farmacêutica.
- Retornos vinculados à manutenção ou troca: motivados por defeitos ou simplesmente manutenção durante a vida útil do produto.

- . Retornos devido ao fim do uso do produto: muito comum em contratos de leasing ou aluguel de equipamentos de alto valor agregado, como impressoras multifuncionais de alta performance ou centrais telefônicas.
- . Retornos ao fim da vida-útil: comum na indústria de eletrodoméstico de linha-branca como geladeiras ou máquinas de lavar, muitas vezes motivados por legislações ambientais.

A competição global, ciclos de vida de produtos cada vez mais curtos, expansão da legislação ambiental e o aumento do poder do consumidor contribuíram para um aumento dos fluxos reversos de produtos e sua complexidade. Guide *et al.* (2003) afirmam que as empresas precisarão aliar um modelo de negócios viável às restrições impostas pelos fatores citados, para que haja captura significativa do valor existente nas CLSCs, só sendo possível através de uma visão integrada dos fluxos – tradicionais e reversos, e demais atividades associadas.

Esta nova realidade é retratada por Guide e Van Wassenhove (2009), quando definem a gestão de CLSCs como o desenho, controle e operação de um sistema visando a maximizar a criação de valor durante todo o ciclo de vida de um produto, com uma recuperação dinâmica de valor dos diversos tipos e quantidades de retornos no tempo. Esta nova definição demonstra um redirecionamento para o negócio (*business driven*), onde anteriormente havia um foco maior na área operacional.

2.3

Artigos reutilizáveis em CLSC

Dos diversos tipos de fluxos reversos existentes em cadeias de distribuição do tipo *closed-loop*, um deles especificamente, o de retornos vinculados à distribuição (artigos retornáveis ou reutilizáveis), destaca-se por seu alto potencial de crescimento em um futuro próximo (Carrasco-Galego *et al.*, 2009). Com o aumento da preocupação em relação ao esgotamento de recursos naturais, aliado a uma legislação ambiental rígida no que tange o descarte de materiais, muitas empresas vem migrando (ou estudam a possibilidade de migrar) de um modelo de

negócio baseado no “uso-e-descarte” para um modelo baseado na reutilização. Esta abordagem pode envolver materiais de transporte ou embalagem (embalagens primárias e secundárias), bem como outros artigos, como ferramentas de uso breve, ou instrumentos de custo unitário relativamente baixo. No longo prazo, os itens passíveis de reutilização trazem economias nos custos de aquisição, mesmo considerando-se que o seu custo unitário normalmente é mais elevado do que o item descartável. Em contrapartida, este modelo de negócio traz custos adicionais de transporte, recondicionamento e gestão da cadeia CLSC. Quão mais eficientes forem estas práticas de gestão e os transportes associados ao fluxo reverso, mais interessante é o modelo baseado em reutilização.

Em seguida, será apresentada uma definição para o termo “artigo reutilizável”, suas características, uma subdivisão em diferentes categorias e serão identificados os principais desafios enfrentados por gestores na operação de cadeias de distribuição do tipo *closed-loop* envolvendo estes itens. Ao final, é ressaltada a importância da informação na gestão destes itens em cadeias CLSCs, chave para o sucesso dos modelos de negócio baseados em reutilização.

2.3.1

Tipologia

O termo **artigo reutilizável** (*reusable article* - RA) refere-se a produtos que servirão a usuários distintos repetidas vezes em uma cadeia de suprimentos. O período de cada uma destas utilizações é relativamente curto se comparado à vida útil deste produto, não causando deterioração significativa ao mesmo. Após cada utilização, este artigo deverá retornar a um local adequado para tornar-se disponível para a próxima utilização. Eventualmente, algum tipo de recondicionamento será necessário para que o bem volte a ter condições seguras de reutilização, envolvendo apenas operações de baixa complexidade, que não interrompam de forma prolongada o fluxo, como inspeção, limpeza ou pequenos reparos. Após esta atividade, o artigo reutilizável é reintroduzido na cadeia (CLSC) para múltiplos ciclos (Carrasco-Gallego *et al.*, 2009, 2012).

Os autores propõem a seguinte classificação para artigos reutilizáveis:

- Itens de transporte retornáveis (RTI – *Returnable Transportation Items*);
- Material de embalagem retornável (RPM – *Returnable Packing Material*);
- Produtos reutilizáveis (RP – *Reusable Products*).

Os **itens de transporte retornáveis (RTI)** são a designação do material de embalagem secundário ou terciário, ou seja, que não estão em contato direto com o produto final. São utilizados para o agrupamento de itens, visando a facilitar o manuseio e o transporte na cadeia de suprimentos, e são posteriormente retornados para reutilização. São exemplos de RTIs os *pallets*, engradados, gaiolas rolantes, caixas plásticas, araras metálicas ou *containers* marítimos. Na maior parte das vezes são utilizados em transações entre empresas (*B2B – Business-to-Business*). Tendem também a se submeter a algum tipo de padronização, facilitando seu uso em diversos nós de variadas cadeias de suprimento.

Já o **material de embalagem retornável (RPM)** está diretamente em contato com o produto final, sendo considerada embalagem primária. Exemplos incluem garrafas retornáveis de bebidas como refrigerantes ou cerveja, *containers* para produtos químicos, botijões de gás, gaiolas para transporte de equipamentos pesados, barris ou tonéis para diversos fins, garrafas de vidro ou até mesmo cartuchos de tinta para impressoras. Por questões de diferenciação de marca ou motivos técnicos, estas embalagens tendem a ter uma maior variabilidade de tipos e tamanhos.

Produtos reutilizáveis (RP) estão na terceira categoria, tratando-se do objeto de uso em si, mas que pode ser reutilizado por diversos usuários. São exemplos de RP cadeiras de rodas ou outros equipamentos médicos em hospitais, ferramentas de manutenção ou equipamentos de esqui para aluguel. Esta classificação não está relacionada ao produto em si, mas ao objetivo a que o produto se destina. Bicicletas de uso compartilhado, hoje famosas em grandes cidades como Paris ou Rio de Janeiro são considerados RPs, diferentemente de bicicletas de uso pessoal. Tendem a possuir um valor unitário maior que os itens das classes anteriores e, muitas vezes, requerem atividades de recondicionamento um pouco mais complexas (esterilização de instrumentos cirúrgicos, por exemplo).

2.3.2

Características

Algumas características fazem com que as CLSC de artigos retornáveis se distingam de outros tipos de cadeias fechadas (Woodward, 1965 *apud* Carrasco-Galego *et al.*, 2009; Carrasco-Galego e Ponce-Cueto, 2010a):

- . Artigos novos ou reutilizados são substitutos perfeitos. Ambos têm o mesmo custo de comercialização e proveem a mesma funcionalidade, sendo, normalmente, indistinguíveis para o consumidor final.
- . Atividades de acondicionamento simples e rápidas são suficientes para a reutilização na cadeia de suprimentos, não havendo necessidade de desmonte. São atividades como inspeção, testes, limpeza, pequenos reparos, enchimento ou esterilização. Muitos artigos podem ser diretamente reutilizados após retorno aos locais adequados. Os custos envolvidos nestas atividades são reduzidos se comparados aos custos de aquisição do item.
- . A fração de artigos que retorna aos pontos primários é alta, mesmo que haja alguma perda por quebra ou extravio durante os fluxos na CLSC. Normalmente esta taxa de retorno é maior do que 80%, podendo chegar a percentuais próximos a 100%.
- . A quantidade de artigos retornáveis em cadeias do tipo CLSC tende a ser grande (RPs) a muito grandes (RPMs e RTIs). Desta forma, mesmo quando o valor unitário de cada artigo for relativamente baixo, o universo completo destes artigos em uma cadeia específica envolverá investimentos significativos.
- . Apesar das altas taxas de retorno, a empresa focal, proprietária do artigo, tem pouco ou nenhum controle sobre seus artigos retornáveis em algumas partes do ciclo, devido as suas características de compartilhamento por diversos atores da cadeia e sua mobilidade.

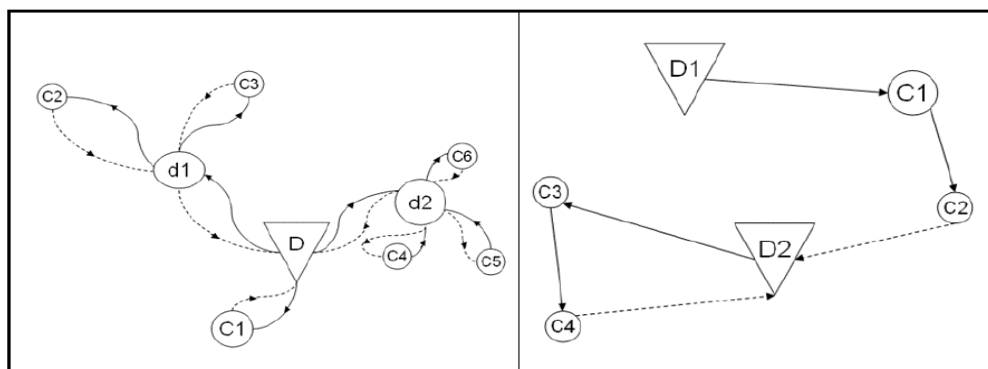


Figura 2: Topologias estrela e multidepósitos
(Fonte: Carrasco-Galego *et al.*, 2009)

Dependendo da configuração dos fluxos envolvidos, as redes de distribuição de cadeias CLSC envolvendo artigos retornáveis podem ser classificadas, de forma abrangente, em duas categorias: rede de topologia estrela e rede multidepósitos, conforme retratado na Figura 2. No sistema em estrela, o depósito central (D) pode abastecer diretamente consumidores finais (C1) ou usar depósitos intermediários (d1, d2) para abastecer clientes finais em uma dada região (C2 a C6). Mesmo incluindo vários níveis, os artigos retornáveis neste tipo de cadeia sempre retornam para a instalação central (D). Normalmente, esta instalação central é a única equipada com máquinas ou processos necessários à reinserção dos artigos retornáveis na cadeia, como fábricas de enchimento de botijões, ou processos de limpeza e esterilização.

No sistema multidepósito, os artigos partem de vários depósitos (D1, D2), são utilizados por diversos agentes da cadeia (C1 a C4), retornando para o depósito mais conveniente, independentemente de sua origem. Este sistema é normalmente utilizado quando o artigo retornável carece de pouca ou nenhuma manutenção antes de sua reutilização, como *pallets* de madeira, por exemplo. Quão mais simples forem as atividades de acondicionamento, mais favorável é a topologia multidepósito.

Este segundo tipo de topologia aumenta significativamente a complexidade da gestão destas cadeias. Apesar dos altos índices de retorno característicos, o equilíbrio entre oferta e demanda também assume um grau maior de incerteza. Como alternativa a estas questões, deverá haver um fluxo adicional de materiais entre depósitos para obter-se o reequilíbrio de estoques, quando necessário.

2.4

O fluxo de informações em CLSCs

Lambert e Cooper (2000) alertavam para a principal mudança de paradigma no mercado no século 21: que as empresa não mais teriam condições de competir como entidades autônomas, mas sim como cadeias de valor. Neste cenário de alta competitividade, o sucesso de cada empresa dependeria na habilidade de integrar-se à sua rede de relacionamentos, cada vez mais complexa. Neste contexto, a definição proposta pelo *Global Supply Chain Forum* para gestão de cadeias de distribuição (SCM - *supply chain management*) passa a ser:

SCM é a integração dos processos-chave de negócio, do cliente final ao fornecedor original, o qual provê produtos, serviços e informação que geram valor ao consumidor e aos seus stakeholders.

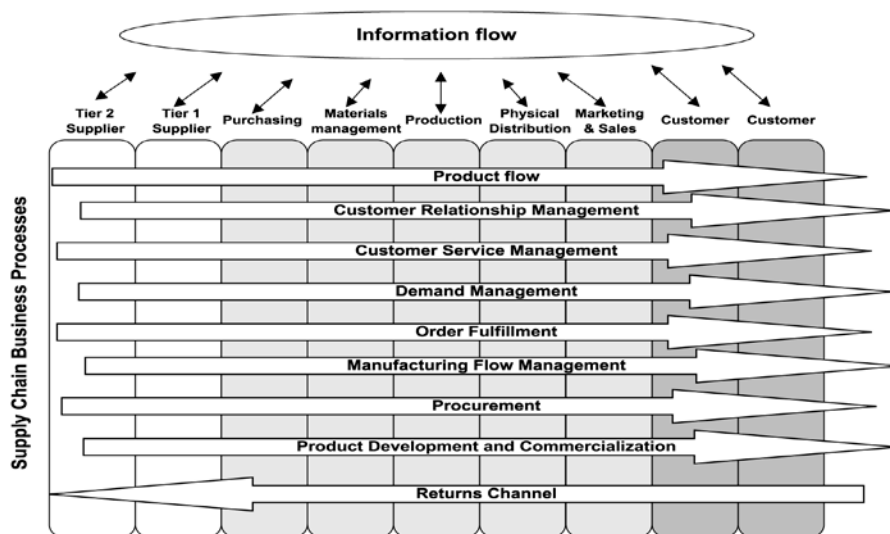


Figura 3: Framework para SCM
(Fonte: Cooper et al., 1999)

Estes processos-chave são apresentados na Figura 3. Vê-se, em destaque, o papel do fluxo de informação entre os diversos atores e processos de uma cadeia de suprimentos, sem o qual não é possível alcançar o nível de integração necessário nesta nova realidade de mercado.

Analisando-se mais especificamente a gestão da informação em cadeias envolvendo fluxos reversos, os desafios são ainda maiores. Rogers e Tibben-

Lembke (2002), no estudo da logística reversa na indústria de varejo, ressaltam que, ao contrário da logística tradicional, seus fluxos são bem mais reativos, com muito menos visibilidade das informações necessárias a uma gestão adequada. O papel de protagonista neste caso reside no consumidor ou nos elos mais à jusante na cadeia, fazendo com que a informação só seja de domínio do fabricante ou distribuidor em um estágio mais avançado do processo.

Este é o grande desafio para uma gestão adequada de artigos em fluxos reversos de uma forma geral, e especificamente de artigos retornáveis em cadeias fechadas, foco deste trabalho: a disponibilidade da informação. Seja pelo fato destes dados encontrarem-se dispersos pelos diversos atores da cadeia (Thierry *et al.*, 1995), seja pela carência de recursos de sistemas de informação, causada pela baixa prioridade dada à matéria (Rogers e Tibben-Lembke, 2001).

De forma mais ampla, o aumento do nível de eficiência e eficácia na gestão e execução das atividades relacionadas à Logística Reversa só será alcançado através de melhores sistemas de informação e do reconhecimento da importância do assunto para a criação de valor da Empresa (Rogers e Tibben-Lembke, 2001).

Nas CLSCs, especificamente no que tange a gestão de artigos retornáveis, a tecnologia RFID surge como um instrumento viabilizador de novos sistemas de informação, suprimindo esta carência de informações.

A Tecnologia RFID

Antes considerada como uma tecnologia promissora, mas cujos benefícios provenientes de sua aplicação em larga escala ainda eram bastante questionáveis, a tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) está atualmente inserida do cotidiano de indivíduos e empresas. A referida tecnologia abrange aplicações que variam desde a prevenção de furtos no varejo, pagamento automático de taxas em pedágios, ao controle da cadeia de suprimentos de armamentos do governo americano.

As soluções de RFID passam atualmente por uma fase de adoção acelerada em diversos segmentos. Uma pesquisa recente divulgada pelo instituto de inteligência de mercado ABI Research (2012) afirma que o mercado de RFID, incluindo *hardware*, *software* e serviços, gerará US\$ 70 bilhões de receita de 2012 a 2017. O ano de 2011 apresentou um crescimento de US\$ 900 milhões, e espera-se que o mercado cresça 20% ao ano até 2017. Os setores de governo, varejo e logística mostram as maiores taxas de crescimento, sendo responsáveis por 60% deste valor.

Dois fatores-chave contribuíram para este crescimento: o efeito cascata gerado por projetos lançados por grandes empresas de atuação global, estimulando o crescimento da demanda direta e incentivando empresas de tecnologia a investirem em soluções relacionadas, e o fortalecimento de um padrão global - chamado EPC Gen2 - criado pelo consórcio EPC (*Electronic Product Code*), levando a ganhos significativos de desempenho e escala, bem como viabilizando sua aplicação em múltiplos elos de uma cadeia de suprimentos.

Este capítulo, após uma breve apresentação da tecnologia RFID, relata os principais avanços alcançados pela tecnologia recentemente, e os desafios ainda enfrentados por projetos relacionados.

3.1

Histórico

RFID é um termo genérico usado para descrever um sistema que transmite a identidade de um objeto ou ser vivo, sob a forma de um número de série único, através de uma comunicação sem fio, usando ondas de rádio. Faz parte de uma categoria mais ampla de identificação automática (*Auto-Id*), que inclui também códigos de barra, reconhecimento ótico de caracteres (OCR) e algumas tecnologias biométricas.

As raízes da tecnologia de identificação por radiofrequência remontam à Segunda Guerra Mundial. Pilotos alemães movimentavam seus aviões de forma a alterar sinais de rádio emitidos pelos radares ao retornarem às suas bases, permitindo sua identificação. São do início da década de 70 as primeiras patentes comerciais baseadas no uso da tecnologia RFID, como fechaduras baseadas em cartões. Na mesma época, surgem as primeiras iniciativas do governo americano, que envolvia o rastreamento de materiais nucleares (Roberti, 2011).

Na década de 80, com o advento do computador portátil (PC), o processamento pôde ser levado para campo, viabilizando soluções em pedágios ou na indústria agropecuária, no rastreamento de animais.

No início da década de 90, a IBM desenvolveu e patenteou um sistema RFID de UHF. A tecnologia oferecia uma leitura de maior distância e uma taxa mais alta de transferência de dados. Apesar de ter realizado alguns projetos piloto com a Wal-Mart, nunca transformou o sistema em um produto comercial. A tecnologia acabou sendo vendida à Intermec, um fornecedor de soluções de código de barras, que se tornou um dos principais atores no mercado de soluções RFID.

3.2

Características

Um sistema de RFID é composto por quatro elementos básicos e suas diversas variações: *tags* ou *transponders* (etiqueta), leitores, antenas e *software* (Jones *et al.*, 2004; Motorola, 2007). De forma simplista, uma etiqueta (um *microchip* com uma antena), colocado em um item, armazena uma quantidade

específica de informações, que é trocada com um leitor (dispositivo com uma ou mais antenas) através de sinais de rádio ou radiofrequência. Este leitor, por sua vez, passa as informações recebidas a um computador ou sistema de informática, para que a mesma possa ser usada para criar algum valor para o negócio.

A vasta maioria de etiquetas utiliza um *microchip* de silício para armazenar um número serial único e informações adicionais sobre o item em questão. Dois tipos de etiqueta – ativa e passiva - dominam o mercado e são apropriadas a aplicações específicas. A Tabela 1 apresenta as principais diferenças entre os dois tipos.

Tabela 1: Características Etiquetas Ativas e Passivas
(Fonte: adaptado de Motorola, 2007)

Etiquetas Ativas	Etiquetas Passivas
Alimentadas por baterias	Alimentadas pelo leitor
Centenas de kb de memória	64 – 256 bits de memória
Custo alto	Custo baixo
Vida útil da bateria limitada	Vida útil mais longa
Transmissão Ativa	Transmissão reativa
Longo Alcance na leitura	Curto/Médio Alcance na leitura
Tag Talks First (TTF) Etiqueta “fala” primeiro	Reader Talks First (RTF) Leitor “fala” primeiro

As ativas são alimentadas por baterias (existem versões com fontes alternativas, como energia solar), possuem até centenas de *kilobytes* de capacidade de armazenagem de informação e podem transmiti-la por maiores distâncias do que as chamadas passivas. São utilizadas em grandes ativos, como *containers* ou vagões de trem, que necessitam ser rastreados por longas distâncias. A transmissão da informação ao leitor pode ser feita de uma distância de até 100 metros e tem custo unitário variando de US\$ 10 a US\$ 50 ou mais, dependendo da capacidade de memória, vida útil da bateria ou se estão associados a outros sensores, como temperatura ou vibração. Existem dois tipos de etiquetas ativas: *transponders* e *beacons* (faróis). As primeiras são “acordadas” quando recebem um sinal do leitor e são usadas em aplicações como pagamento de pedágio. Ao se aproximar da cabine, o leitor, posicionado geralmente sobre a pista, envia um

sinal que ativa o *transponder* localizado no para-brisa do veículo. Apenas neste momento, o dado de identificação é enviado ao leitor, fazendo com que a bateria seja poupada. Ao contrário, os do tipo *beacon* emitem um sinal com a informação de identificação em intervalos de tempo pré-definidos, e são usados em aplicações relacionadas à localização de itens em tempo real, como monitoramento de pátios ou linhas de produção.

As passivas, pelo seu custo mais baixo, são mais populares em aplicações comerciais de larga escala. Não possuem uma fonte de energia ou transmissor, simplesmente refletindo de volta a energia (ondas de rádio) vinda da antena do leitor. Existem versões *read-only* (apenas leitura) e *read-write* (leitura-escrita) destas etiquetas. Seu preço pode variar de US\$ 0,20 a US\$ 10, dependendo de suas características e não necessitam de manutenção (por exemplo, troca de bateria). A distância máxima de leitura é bem menor se comparada às ativas, variando de alguns centímetros a apenas 10 metros, dependendo do tipo e frequência utilizada.

Existe uma categoria híbrida chamada BAP (*battery-assisted passive* ou passiva mas apoiada por bateria), que mantém as mesmas características das etiquetas passivas, mas trazem benefícios adicionais por trabalharem, normalmente, associadas a outros sensores, transmitindo informações específicas como temperatura ou excesso de vibração do item monitorado.

Tabela 2: Características das diversas frequências
(Fonte: adaptado de Erabuild, 2006 e Wilding e Delgado, 2004)

Frequência	Baixa (LF)	Alta (HF)	UHF	Micro-ondas
Faixa	125-135 KHz	13,56 MHz	400-960 MHz	2,45-5,8 GHz
Capacidade de Leitura (etiquetas/segundo)	1-10	Até 50	Até 150	150+
Alcance de leitura	~ 0-100 cm	~ 0-50 cm	~ 0-500 cm	~ 0-500m
Comportamento em superfícies e materiais	Problemas apenas com metais	Algum impacto, especialmente metais	Algum impacto, especialmente líquidos	Problemas apenas com líquidos
Aplicações/Indústrias	Controle de acesso, animais, segurança de veículos	Livros, bagagens em aeroportos	Cadeias de Suprimentos, Rastreamento de embalagens	Pedágios, controles de acesso de longa distância, localização em tempo real

Outra característica importante é a frequência utilizada na transmissão (Tabela 2), podendo ser de baixa frequência (LF – *low frequency*), alta frequência (HF – *high frequency*), UHF (*ultrahigh frequency*) ou micro-ondas. As ondas de rádio comportam-se de maneira diferente em cada uma delas, fazendo com que cada tipo seja adequado a aplicações específicas. As mais baixas frequências assemelham-se às ondas recebidas por aparelhos de rádio. Penetram facilmente paredes, mas não obstáculos metálicos, e são adequadas a aplicações onde a leitura é feita através de materiais a uma distância reduzida. Quanto maior a frequência (UHF), mais estas ondas se aproximam das características da luz. Não penetram materiais com a mesma facilidade, são absorvidas pela água e tendem a refletir com maior intensidade, mas podem ser lidas a distâncias maiores.

As etiquetas e leitores das diferentes frequências baseiam-se em tecnologias eletromagnéticas distintas (acoplamento magnético por indução ou irradiação), cujas especificidades não serão descritas aqui, por fugirem dos objetivos deste trabalho, mas que alteram suas características e desempenho, e, por consequência, a área de aplicação das mesmas. Dentre estas características, destacam-se a distância de leitura, confiabilidade na leitura, atenuação do sinal, interferência eletromagnética, leituras múltiplas, leituras indesejadas, dentre outras (Violino 2005a; 2005b; 2005c).

Na prática, as etiquetas de UHF passivas tornaram-se padrões de fato nas aplicações logísticas. Dentre os principais motivos, destacamos o baixo custo, dada a escala gerada por projetos liderados pelas grandes varejistas como Wal-Mart e Mark & Spencer (Roberti, 2004; Violino, 2013), as maiores distâncias de transmissão entre etiquetas e leitores, adequadas a aplicações envolvendo portais de leitura ou manipulação em armazéns, a alta taxa de transmissão de dados, adequação a leituras em ambientes de alta densidade, resistência a ruídos e o desenvolvimento de protocolos padrão para a tecnologia em questão (Wu *et al.*, 2006).

3.3

Vantagens e desvantagens da tecnologia RFID

RFID é uma das mais promissoras tecnologias surgida nos últimos anos. Implementada de maneira adequada, já comprovou que pode trazer vantagens

financeiras para empresas em diversos segmentos, e torná-las mais competitivas em usos mais abrangentes em um futuro próximo. Entretanto, apesar de seu uso em aplicações de nicho, ainda não atingiu um estágio de maturidade suficiente para levá-la a um uso mais difundido (*mainstream*), dados alguns fatores ainda considerados como grandes desafios para a tecnologia em questão (Attaran, 2012).

Neste capítulo são descritos os principais pontos positivos da tecnologia RFID, principalmente quando comparada a algumas tecnologias substitutas, como o código de barras, bem como revisados os obstáculos ainda enfrentados em algumas aplicações. Por fim, são apresentados os progressos alcançados na solução destas questões.

3.3.1

Benefícios da tecnologia RFID

Destacam-se, dentre outros, os seguintes benefícios trazidos pelo uso de RFIDs, considerados os motores que motivaram sua elevação ao status de tecnologia considerada com potencial disruptivo (Juels, 2006, Michael e McCathie, 2006):

- **Identificação única:** no mercado mundial de produtos de consumo, um código de barras é capaz de identificar o tipo de objeto no qual está impresso, sua marca e modelo. Uma etiqueta RFID pode ir além, emitindo um número de série que pode distinguir aquele objeto específico dentre os outros milhares similares já fabricados. Este identificador único pode agir como um índice para uma base de dados contendo dados complementares ou históricos deste item;
- **Automação:** um código de barras, sendo lido através de um dispositivo ótico, requer um campo de visão direto entre o leitor e a etiqueta, além do posicionamento físico específico deste leitor, para o sucesso desta leitura. Estas características obrigam, com raras exceções, a intervenção humana para a leitura em questão. Ao contrário, uma etiqueta RFID não requer nem um campo de visão direto, nem um posicionamento específico para a realização da leitura.

- **Velocidade de leitura:** Leitores RFID podem se comunicar com as etiquetas em milissegundos, e têm a capacidade de ler múltiplos itens simultaneamente. Estas características geram possibilidades de automação impensáveis com o uso de etiquetas tradicionais ou códigos de barras. Portais de leitura em portas de armazéns ou em pontos específicos em linhas de produção são capazes de ler grandes lotes de produtos em *pallets* ou caixas com taxas de erro desprezíveis para as aplicações em questão.
- **Resistência:** de uma forma geral, certamente dependendo do tipo de invólucro utilizado, etiquetas são resistentes a condições bastante hostis, mantendo suas características em temperaturas de 40°C negativos a 200°C positivos, sujeira, impacto mecânico, substâncias químicas, para citar algumas condições adversas. A etiqueta, principalmente as passivas, têm uma longa vida útil, normalmente acompanhando a vida útil do bem associado.

A Tabela 3 traz uma análise comparativa mais detalhada entre a tecnologia RFID e o código de barras.

Tabela 3: Características do RFID versus Códigos de Barra
(Fonte: adaptado de Scavarda *et al.*, 2005)

Códigos de Barra	RFID
Utiliza luz óptica	Utiliza radiofrequência
Precisa de campo visual direto para leitura	Sem necessidade de contato físico ou visual direto
Apenas 14 campos disponíveis para armazenamento de informações	Maior capacidade de armazenamento
Não é eficiente em ambientes insalubres	Permite utilização em ambientes insalubres
Não permite a inclusão de novos dados	Permite inclusão ou alteração dos dados armazenados
Leitura individual	Permite múltiplas leituras simultâneas
Maior risco de erro na leitura	Maior confiabilidade na leitura
Maior tempo de resposta	Menor tempo de resposta
Mais barato	Mais caro

Apesar da percepção de confiabilidade trazida pela tecnologia de código de barras (devido ao sinal sonoro no momento em que uma leitura bem sucedida é realizada), um estudo do centro de pesquisas em RFID da Universidade de Arkansas (Roberti, 2010) analisou funcionários realizando um processo de

inventário em uma loja de roupas e constatou que, em média, 20% dos itens não foram inventariados (basicamente devido à falha humana), enquanto processos similares com a utilização de RFIDs tem um percentual de sucesso de 99%. Em testes envolvendo contagem de gaiolas metálicas retornáveis em outro experimento, a taxa alcançada de 98% foi também superior às tecnologias alternativas, novamente devido ao processo manual envolvido.

Outra vantagem é a possibilidade da combinação de etiquetas RFID com outras tecnologias ou sensores, como sensores de temperatura, vibração, detectores de fumaça, GPS, entre outros, ampliando ainda mais o potencial da tecnologia e os campos de sua aplicação. Esta combinação sensor/RFID foi alavancada pela padronização da interface trazida pelos organismos de padrões envolvidos neste mercado, conforme será descrito nas seções seguintes.

3.3.2

Custos

A implantação de um sistema de RFID engloba muito mais do que apenas comprar etiquetas e instalar leitores. Para realmente gerar valor para o negócio, empresas terão que conectar as novas soluções aos seus sistemas legados, investir em plataformas de integração (*middleware*), alterar processos de negócio, investir em treinamento e na gestão da mudança, trabalhar em parceria com os demais atores da cadeia de distribuição, trazendo um maior grau de complexidade e, principalmente, maiores custos ao projeto. Não é possível listar com precisão todos os custos associados a uma implantação de soluções RFID, uma vez que cada projeto possui suas peculiaridades. Entretanto, de forma genérica, os principais componentes de uma solução são (Violino, 2005a):

- **Etiquetas:** o custo unitário de uma etiqueta RFID varia dependendo de suas características, descritas na Seção 3.2. As etiquetas passivas são mais baratas que as ativas; dentre as passivas, as de alta frequência são mais caras do que as de UHF, dada a maior quantidade de cobre em suas antenas. A capacidade de memória, o tipo de embalagem utilizada pelo microprocessador ou *transponder* e até mesmo o *design* da antena influenciam diretamente no custo. Etiquetas passivas de UHF, padrão de

fato nas indústrias de varejo e distribuição, variam entre US\$0,05 e US\$10,00. O custo individual de etiquetas permanece como uma das preocupações no uso da tecnologia em larga escala (no controle de item) na indústria de varejo ou na gestão da cadeia de suprimentos. Programas recém-lançados envolvendo grandes quantidades, com da J.C.Penney (Swedberg, 2013), e os investimentos crescentes de grandes varejistas como Macy's e Wal-Mart, levarão aos ganhos de escala necessários à redução dos custos das etiquetas.

- **Leitores:** variam de US\$ 500, para leitores com poder computacional limitado, a US\$ 3.000, com tecnologia embarcada, podendo filtrar ou armazenar informações, e executar comandos. Outras variações envolvem leitores multifrequência, com antenas internas ou externas, portas externas de entrada ou saída para conexão com outros dispositivos. A tecnologia e o custo do leitor pode ser o fator determinante para o sucesso ou fracasso de um projeto de RFID, principalmente para os que envolvem uma maior visibilidade de ativos na cadeia de suprimentos, uma vez que demandará leitores de alto custo em diversos pontos, como armazéns, centro de distribuição, clientes, ou equipando veículos com leitores portáteis.
- **Middleware:** É um termo genérico que se refere à plataforma de *software* necessária à integração entre a solução RFID e as aplicações corporativas da Empresa. É peça chave no processo, pois assume a responsabilidade de receber um dado básico e transformá-lo em informação útil ao processo de negócio em questão. Um leitor pode, dependendo da tecnologia envolvida, ler uma mesma etiqueta até 100 vezes em 1 segundo, sendo sua responsabilidade levar a informação correta à aplicação correta no tempo correto. Forrest Reserach (Violino, 2005a) estima que um fabricante, no atendimento dos requisitos estabelecidos por um grande varejista, terá investimentos em *middleware* variando de US\$ 180 mil a até assustadores US\$ 12 bilhões.
- **Sistemas Corporativos:** um dos fatores críticos de sucesso para projetos de RFID, o redesenho de processos visando à obtenção de ganhos para o negócio requer ajustes nos sistemas existentes na empresa. Aplicações corporativas como ERPs (*Enterprise Resource Planning* – Sistemas Corporativos de Gestão), WMSs (*Warehouse Management Systems* –

Sistema de Gerenciamento de Armazéns) são exemplos destas aplicações. Provedores de soluções deste tipo, como SAP e Oracle, vêm aprimorando seus sistemas, incluindo funcionalidades padrão que atendam aos requisitos de negócios relacionados à tecnologia RFID.

- **Outros Custos:** Integradores de soluções, empresas de consultoria especializadas em soluções RFID, são essenciais para o sucesso de projetos, na medida em que a tecnologia ainda não atingiu o grau de maturidade suficiente para que soluções “fim-a-fim” estejam disponíveis no mercado. Investimento em treinamento, mais especificamente, e na gestão da mudança, de uma forma geral, também são considerados essenciais, como em qualquer projeto de implantação de tecnologia que envolva inovação e alteração de processos operacionais.

Os custos individuais de etiquetas ainda chamam mais atenção que outros fatores de custo tão ou mais críticos, como alguns dos apresentados acima. À medida que a tecnologia progride e mais projetos sejam implantados, os custos irão cair. O estabelecimento de padrões, levando a uma adoção mais uniforme pelas indústrias líderes como a do varejo, gerará uma economia de escala na produção de etiqueta, com consequências positivas e, potencialmente, um círculo virtuoso, necessário ao amadurecimento da tecnologia (Martinez-Sala *et al.*, 2009).

3.3.3

Padrões

A existência de padrões é um requisito essencial para que a tecnologia RFID possa ser utilizada por diversos elos de uma cadeia de distribuição e, ao lado do custo das etiquetas, é a barreira a ser vencida para um uso mais amplo destas soluções pelo mercado em geral. Estes padrões devem direcionar não só a forma como a informação deve estar contida na etiqueta, mas também a forma como esta se comunica com os leitores (*air interface*), os processos de conformidade (forma de testar e comprovar que produtos estão em conformidade com padrões) e algumas aplicações específicas, como por exemplo, a utilização da tecnologia no monitoramento de animais (Violino, 2005d).

Os esforços para a definição de padrões neste mercado iniciaram-se em 1999, quando foi criado o *Auto-ID Center*, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), em uma parceria com o *Uniform Code Concil* (UCC) e as empresas Procter & Gamble e Gillette. O trabalho deste grupo resultou em uma mudança fundamental no uso de RFIDs, saindo do conceito de bases de dados móveis para índices de acesso a bases de dados remotas (Sarma *et al.*, 1999). A visão defendida pelo Auto-ID Center apresentava um mundo no qual cada produto poderia ser singularmente identificado por uma etiqueta RFID, e que toda informação adicional seria armazenada em uma base de dados disponível a todos em uma rede global. A iniciativa angariou apoio das grandes empresas varejistas, resultando em um grupo global composto de mais de 100 empresas patrocinadoras. As definições resultantes da iniciativa tornaram-se padrões de fato no mercado varejista, culminando com a iniciativa do Wal-Mart que, em junho de 2003, anunciou que seus 100 principais fornecedores deveriam fornecer *pallets* e engradados com etiquetas RFID de UHF, seguindo o padrão EPC (*Electronic Product Code*) do *AutoID-Center* (Roberti, 2004). Em outubro do mesmo ano, foi criada a organização sem fins lucrativos chamada EPCGlobal, uma *joint-venture* entre a *EAN International* (atualmente chamada GS1) e o UCC (hoje GS1 US), que recebeu a tecnologia desenvolvida pelo *AutoID-Center*, com o objetivo de continuar o desenvolvimento do padrão EPC. A EPCGlobal, sob a gestão da GS1, permanece como um dos principais organismos independentes atuando na padronização e desenvolvimento da tecnologia RFID.

A Tabela 4 apresenta um resumo dos protocolos padrão propostos pela EPCGlobal para as etiquetas com tecnologia RFID passiva, em especial para a frequência UHF, mais popular entre as aplicações logísticas. Em 2004, a EPC Global iniciou o desenvolvimento de uma segunda geração para o protocolo UHF Classe 1, chamado de EPC Gen2, com o objetivo de aproximar-se das práticas defendidas pela ISO (International Organization for Standards), o principal organismo mundial de definição e desenvolvimento de padrões.

Tabela 4: Proposta Padrões EPC Global
(Fonte: adaptado de Violino, 2005d e LogicaCMG, 2004)

Protocolo	Frequência	Descrição
Classe 0	UHF	passiva, read-only (apenas leitura), programada de fábrica
Classe 1	UHF, HF	passiva, WORM (write-once, read-many) uma escrita e várias leituras, programável em campo
Classe 2	UHF	passiva, read-write
Classe 3	UHF	semi-passiva (inclui uma bateria para aumentar alcance), read-write
Classe 4	UHF	Ativa
Classe 5	UHF	passível de comunicar-se com outros dispositivos além de etiquetas RFID classe 5

Este novo protocolo veio resolver problemas de propriedade intelectual e divergências entre a EPCGlobal e a ISO, sendo oficialmente reconhecido por esta em 2006 (ISO 18000-6C), após acordo com a empresa Intermec, proprietária de algumas patentes referenciadas pelo padrão em questão. Este fato incentivou o desenvolvimento de produtos e soluções pelos principais fornecedores do mercado, levando a uma economia de escala no processo produtivo que resultou em menores preços de componentes. Atualmente, padrões para a tecnologia RFID são liderados pela ISO.

Os padrões para as informações contidas nas etiquetas são apenas parte de uma arquitetura de padrões mais abrangente, que tem como objetivo viabilizar a visão original do *AutoID Center*, tornando possível o uso da internet para a troca de informações sobre objetos em qualquer elo da cadeia. A Figura 4 apresenta esta arquitetura, suas camadas e os padrões relacionados. Seus componentes não são produtos, mas sim padrões para que as aplicações, construídas sob esta diretriz, possam realizar a troca de informações. Pode-se equiparar esta abordagem a padrões de troca de informações existentes no mercado, como o padrão CNAB (Centro Nacional de Automação Bancária) que rege a troca eletrônica de informações (EDI – *Electronic Data Interface*) entre agentes no mercado financeiro brasileiro (Febraban, 2013). A ilustração objetiva apenas dar ao leitor uma visão de quão abrangente a arquitetura é na prática, bem mais complexa do que um padrão de layout para um identificador serializado único de um produto.

A descrição dos objetivos de cada um destes componentes não fará parte deste trabalho, mas encontra-se disponível em GS1 (2013).

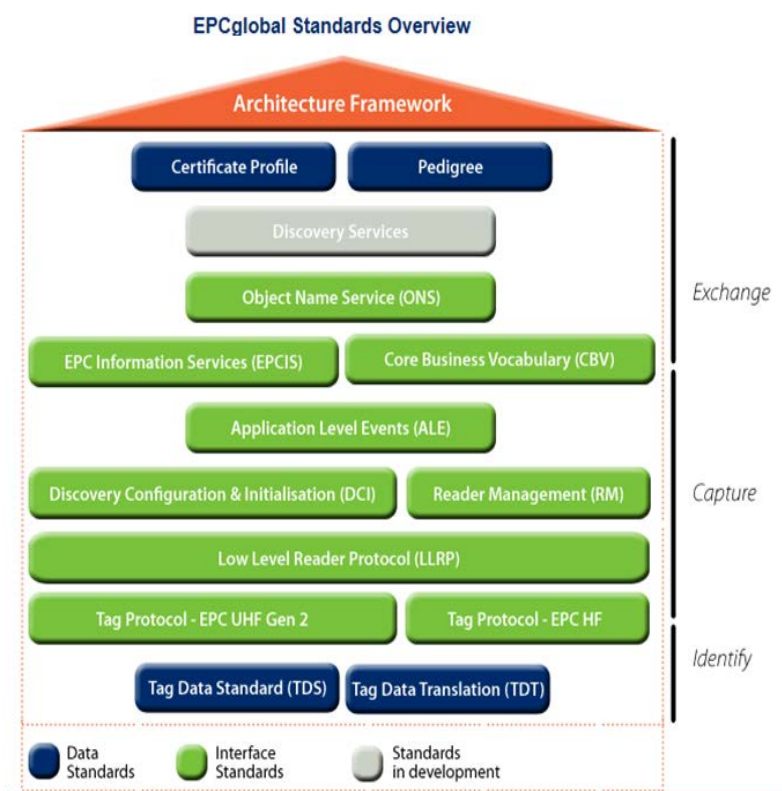


Figura 4: Visão da arquitetura de padrões EPC
(Fonte: GS1, 2013)

Dentre estes diversos padrões, destacamos a existência de uma proposta de chave de identificação chamada GRAI (Global Returnable Asset Identification). Seu objetivo é possibilitar de identificação de ativos retornáveis por categoria ou individualmente, para fins de seleção ou rastreamento. Sendo um padrão de mercado em escala global, é extremamente útil na gestão de ativos envolvendo mais de uma empresa, podendo ser utilizado tanto em códigos de barra com em etiquetas RFID de padrão EPC (GS1, 2008).

3.3.4

Segurança e Privacidade

Pelas suas características operacionais, as etiquetas RFID respondem a leitores sem alertar aos seus usuários ou portadores. Consequentemente, dentro das restrições de distância máxima de leitura, é possível haver uma transmissão

“clandestina”, ou não autorizada dos dados armazenados, que, normalmente, trata-se de um identificador único (Juels, 2006). Esta ameaça à privacidade se agrava à medida que este identificador possa estar associado a informações pessoais de indivíduos. Por exemplo, quando um consumidor faz uma compra com um cartão de crédito, o estabelecimento comercial pode fazer uma conexão entre sua identidade e os números de séries armazenados nas etiquetas dos produtos adquiridos. Passa a ser possível, neste momento, a identificação de uma pessoa e seus dados no momento em que esta estiver no campo de ação de uma rede de leitores, dentro de uma loja ou até mesmo em ambientes maiores.

Além deste identificador único, algumas etiquetas carregam informações adicionais relacionadas ao item ao qual estão fixadas. No padrão EPC, etiquetas contém um campo que normalmente é utilizado para informações sobre o fabricante e o código do produto. Em um cenário teórico de uso difundido de etiquetas RFID, uma pessoa portando itens equipados com etiquetas do padrão EPC pode ser “inventariada” de forma silenciosa, revelando que objetos está portando naquele momento, que medicamentos está carregando (e potencialmente revelando que doenças sofre), que cartões de acesso ou fidelidade possui, seu tamanho de roupa, etc. Apesar do problema de leitura clandestina ser um risco também em outros tipos de tecnologia sem fio, como o *bluetooth*, este inventário mais detalhado é específico da tecnologia RFID.

Atualmente, o risco de leitura ou inventário clandestino é limitado, uma vez que a tecnologia RFID é escassa e fragmentada, mas o problema genérico de confidencialidade e segurança relacionada ao seu uso já resultou em problemas práticos. Um exemplo famoso foi o do fabricante de roupas italiano Benetton, que, em 2003, sofreu uma tentativa de boicote de grupos contrários à invasão da privacidade, quando anunciou que usaria a tecnologia RFID em todos os produtos de sua marca Sisley para rastreamento em suas 5.000 lojas (Violino 2003). Em outro exemplo, um tribunal, baseado em informações fornecidas pelo *transponder* utilizado para pagamento automático de pedágio, desqualificou um álibi em um caso de divórcio litigioso (Stern, 2001 *apud* Juels, 2006).

Existem diversas iniciativas endereçando a questão de privacidade e confidencialidade no uso da tecnologia RFID. A solução mais natural, envolvendo criptografia, enfrenta obstáculos técnicos dado os limitados recursos disponíveis na etiqueta tradicional. O padrão EPC prevê a recepção de um comando *kill* de um

leitor, associado a um *pincode*, fazendo com que a etiqueta se torne inoperante. Outra solução mais simples, utilizada pelo varejista Marks & Spencer é a fixação da etiqueta RFID em locais de fácil remoção, como etiquetas de composição ou preço. Outra iniciativa envolve a alteração parcial do conteúdo da etiqueta, fazendo com que informações genéricas permaneçam gravadas para uso posterior (serviços de garantia, por exemplo), mas o identificador único seja destruído. Outras soluções mais técnicas, como criptografia minimalista, re-criptografia, segurança por *proxying* ou autenticação também foram apresentadas (Juels, 2006), mas envolvem conhecimentos específicos e não serão descritas neste trabalho.

A questão descrita nesta seção é real e pode tomar proporções mais críticas, já que envolve o consumidor final, e sua solução passa por um esforço interdisciplinar.

3.4

Aplicação de RFID na Logística e em CLSCs

Inicialmente, as principais aplicações de RFID na logística estavam associadas à gestão de estoques. Mais recentemente, seu uso, associado ou não a outros tipos de sensores, vem despontando como uma ferramenta de gestão de ativos, com a habilidade de coletar informações à medida que este se move pela cadeia de suprimentos, provendo visibilidade sobre a localização do bem em questão. Grandes transportadoras ou embarcadores vêm investindo projetos de RFID devido à adoção de sistemas de manifesto eletrônico (*e-manifest*), sistema que permite usuários de serviços portuários de obter liberações de cargas e informações sobre suas embarcações via internet (Gartner, 2012).

Ainda de acordo com o Gartner Group (2012), apesar da existência de algumas implantações bem sucedidas em larga escala, como pelo Departamento de Defesa Americano (DoD – *Department of Defense*), grandes aplicações permeando múltiplas organizações ainda não atingiram um alto grau de maturidade. Projetos de RFID com bom retorno sobre o investimento (ROI) estão normalmente associados a cadeias fechadas, com um número de limitado de atores. Quão mais fechada for a cadeia, mais simples de se atingir os objetivos esperados. Retornos mais altos foram encontrados em projetos de rastreamento de bens de alto valor em cadeias fechadas, como objetos de arte, joias ou

armamentos. Neste contexto, seu uso no rastreamento de ativos retornáveis liderará sua popularização.

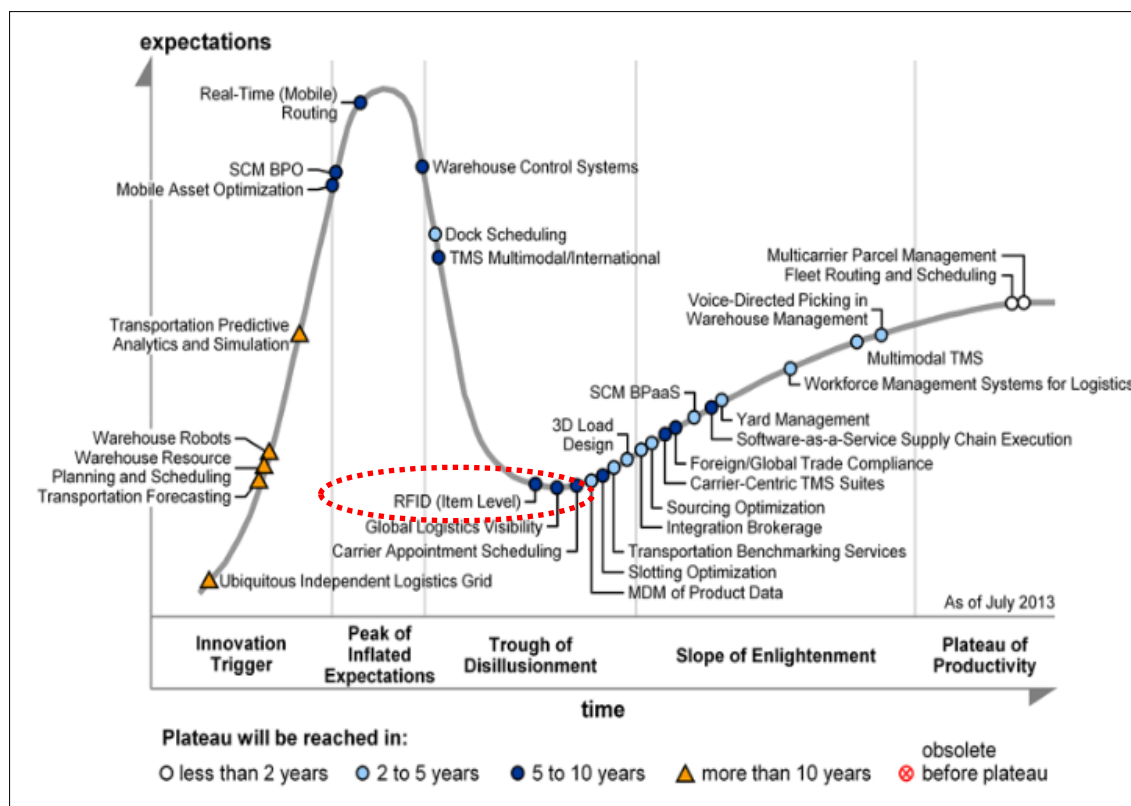


Figura 5: Gartner *Hype Cycle* para Gestão de Cadeias de Suprimentos (Fonte: Gartner, 2012)

Na Figura 5, vê-se o estágio de maturidade de diversas novas tecnologias na gestão e operação de cadeias de suprimentos, e mais especificamente o uso de RFID no controle individual de itens. Considera-se que esta tenha saído da fase denominada “*peak of inflated expectations*” (ápice das expectativas superestimadas), quando uma onda de otimismo e modismo faz como que as expectativas em relação à uma tecnologia específica seja colocada além de seu real potencial, e encontre-se atualmente na fase chamada “*Trough of Disillusionment*” (Vale da Desilusão), quando este entusiasmo inicial é substituído por um desânimo provocado pelos problemas inevitáveis inerentes a uma nova tecnologia, como performance, adoção mais lenta do que o previsto ou dificuldade em entregar os resultados financeiros esperados. A expectativa é que ainda falem de 3 a 5 anos para que seja atingida a fase denominada “*Plateau of Productivity*” (Platô de Produtividade), quando resultados consistentes no uso da tecnologia são

confirmados e aceitos pelo mercado, fazendo crescer o número de organizações que passam a estar confortáveis com o nível de risco associado à sua implantação, iniciando-se então um ciclo mais acelerado de adoção.

O Gartner Hype Cycle é uma representação gráfica de um padrão de comportamento comum a novas tecnologias ou inovações. Introduzido em 1995, apresenta a progressão típica de uma inovação, de uma fase inicial de entusiasmo exacerbado até uma eventual estabilização e vem sendo amplamente utilizado por gestores como ferramenta de apoio na tomada de decisão (Linden e Fenn, 2003).

Encontra-se na literatura relatos de centenas de casos de sucesso do uso de RFIDs em processos de gestão de cadeias de suprimento. A Tabela 5 (Attaran, 2012) mostra um resumo atualizado destes principais benefícios, obtidos em diversos projetos-piloto nas mais variadas indústrias, comprovando o amadurecimento da tecnologia.

Tabela 5: Processo de gestão de cadeias de suprimentos e os benefícios do RFID
(Fonte: adaptado de Attaran, 2012)

Processo de gestão de cadeias de suprimentos	Benefícios trazidos pela adoção da tecnologia RFID
Gestão da demanda	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade e acuracidade na obtenção de informações • Melhor apoio na tomada de decisão
Atendimento de pedidos	<ul style="list-style-type: none"> • Melhor visibilidade da cadeia como um todo • Informação de melhor qualidade
Processo de fabricação	<ul style="list-style-type: none"> • Rastreamento de ativos mais preciso • Melhoria na automação de processos
Logística reversa	<ul style="list-style-type: none"> • Melhora na produtividade • Maior confiabilidade e qualidade
Gestão do relacionamento com fornecedores	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de custos operacionais • Aumento de competitividade

O desafio de gestores passa a ser a integração destas novas práticas ao negócio de suas empresas, tirando a tecnologia dos departamentos técnicos e levando-a a um nível mais estratégico (Roberti, 2012)

Os desafios na gestão de ativos retornáveis em CLSC

Por princípio, nas cadeias que envolvem artigos retornáveis, fornecedores dependem fortemente do fluxo de retorno para garantir o atendimento à demanda de seus produtos. Mesmo em um contexto onde as taxas de retorno chegam a níveis acima de 90%, atingir este equilíbrio entre oferta de RAs e demanda de produtos torna-se um desafio para seus gestores (Carrasco-Gallego e Ponce-Cueto, 2010a). Este capítulo apresenta os problemas mais relevantes enfrentados nesta gestão e suas consequências, representados na Figura 6.

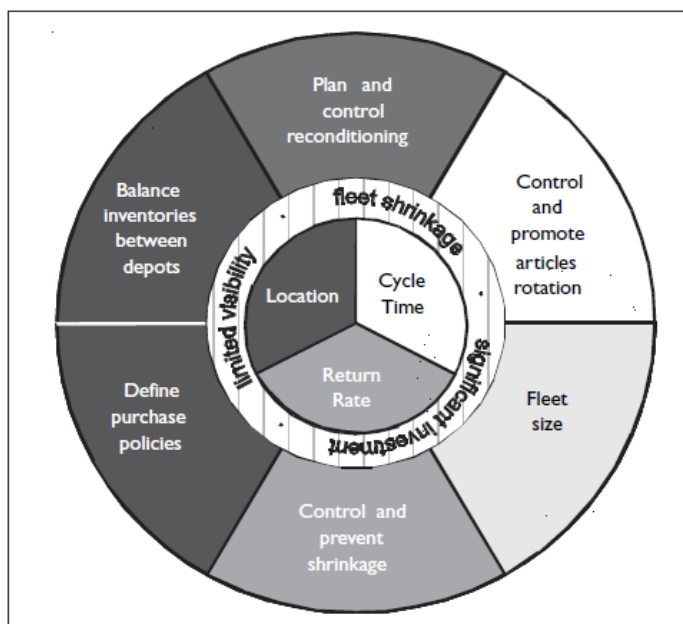


Figura 6: Modelo de gestão para artigos retornáveis
(Fonte: Carrasco-Gallego e Ponce-Cueto, 2010a)

• Definição do tamanho da população

Os fornecedores necessitam definir o número de RAs em circulação na cadeia para manter as operações em um nível capaz de atender a demanda de produtos. Define-se como população este universo de RAs existente em uma cadeia de distribuição.

O dimensionamento adequado desta população tem impactos significativos no desempenho de uma empresa. O investimento inicial necessário à aquisição dos RAs tende a ser bastante significativo, conforme exemplos apresentados na introdução deste texto, não apenas pelo valor unitário do artigo, mas pelas quantidades envolvidas. Um superdimensionamento da população gera desperdícios de capital no momento da aquisição, bem como custos desnecessários no carregamento deste excesso, como custos de armazenamento, manutenção ou descarte. Em contrapartida, uma população subestimada gerará necessariamente uma ruptura no fornecimento do produto em questão, com perdas financeiras e de nível de serviço.

O tamanho da população é função basicamente de duas variáveis: demanda e tempo de ciclo. Dá-se o nome de **tempo de ciclo** ao intervalo de tempo transcorrido entre o lançamento na cadeia de um RA e o seu retorno ao ponto de origem, para ser submetido às atividades de recondicionamentos necessárias antes de ser utilizado novamente em um novo ciclo.

A demanda tende a ser uma variável relativamente bem controlada nas empresas, com informações abundantes e vasto ferramental de gestão. O mesmo não ocorre com o tempo de ciclo, dada à falta de visibilidade existente em partes da cadeia e ao seu uso compartilhado com os demais atores, que não dão, em muitos casos, a atenção necessária à gestão destes RAs.

Quanto menor for o tempo de ciclo, menor a população de RAs necessária ao atendimento da demanda, dado um nível de serviço esperado. A medição e gestão do tempo de ciclo passam necessariamente por um controle individual destes artigos retornáveis, uma vez que os modelos estatísticos encontrados na literatura para este fim consideram tempos de ciclo constantes (Carrasco-Gallego e Ponce-Cueto, 2010a, b; Hellstrom e Johansson, 2007,2010; Carrasco-Gallego *et al.*, 2012). Fatores como sazonalidade ou ações de marketing fazem com que o rastreamento individual destes itens seja a única opção realista para a obtenção de informações precisas.

• **Controle e prevenção de perdas**

A população de RAs sofrerá uma redução com o tempo, devido a perdas no sistema. As perdas podem ser de diversas naturezas, dentre as quais se destacam: danos irreparáveis ou cujo conserto é economicamente inviável, mal-

uso ou perda por parte de clientes ou demais membros da cadeia, roubo, fraudes (revenda ou uso ilegal), fim do ciclo econômico do artigo (ex: mudança da marca) ou fim da vida útil. O percentual de vendas que gera um retorno de RA é chamado de **taxa de retorno**.

Empresas fazem uso de ferramentas de incentivo para minimizar estas perdas, como cobrança de depósitos ou aluguéis, inventários periódicos com cobranças periódicas de diferenças, sistemas de troca um-para-um, dentre outros. Estes mecanismos não só atuam na melhoria das taxas de retorno como afetam positivamente os tempos de ciclo.

- **Definição de políticas de aquisição de novos artigos**

Reduções na população de RAs têm impactos não só operacionais como financeiros. Os itens irrecuperáveis devem ser baixados nos registros contábeis das empresas. Políticas de reposição, mesmo em ambientes altamente controlados se fazem necessárias para a manutenção do universo definido de RAs.

Compras eventuais também são necessárias em caso de mudanças estruturais na cadeia, como entrada em novos mercados ou expansão territorial, ou aumento na estrutura da rede, com a inserção de novos elos (por exemplo, atacadistas em mercados de características de venda direta).

- **Planejamento e controle das atividades de recondicionamento**

Mesmo com um tamanho de população estável, os depósitos devem estar preparados para a realização das atividades de recondicionamento, para que não afetem negativamente os fluxos da CLSC. Este planejamento e controle envolve dimensionamento de capacidade e estoques de insumos, localização das facilidades de recondicionamento, administração dos picos de demanda em mercados com características de sazonalidade

- **Balanceamento de estoques de RAs entre depósitos**

Para as cadeias com estrutura de multi-depósitos, onde RAs não retonam necessariamente ao ponto de origem, haverá, com o tempo, a necessidade de rebalanceamento destes estoques. Este rebalanceamento envolverá a transferência de artigos de uma localidade com excesso de estoque para outras com falta. Este fluxo agrega custos à operação e devem ser tratados com atenção.

• Gestão da “parte invisível” da cadeia

De uma forma geral, muitos destes desafios estão direta ou indiretamente relacionados com uma característica das CLSC: a falta de visibilidade e controle sobre os artigos em uma parte da cadeia. A Figura 7 representa esta fase através da parte do ciclo denominada C1.

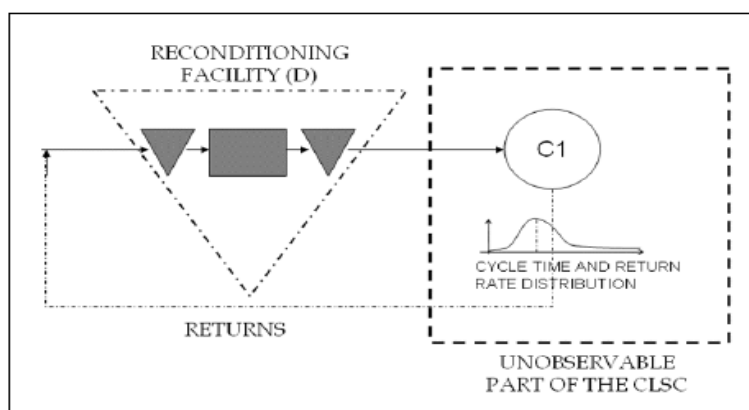


Figura 7: Partes de uma cadeia de distribuição de artigos retornáveis
(Fonte: Carrasco-Gallego *et al.*, 2012)

Artigos retornáveis, por definição, não são utilizados em uma única localidade: trata-se de recursos compartilhados nos diversos elos da cadeia. A empresa proprietária dos RAs transfere temporariamente a sua gestão para seus parceiros (distribuidores ou clientes) em um dado momento de sua distribuição, perdendo a informação sobre a localidade onde se encontram, o uso a que estão sendo submetidos e em que condições.

As incertezas relativas à taxa de retono, a dispersão existente no tempo de ciclo e esta falta de visibilidade em parte da cadeia são fatores críticos na gestão de CLSCs. Neste contexto, o monitoramento item-a-item de RAs apresenta-se como uma alternativa de coleta de informações, facilitando significativamente a gestão e, consequentemente, o enfrentamento dos desafios apresentados anteriormente.

Kelle e Silver (1989) afirmaram, àquela época, que o baixo custo unitário, as grande quantidades envolvidas e o alto custo da tecnologia inviabilizariam, na maioria das vezes, este controle item-a-item, sendo viável apenas para certas cadeias, ou para artigos de maior valor unitário.

Atualmente, o custo das tecnologias de rastreamento, dentre as quais se destaca a identificação por radiofrequência (RFID), vem se reduzindo

consistentemente. Desta forma, algumas empresas começaram a utilizar com sucesso este monitoramento item-a-item, afirmando que a maior visibilidade e controle sobre as partes menos visíveis da cadeia trazem uma redução no tamanho total da população e redução dos índices de perda (Ilic *et al.*, 2009). A verificação se esta afirmação ainda é válida é o principal objetivo deste trabalho. Com este objetivo, serão analisados estudos de casos representativos da evolução não só da tecnologia em si, mas também dos processos e práticas de gestão no seu entorno.

5

Estudo de Casos

Neste capítulo, serão examinados, em maior profundidade, alguns casos de utilização de RFIDs na gestão individual de artigos retornáveis em cadeias fechadas. Dentre inúmeros casos disponíveis na literatura, os quatro selecionados são bastante representativos da evolução não só da tecnologia RFID, mas também da forma como seus projetos de implantação são tratados pelas empresas. Parte-se de uma realidade do início da década de 90, quando toda a responsabilidade de seleção e integração dos componentes tecnológicos ficava sob responsabilidade da empresa usuária. À época, restrições técnicas e financeiras ainda eram os principais inibidores da plena utilização de RFID em aplicações logísticas. Os casos seguintes, do início dos anos 2000, demonstram que, com a tecnologia se tornando cada vez mais madura e acessível, fatores mais ligados à gestão e comunicação tornam-se essenciais para o sucesso dos projetos. Esta evolução culmina em um caso emblemático, já no fim da década de 2000, onde a aplicação da tecnologia RFID na gestão e rastreamento de artigos retornáveis em uma cadeia do tipo *closed-loop* é o principal fator viabilizador de todo um modelo de negócios inovador, comprovando os objetivos propostos na introdução desta dissertação.

Ao final do capítulo, serão compilados os principais fatores críticos de sucesso destes projetos dado o atual estágio de maturidade da tecnologia em questão.

5.1

Caso White Martins

A White Martins é a maior empresa de gases industriais e medicinais da América do Sul, presente em nove países do continente. Sua linha de produtos inclui gases atmosféricos (oxigênio, nitrogênio e argônio), gases de processo (gás carbônico, acetileno, hidrogênio, misturas para soldagem), além de gases especiais e medicinais. É representante na América do Sul da Praxair, a maior

empresa de gases industriais e medicinais das Américas, e uma das maiores do mundo. Fundada em 1907, opera em 50 países, atendendo a mais de um milhão de clientes nos mais diversos mercados, empregando cerca de 27.000 funcionários, com vendas acima de US\$ 11 bilhões e resultado líquido de US\$ 1,7 bilhão (Praxair, 2013).

O principal processo produtivo da empresa consiste em liquefazer e, em seguida, destilar o ar atmosférico como objetivo de obter oxigênio, nitrogênio e alguns gases nobres (argônio e hélio). Através de outro processo químico, dióxido de carbono e hidrogênio também são obtidos. Todos estes gases podem ser utilizados em diversos processos nas mais variadas indústrias, além do uso medicinal, e podem ser distribuído através de dutos, na forma granel com o uso de caminhões-tanque criogênicos, ou em cilindros.

Para a distribuição em cilindros, os gases são comprimidos e atingem uma pressão interna de 200 bars. Tais cilindros são projetados para suportar altas pressões, normalmente fabricados em aço ou alumínio. Um cilindro padrão, com capacidade de 50 litros, tem um custo aproximado de US\$ 130. Legalmente, estas embalagens devem passar por verificações a cada 2, 5 ou 10 anos, dependendo de sua finalidade. Quando retornam à planta de enchimento, os cilindros são inspecionados para que se verifique se os mesmos podem ser reutilizados na cadeia. Caso já tenha sido atingida a data prevista para o teste hidrostático periódico ou o item não atenda aos parâmetros de qualidade estabelecidos em norma, o mesmo é segregado para posterior envio ao processo de requalificação.

Os fluxos físicos desta cadeia possuem uma topologia em estrela, uma vez que clientes são sempre atendidos por uma mesma planta. Quanto às perdas, a White Martins controla os cilindros enviados para manutenção ou sucateamento, mas possui pouca informação sobre as perdas ocorridas nas partes da cadeia externas às suas instalações.

Em 1994, um time mundial corporativo da Praxair decidiu aprofundar as pesquisas na área de gerenciamento de cilindros através da utilização da tecnologia RFID disponível àquela época. Como consequência deste programa, um estudo piloto foi realizado no Brasil em 1995, para analisar a viabilidade técnica, operacional e econômica desta aplicação. Seu objetivo era construir um sistema de rastreabilidade de cilindros, que cobriria todos os elos da cadeia, desde

fábricas ao consumidor final, com metas de grande abrangência, tais como (Nogueira, 2005):

- . De forma integrada aos sistemas de informação já existentes, monitorar e controlar cada cilindro individualmente;
- . Fornecer informações de tara, datas de validade e disponibilidade de cilindros, visando a automação do processo de enchimento e de contagens existentes no processo;
- . Melhorar o nível de serviço prestado ao cliente final e sua fidelização, através da identificação de cilindros de baixo giro, otimizando o número de cilindros aplicados a um cliente;
- . Melhorar a gestão dos processos de manutenção periódica;
- . Reduzir perda de ativos, através do vínculo do código do cliente ao número identificador do cilindro, inibindo o uso destes ativos por empresas não autorizadas ou concorrentes;
- . Subsidiar processos de qualidade, como certificações ISO 9000, ou gerenciar melhor produtos que tem prazo de validade restrito, caso de alguns gases especiais;
- . Subsidiar investigações em casos de baixas ou acidentes, através do acesso ao histórico de transações associadas ao cilindro.

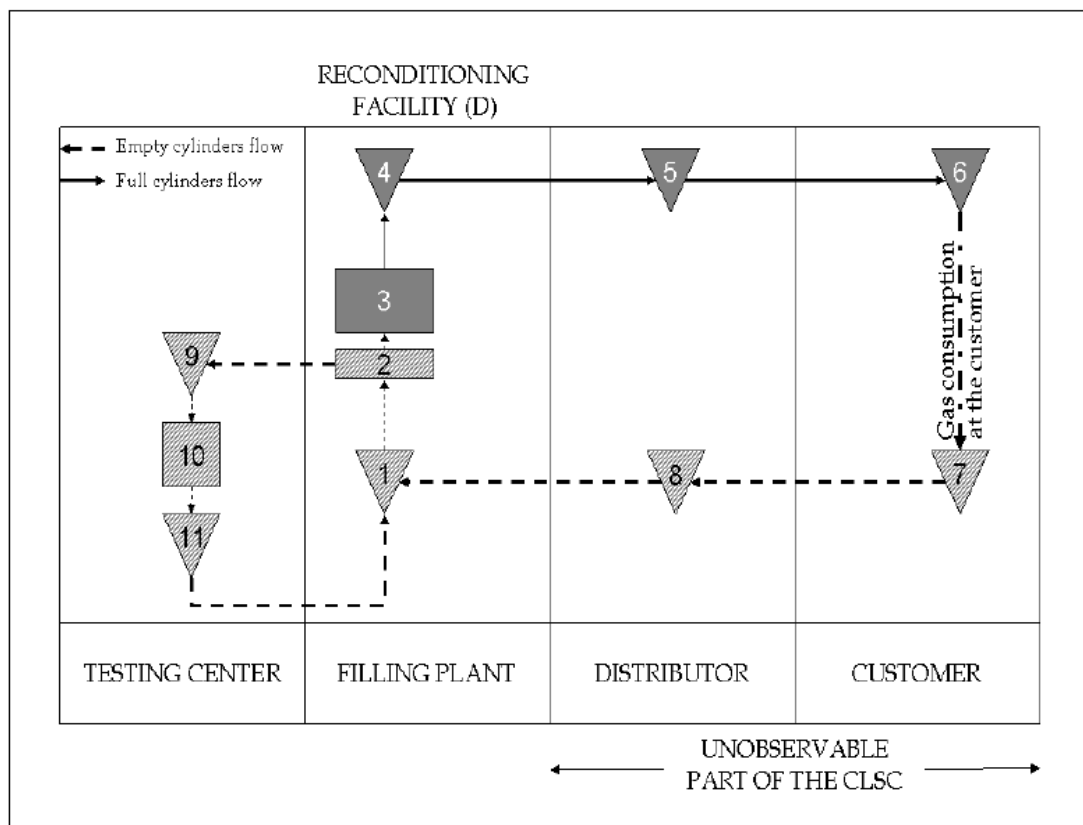


Figura 8: A Cadeia de Distribuição de Gases Industriais
(Fonte: Carrasco-Gallego *et al.* 2009)

A Figura 8 apresenta o ciclo completo da cadeia de distribuição em questão. As etapas representadas por objetos com preenchimento sólido (3, 4, 5 e 6), na parte de cima da figura, representam etapas onde os cilindros estão cheios, enquanto os preenchidos com padrão hachurado (1, 2, 7, 8, 9, 10 e 11) representam etapas com cilindros vazios. Os quatro agentes participantes na cadeia estão representados nas colunas (instalações de testes, parques de enchimento, distribuidores e clientes finais). O estoque 1 representa o local de armazenagem de cilindros vazios no parque. Na sua chegada, os cilindros passam por uma inspeção visual (2), sendo enviados para as instalações de testes e reparo caso estejam fora do padrão visual definido. Os aprovados são encaminhados para o processo de enchimento (3) e são armazenados no estoque (4). Desta localidade, são enviados a distribuidores para posterior entrega a clientes (5 e 6), quando são trocados por cilindros vazios, prática conhecida como *1-to-1 swap* (troca de um para um). Os cilindros vazios recuperados retornam a fábrica em um fluxo reverso (7 e 8), fechando o ciclo.

O piloto foi realizado na filial de Juiz de Fora (MG) durante seis meses do ano de 1995 e envolveu as operações reais da unidade, cobrindo todas as etapas do processo, desde a produção até a distribuição a consumidores finais. Faziam parte desta operação 2.100 cilindros, 5 caminhões e cerca de 2.500 clientes. Foram usadas etiquetas RFID passivas de baixa frequência, *read-only*, e computadores portáteis (*handhelds*) para registro das informações obtidas pelos leitores nas diversas etapas do processo. Para armazenamento e processamento das informações, foi utilizado um *software* de rastreamento de cilindros. Os *kits* foram disponibilizados para os cinco caminhões envolvidos no piloto, bem como na plataforma de enchimento. As etiquetas foram fixadas no colarinho dos cilindros, em processo fora da linha de produção.

O piloto apresentou resultados técnicos satisfatórios. A taxa de sucesso de leitura chegou a quase 100%, apesar da tecnologia utilizada exigir uma proximidade de 3,5 a 5,0 cm para a sua realização, o que gerava dificuldades quando realizada em grandes áreas de estocagem, onde os mesmos são dispostos em filas. A operação foi bem recebida por motoristas e operadores, após breve período de adaptação, bem como por clientes, que julgaram positivas as potenciais melhorias na qualidade e controle dos fluxos no futuro.

No geral, a tecnologia RFID mostrou-se confiável e operacional para o rastreamento dos cilindros, sendo que todos os objetivos listados no início do projeto foram considerados passíveis de serem atingidos. Surpreendentemente, o projeto foi suspenso após seis meses por motivos de custo.

Alguns anos mais tarde, em 2002, dada a premente necessidade de controle individual de cilindros na cadeia, a White Martins retomou um projeto de rastreamento baseado em código de barras, com foco em uma solução de menor custo. As dificuldades operacionais inerentes ao uso desta tecnologia em ambientes hostis, onde os cilindros estão sujeitos à ação da água, sujeira e desgaste mecânico relacionado ao seu manuseio, levaram a uma nova interrupção do piloto.

Os problemas que motivaram o projeto de 1995 persistem, como a falta de visibilidade dos ativos em partes da cadeia, encolhimento da população de cilindros devido à perda ou danos relacionados ao mau uso, e incertezas no que tange os tempos de ciclo e taxas de retorno. Os atuais gestores da White Martins reconhecem que a tecnologia não estava suficientemente madura àquela época,

influenciando também negativamente os custos relacionados. Estes gestores destacam que o padrão de etiquetas LF foi substituído pelo padrão UHF em aplicações na área de logística, e que o mercado hoje possui uma oferta diversificada de soluções integradas (*hardware*, *software* e serviços), reduzindo não só os custos, mas como os riscos de um projeto deste porte. O projeto inicial de 1995 consistiu em um esforço técnico isolado, uma vez que muitos dos objetivos definidos dependiam de integrações com os sistemas de informação e alterações em processos, que nunca foram feitas. Desta forma, era percebido como apenas um “custo”, não sendo considerada realmente uma oportunidade de inovação através do uso integrado de novas tecnologias, informações e processos. A empresa reiniciou estudos envolvendo o uso de RFIDs no monitoramento de seus cilindros no início deste ano de 2013, ainda sem resultados concretos.

5.2

Caso Heineken: “*The Chip in Crate*”

Criada em 1864, tendo seus produtos comercializados em 178 países, a Cervejaria Heineken opera mais de 165 fábricas distribuídas por 70 países, empregando cerca de 85.000 funcionários. Líder do mercado europeu, ocupa a 3ª posição mundial em volume produzido. Em 2012, atingiu um faturamento de € 18,4 bilhões, com um lucro líquido de €2,9 bilhões, mais do que dobrando seus resultados do ano anterior. Neste mesmo ano, o volume total de cerveja produzida foi de 221,2 milhões de hectolitros, tendo o crescimento de suas operações em áreas de expansão como África, América Latina e Ásia compensado os reflexos negativos da baixa performance da Europa, seu principal mercado. A empresa engloba em seu *portfolio* de produtos mais de 250 marcas de cerveja e algumas cidras (Heineken, 2013).

O caso “*The chip in crate – The Heineken Case*” (O chip no engradado – O caso Heineken), publicado no livro *Managing Closed-Loop Supply Chains* (Flapper *et al.*, 2005), é um dos primeiros casos na literatura que descreve o uso da tecnologia RFID na gestão de artigos retornáveis, no caso engradados (itens de transporte retornáveis – RTIs) em cadeias do tipo *closed-loop*. Diferentemente da classificação utilizada neste trabalho, os autores englobam em uma única categoria – embalagens retornáveis (RPM), tanto os artigos em direto contato com

o produto em questão (embalagens primárias), no caso as garrafas retornáveis, como os itens retornáveis utilizados no transporte (RTI), no caso engradados e *pallets* (embalagens secundárias). Esta generalização não afeta negativamente a análise do caso, seus resultados e futuros desdobramentos, uma vez que todas as classes de artigos retornáveis apresentadas compartilham características logísticas similares. Assim sendo, os resultados obtidos nas análises de uma das classes pode ser estendido para todas as demais, em se tratando de artigos retornáveis (Carrasco-Galego *et al.*, 2009).

Uma parte significativa das vendas da Heineken é feita através de artigos retornáveis, incluindo garrafas, engradados e barris. Em 2001, aproximadamente 30 milhões de hectolitros de cerveja, que, na época, representavam perto de 47% do volume distribuído na Europa Ocidental, envolviam artigos retornáveis. Investimentos neste universo de itens atingiam cifras de €550 milhões, apenas na Heineken Europa, representando aproximadamente 7,5% do total do capital investido pela empresa. Esta necessidade deve-se à reposição por perda, quebra ou fim da vida útil, bem como para suportar iniciativas de marketing, como campanhas promocionais ou lançamentos de novos produtos.

Em abril de 2000, a Heineken iniciou um projeto piloto chamado “*Chip in Crate*”, para uma de suas marcas de cerveja vendida na Europa. O objetivo do projeto era obter, através do monitoramento dos tempos de ciclo de itens de transporte retornáveis, informações mais precisas para subsidiar os gestores na tomadas de decisões de longo prazo, como investimentos em engradados, bem como, no curto prazo, com melhores projeções para quantidades e tempos de retorno destas embalagens retornáveis às fabricas.

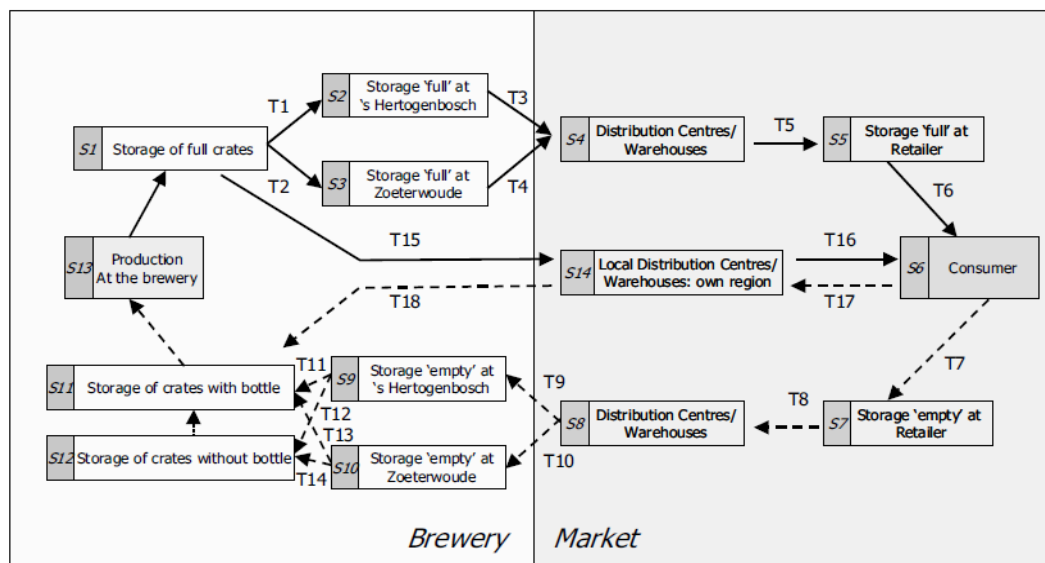


Figura 9: O ciclo fechado de engradados

(Fonte: Flapper *et al.*, 2005)

A Figura 9 apresenta o fluxo de engradados pelos diversos elos da cadeia de distribuição de cervejas na Europa. No gráfico, os “S”s representam os tempos gastos nos diferentes locais de armazenagem ou produção, enquanto os “T”s representam os tempos de transporte associados ao envio de lotes de produtos de uma localidade à outra. Os fluxos representados por linhas cheias na parte superior da Figura envolvem embalagens cheias, sendo os fluxos de embalagens vazias representados por linhas tracejadas na parte inferior do gráfico.

O tempo total que um engradado específico leva para retornar à linha de produção - tempo de ciclo - é a soma de todos os tempos de transporte e armazenagem apresentados na Figura. A fabricante tem o controle completo sobre os tempos gastos nas suas localidades, mas praticamente nenhum controle nos demais elos da cadeia, como distribuidores (S4, S8 e S14) ou pontos de venda e consumidores finais (S5, S6 e S7), bem como os tempos de transporte associados (T5, T6, T7, T8, T16, T17).

O projeto aproveitou-se da necessidade de substituição de todos os engradados para garrafas de 30cl da marca Brand, por questões relacionadas ao marketing deste produto. Normalmente, os engradados são utilizados exclusivamente por cada marca, já que possuem identidade visual associada mesma, com logotipo impresso e coloração compatível.

Os objetivos do projeto eram medir o tempo total de circulação de engradados da marca em questão através da cadeia de distribuição, definido como o intervalo de tempo entre duas entradas consecutivas de um engradado na linha de produção. Os resultados obtidos seriam utilizados para o cálculo da quantidade ótima de engradados necessários à operação, ou tamanho ótimo da população. O tamanho da população de engradados é função da demanda pelo produto e do tempo de ciclo. Como exemplo, se a demanda prevista de cerveja da marca Brand para uma semana qualquer for de 5.000 engradados, e cada engradado demorar 15 semanas para retornar à linha de produção, haverá uma necessidade inicial de 75.000 unidades. Como existe uma política de estoque pulmão para atender a demanda de duas semanas, haveria uma necessidade de, pelo menos, 85.000 engradados, excluindo-se fatores como perdas ou quebras na cadeia, ou variações inesperadas na demanda.

O projeto também tinha como objetivo refinar as informações já disponíveis sobre o tempo de permanência de um engradado em estoque na fábrica. Os dados disponíveis eram baseados em uma contagem física diária de engradados cheios e vazios nas dependências da unidade.

Outros fatores relacionados ao negócio que motivaram o piloto, além das informações de tempos de ciclo e armazenagem descritas, foram:

- O uso de embalagens retornáveis é regulado pela legislação holandesa que, em muitos casos, é ainda mais restritiva do que as normas europeias. De acordo com esta legislação, a Heineken fica responsável por recuperar 90% de suas garrafas. Os engradados devem ser recuperados na sua totalidade, como parte integrante do sistema de retornáveis.
- As decisões de investimento na população de RTIs e RPMs têm impactado negativamente nos resultados financeiros da empresa. Tradicionalmente, a Heineken tem adotado uma política conservadora de superestimar suas necessidades de garrafas e demais artigos retornáveis, visando a minimizar os riscos de faltas. Esta abordagem resultou em altos níveis de estoques destes materiais, com consequente ineficiência de capital empregado e custos associados. Este fato tem levado a investimentos em pesquisas do tipo do

projeto em questão, aumentando o conhecimento sobre sua cadeia e consequente melhora nas previsões de retornos.

Os artigos retornáveis em questão - os engradados- , com um custo unitário em torno de €3,5 na época do projeto, não possuem uma vida útil pré-definida, e eram substituídos apenas ao final do seu ciclo de vida econômico (quando ainda não são tecnicamente obsoletos, mas não podem mais ser utilizados). Esta condição, que acontece a cada 8 a 10 anos, está relacionada principalmente a questões de marketing do produto distribuído nos mesmos.

Em relação ao tipo de tecnologia RFID adotada, foi escolhido um chip de baixa frequência (LF), *read-only*. Limitações técnicas e de custo existentes à época pesaram na escolha, aliada ao fato de se tratar apenas de um piloto, de escopo limitado no que tange os elos da cadeia de suprimentos. A aplicação do chip no engradado era feita à quente: o chip era aplicado no material plástico derretido do engradado, ficando totalmente invisível a olho nu após a aplicação. Com isso, apesar do piloto envolver apenas uma parte dos engradados utilizados na linha de produção, todos os engradados deveriam ser lidos. Os que possuíam chips aplicados tinham um identificador único lido na entrada da linha de produção, sendo este o único ponto de leitura desta informação em toda a cadeia de distribuição. Dois leitores, um em cada lado da linha, eram utilizados, uma vez que não era possível identificar nem a presença, nem a localização do chip nos engradados envolvidos no piloto. Os números identificadores eram registrados em uma base de dados com informações de data e hora de leitura, viabilizando o cálculo dos tempos de ciclo. Para inspeções de manutenção e verificação da integridade do chip, eram utilizadas lâmpadas (para identificar a localização do chip) e leitoras manuais. No projeto, os custos envolvidos incluíam o custo unitário do chip (€2 por chip, para um total de 10.000 unidades), a aplicação no engradado (€10 por engradado), os dois leitores na linha de produção (€2.000 cada), a lâmpada de localização (€20) e o leitor manual (€500). No total, excluindo-se a mão de obra interna e custos de execução do projeto, foram investidos €80.000 no piloto.

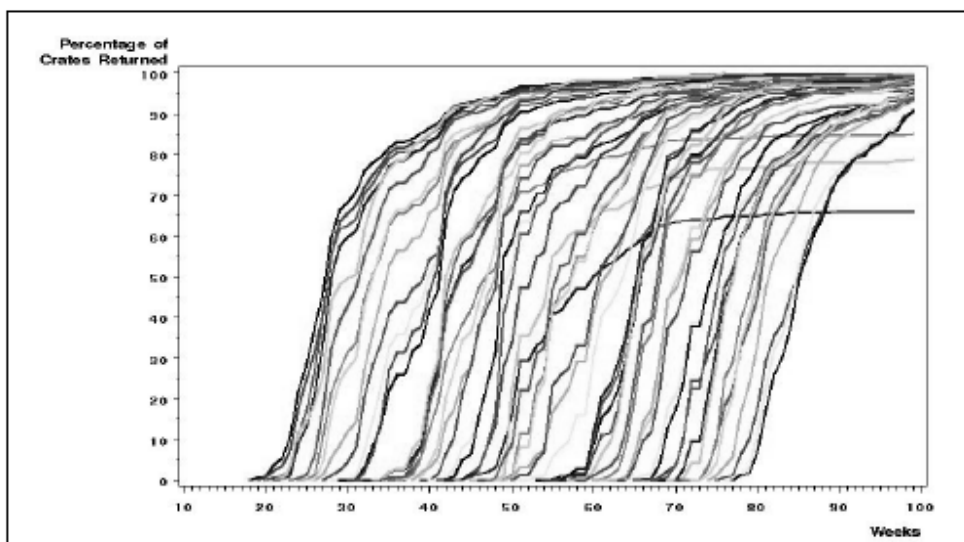


Figura 10: percentual semanal de retorno de engradados
(Fonte: Flapper *et al.*, 2005)

O projeto alcançou resultados bastante satisfatórios, apesar de algumas falhas no processo de leitura na linha. A Figura 10 mostra os resultados obtidos nas 80 primeiras semanas do experimento. Cada curva representa a evolução do percentual de engradados retornados em relação à venda realizada em uma dada semana, semana a semana. Por exemplo, examinando-se a primeira curva, mais à esquerda, referente aos retornos dos engradados utilizados nas vendas da semana 18, observa-se que os primeiros começam a retornar em quantidades mais significativas a partir da semana 21, crescendo fortemente até a semana 28, onde o nível de engradados retornados chega a 80%. Neste ponto, há uma desaceleração na taxa de retorno, demorando algumas dezenas de semanas para atingir taxas próximas de 100%.

O padrão de retorno de engradados vazios segue uma curva-S. 50% das unidades retornam para a fábrica após 8,5 semanas, havendo uma redução de taxas de retorno, levando 16 semanas para atingir 80% de retornos. O tempo médio de retorno é de 12,5 semanas. Algumas informações adicionais puderam ser extraídas do experimento. As variações nas curvas-S refletiram mudanças sazonais, ou até mesmo estruturais na cadeia de suprimentos, podendo fornecer dados importantes dos efeitos nas estratégias de distribuição de produtos. A análise individual da inclinação de cada curva permitiu um refinamento nas previsões de retorno de engradados, auxiliando o planejamento da produção. Da mesma forma, o padrão de comportamento dos engradados com chips (apenas

1,4% do universo total da fábrica) pode ser utilizado nas projeções de retorno de uma forma geral.

Nota-se que algumas poucas curvas, em torno das semanas 26 e 31 apresentaram um retorno máximo bastante abaixo da média geral, não passando de 70% no pior caso. Esta exceção é explicada por uma alteração no fluxo de engradados em semanas especiais de promoção ou alta demanda (Natal), quando engradados são manipulados fora das linhas de produção, sendo reinseridos na cadeia sem passarem pelos pontos de leitura das etiquetas RFID.

Os resultados financeiros decorrentes do piloto foram de difícil mensuração, uma vez que não era viável uma associação direta entre as informações obtidas e a melhorias na gestão da população de embalagens retornáveis. No entanto, muitas das informações obtidas serviriam com *insights* em futuras tomadas de decisão no desenho da cadeia de suprimentos ou até mesmo efetividade de ações de marketing, não vinculadas ao projeto no planejamento inicial. Mesmo com as considerações acima, o *case* apresenta, sem revelar a memória de cálculo por questões de confidencialidade, uma redução de 1 milhão de unidades da população total de engradados, devido às conclusões obtidas com o projeto, levando a um potencial de ganho de €3,5 milhões (Flapper *et al.*, 2005).

5.3

Caso Arla Foods Group

Arla Foods é a segunda maior empresa de laticínios da Europa e fabrica exclusivamente produtos derivados do leite. Seu maior mercado é a Grã-Bretanha, responsável por 33% de seu faturamento, contando também com forte presença nos países nórdicos, Alemanha e Holanda. Com sede na Dinamarca, a empresa mantém instalações em 12 países, tendo escritórios de vendas em outros 30, com um total de 18.000 funcionários. Com faturamento em 2012 de mais de € 8 bilhões, a empresa opera através de diversas marcas, como Lurpak, Arla e Castello, atingindo mais de 100 países com sua linha de produtos (Arla, 2013).

Para a distribuição de seus produtos, a empresa utiliza diversos tipos de RTIs, como *pallets*, engradados plásticos e *roll containers* (estantes metálicas com prateleiras e rodízios, usadas nos transporte e armazenagem de produtos).

Conforme debatido anteriormente neste trabalho, a Arla também enfrenta dificuldades na gestão e no controle de sua população de RTIs: há uma taxa de perda significativa e lhes faltam informações sobre a quantidade de RTIs em circulação ou em estoque nos diversos elos de sua cadeia de distribuição. Usando como referência suas compras anuais para reposição, estima-se que esta perda anual seja de aproximadamente 10% de toda sua população, devido ao mau uso, quebra ou roubo. Esta perda gera uma necessidade de investimento anuais de mais de € 2 milhões, motivando assim iniciativas na melhora de seus controles (Hellstrom e Johansson, 2010).

Motivada por questões operacionais (melhoria na armazenagem e otimização do espaço útil), a empresa decidiu introduzir um novo tipo de *roll container* à população existente, de cerca de 120.000 peças. Pela maior funcionalidade e por se tratar de uma inovação, este novo item estaria sujeito a uma perda ainda maior do que os 10% tradicionais, podendo chegar a taxas de até 20%, baseado na experiência de gestores. Aproveitando-se desta necessidade de investimento e do maior risco, a Arla Foods lançou um projeto de utilização da tecnologia RFID no rastreamento deste novo tipo de *roll container*, para, em conjunto com novas práticas de gestão, minimizar os problemas citados. Este piloto envolvia 6.000 *roll containers* circulando em uma cadeia fechada entre um centro de distribuição e seus clientes (pontos de venda de varejo). Em uma segunda fase, após a homologação da tecnologia, haveria a expansão para três outros centros de distribuição, atingindo uma população de 26 mil *containers*.

Conforme apresentado na Figura 11, foram definidos três pontos de coleta de dados: um no retorno dos *containers* ao centro de distribuição, outro após o processo de *picking* (separação e preparação de pedidos), onde seria criado o relacionamento entre o *container* e o cliente, e um terceiro no centro de manutenção. Um sistema de informação foi implantado para a armazenagem das transações e para a geração de informações sobre a movimentação dos RTIs, índices de quebra, tempos de ciclo e taxas de retorno por cliente ou rota.

O piloto requereu um investimento de € 300 mil, incluindo *hardware*, fixação das etiquetas de RFID, leitores, *software*, mão de obra e integração com os sistemas de gestão empresarial (ERP – *Enterprise Resource Planning*) e de gestão de armazéns (WMS – *Warehouse Management System*). Foram utilizadas etiquetas de 125 kHz (*low frequency*), por questões de custo, mas principalmente pela facilidade de leitura criada pelo uso de trilhos no deslocamento dos *containers* nos pontos de leitura. As etiquetas e os demais componentes da solução foram fornecidos por um único integrador (*system integrator*), sendo este o responsável pela solução fim-a-fim, garantido a integridade do processo de negócio como um todo, e não apenas do funcionamento correto das partes individualmente.

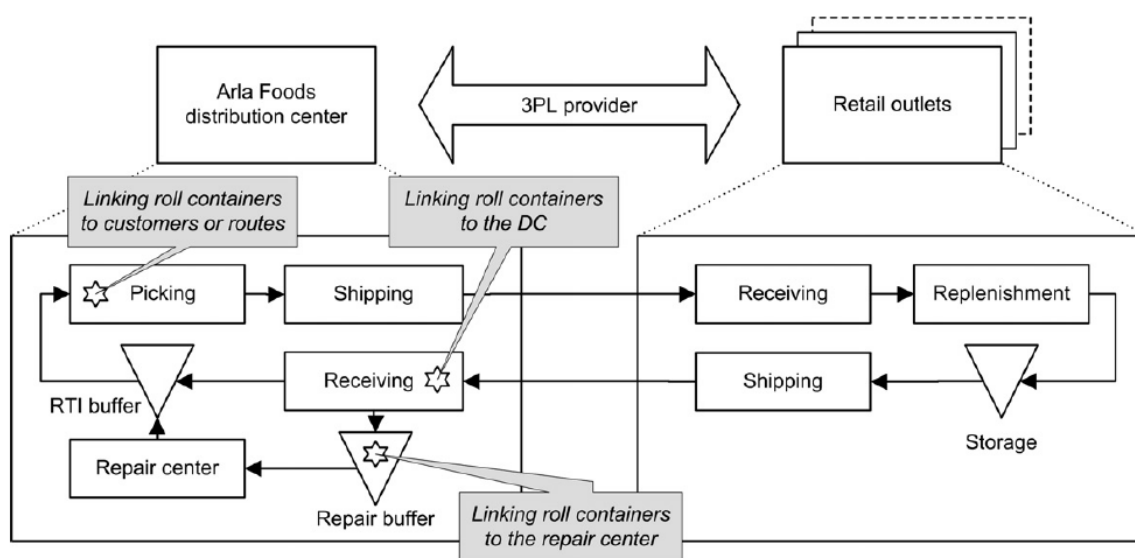


Figura 11: Cadeia e pontos de identificação de roll containers – Arla Foods
(Fonte: Hellstrom e Johansson., 2010)

No início de 2009, a empresa completou a implantação nos quatro centros de distribuição, cobrindo cerca de 20% do volume total transacionado, o que significava a entrega de 500 SKUs (*stock keeping units* – unidades de manutenção de estoque) a cerca de 14.000 pontos de venda.

O projeto atraiu a atenção de motoristas e clientes. A empresa colocou recursos financeiros e um esforço gerencial significativo na comunicação do novo processo, informando que *containers* agora eram passíveis de monitoramento e controle. Entretanto, alguns meses após a implantação, este interesse foi se reduzindo, fazendo com que a maioria dos processos voltasse a sua forma

anterior. Passado o primeiro ano, quando foi feita a análise gerencial das informações coletadas, identificou-se que a perda de containers na fase de alto interesse foi, surpreendentemente, próxima de zero. À medida que este interesse caiu, as taxas de perdas cresceram significativamente, chegando a mais de 15% anualizados em alguns meses. Os gestores concluíram que, sim, a tecnologia era viável e atingiria seus objetivos, mas não era “auto-suficiente”: uma gestão adequada e a tomada de ações baseadas das informações levantadas pelo sistema de monitoramento eram essenciais para o alcance destes objetivos.

Dois fatores críticos de sucesso ficaram claros para a empresa. Primeiramente, tratava-se de um projeto de negócio, com o objetivo de reduzir os investimentos em containers através da maior visibilidade desses itens na cadeia. O sistema de rastreamento baseado em RFID era apenas um meio de atingir esses objetivos. O outro foi que a maior dificuldade na implantação não estava vinculada à tecnologia, cujos problemas operacionais foram “facilmente” resolvidos pelo integrador. O ponto crítico estava relacionado à gestão da mudança, ao convencimento dos operadores responsáveis pelo processo de *picking*, que questionavam o “tempo perdido” nas operações adicionais trazidas pelo novo processo. Apenas após a explicação dos benefícios trazidos pelo projeto e do impacto positivo nas finanças da empresa é que o nível de aceitação do pessoal operacional envolvido atingiu níveis adequados (Hellstrom e Johansson, 2010).

No que tange o tipo de tecnologia RFID utilizada, a empresa considerou que, apesar do aumento da popularidade das etiquetas UHF em aplicações logísticas, as limitações de padrão e de distância mínima de leitura inerente às etiquetas LF não interferiram negativamente nos resultados do projeto, sendo relativamente simples a migração para UHF caso houvesse a demanda de clientes ou de outros atores da cadeia por esta troca.

5.4

Caso Ecomovistand

A indústria de gêneros alimentícios, mais especificamente a de alimentos frescos (hortifrutigranjeiros, carnes, laticínios, etc.) está no centro de um dos principais motivadores do uso de RTIs: a questão ambiental. Este setor é

responsável pela geração de milhares de toneladas de diversos tipos de resíduos, tanto pelas características de suas embalagens (primárias, secundárias e terciárias – por exemplo, papéis envolvendo frutas, que são colocadas em caixas de papelão, agrupadas em engradados, sendo transportadas em *pallets*), como pela fácil deterioração destas embalagens pelo contato com material orgânico. Agregam-se a estes desafios questões regulamentares, principalmente na Europa, onde a legislação exige a rastreabilidade de certos alimentos por toda a sua cadeia, visando à localização da origem de lotes contaminados, caso necessário.

Neste contexto, a empresa espanhola Ecomovistand, em colaboração com o *Telematics Reseach Group*, da Universidade Politécnica de Cartagena, desenvolveu um equipamento inovador e ecológico, similar aos tradicionais *roll containers*, denominado MT, para ser usado tanto como embalagem como equipamento de transporte na cadeia de distribuição de alimentos perecíveis (Martinez-Sala *et al.*, 2009).

Em uma visão simplificada, a cadeia de distribuição de alimentos perecíveis envolve as seguintes etapas:

- . Do produtor aos centros de distribuição - produtos são embalados, colocados em *pallets*, e transportados em caminhões;
- . Dos centros de distribuição aos pontos de venda - os lotes recebidos são inventariados, armazenados e despachados à medida que pedidos são feitos pelos pontos de venda;
- . Do ponto de venda aos consumidores – lotes são novamente inventariados e disponibilizados em prateleiras ou outros tipos de *display* para venda ao consumidor final.

Todas estas etapas demandam uma intensa alocação de mão de obra, necessária para colocação e retirada de película de plástico utilizada no transporte, realização de inventário e movimentação de caixas, colocação em *displays* nos pontos de venda, recolhimento de embalagens vazias e demais tipos de resíduos, dentre outras operações.

O equipamento em questão - MT - é feito de uma última geração de material plástico, com alta resistência mecânica e vida útil estimada em 10 anos.

Os MTs (Figura 12) se diferenciam dos *roll containers* normais pelas seguintes características: maior mobilidade, podendo ser transportados por pessoas ou empilhadeiras, como *pallets*; otimização de espaço, pois podem ser dobrados e empilhados para armazenagem quando vazios; suas prateleiras são removíveis, podendo ser usadas como *displays* no ponto de venda (Figura 13); suas características permitem uma fácil recuperação e limpeza, sendo ideais para reutilização (RTIs).

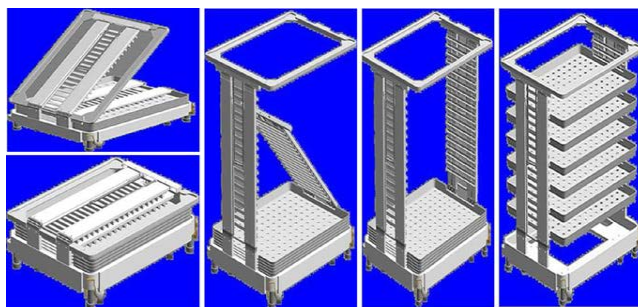


Figura 12: MT em suas diversas posições
(Fonte: Martinez-Sala *et al.*, 2009)



Figura 13: MT em exposição no ponto de venda
(Fonte: Martinez-Sala *et al.*, 2009)

A principal contribuição do caso apresentado para o conteúdo deste trabalho é o modelo de negócio definido pela empresa para a sua comercialização, tão inovador como o produto em si. O produto é oferecido através de um sistema de aluguel (*pooling system*), tornando crucial para a empresa a sua capacidade de controlar e rastrear cada item individualmente, não apenas pelo seu alto valor unitário, mas também pela intenção de manter o tamanho da sua população no menor nível possível, viabilizando economicamente o modelo, dado que o custo de aluguel é limitado pelo mercado. Além do produto em si, a Ecomovistand também entrega uma série de serviços de alto valor agregado a seus clientes,

como visibilidade da cadeia de distribuição, informações sobre a temperatura durante a distribuição e a possibilidade de rastreamento dos produtos distribuídos.

A tecnologia RFID está no centro da solução tecnológica que viabiliza esta oferta de serviços agregados. Foi feita a opção por etiquetas de RFID ativas, combinadas com sensores de temperatura, como alternativa ao uso de etiquetas UHF, mais populares em aplicações logísticas. Os principais motivos foram:

- A possibilidade de realizar a leitura das etiquetas de maiores distâncias: os MTs são transportados por empilhadeiras, em grandes armazéns ou portões de docas de carga e descarga, o que envolve distâncias de leitura incompatíveis com a tecnologia UHF;
- O uso de sensores, de temperatura no caso em questão, requer fontes de energia, disponíveis nas etiquetas ativas;
- A rastreabilidade de produtos perecíveis requer um sistema de leitura e escrita nas etiquetas, que deve ter uma capacidade de armazenamento de dados compatível com a aplicação desejada;
- Esta rastreabilidade também exigirá a utilização de leitores em variados pontos da cadeia. Leitores de etiquetas passivas envolvem altos investimentos, o que não acontece na tecnologia ativa, onde leitores de baixo custo viabilizam sua utilização em múltiplos pontos da cadeia.

Estes leitores de etiquetas, desenvolvidos especificamente para esta aplicação, possuem a capacidade de conexão a redes *wi-fi* ou modems seriais, viabilizando a transmissão de dados para uma base de dados centralizada. Esta base é acessada por um sistema de informação, disponível na Internet, que permite que os clientes tenham acesso às informações desejadas.

Um modelo de negócio similar já está sendo utilizado pela *iGPS - Intelligent Global Pooling System* (IGPS, 2013). Trata-se de uma empresa de aluguel de *pallets*, também baseada em um sistema de *pooling*. Os *pallets*, produzidos em material plástico ecológico, são equipados com quatro etiquetas RFID UHF cada, que, através de sistema de informação similar ao utilizado pela Ecomovistand, permite a rastreabilidade dos *pallets* pelos seus clientes. A

multiplicidade de etiquetas em um único *pallet* minimiza as restrições de leitura inerentes à tecnologia UHF.

Observa-se, nestes dois exemplos, uma mudança significativa na abordagem utilizada: o uso da tecnologia RFID deixa de ser apenas parte de uma tentativa de solução de um problema de negócio já existente, como falta de visibilidade na cadeia ou encolhimento da população de RTIs, e torna-se um viabilizador de um modelo de negócios inovador, através da combinação de um simples aluguel de ativos com serviços de alto valor agregado para o cliente final.

5.5

Considerações

Os resultados reportados nos casos apresentados indicam que, com a evolução da tecnologia RFID, as questões técnicas e financeiras relacionadas ao seu uso na gestão de artigos retornáveis em CLSCs não podem mais ser consideradas as principais barreiras a serem superadas. Mesmo em 1995, no caso White Martins, a tecnologia mostrou-se viável, apesar de seus custos à época ainda não estivessem em níveis satisfatórios. Mais recentemente, como no caso Arla Foods, implantado em 2009, a maturidade da tecnologia já permitiu que se encontrasse no mercado empresas que aportassem a solução tecnológica completa, integrada e homologada, a custos que permitiram retornos sobre o investimento em prazos bastante agressivos, próximos de um ano.

Tabela 6: Casos de uso de RFID na indústria de GLP ou gases industriais
(Fonte: Desenvolvido pelo autor)

Empresa	Produto	Cientes	Características
Athelia	Gasflow	Air Liquide (França) CEPSA (Espanha) Ferrelgas (EEUU) Repsol (Espanha)	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento de cilindros pela cadeia completa, do fabricante ao consumidor; • Possibilidade de automação da produção • Provê sistema de informação
IDTEK	Pegasus	Aygaz (Turquia) Galp (Portugal)	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento de cilindros pela cadeia completa, do fabricante ao consumidor; • Foco na automação da produção • Provê sistema de informação • Leitores e dispositivos móveis fazem parte da solução
Americas	Titan	Hyunday (Coreia do Sul)	<ul style="list-style-type: none"> • UHF EPC Gen 2, em parceria com a empresa Coreana RFcamp • Foco em automação industrial • Possibilidade de rastreamento na cadeia, ainda não implantado em clientes
Active Wave	Hunter	Supergasbras	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto piloto no rastreamento de cilindros de GLP • Solução comprovada em outros segmentos: gestão de ativos em aeroportos, controle de ativos em distribuidores de energia, monitoração e controle de fluxos em áreas portuárias • Necessidade de customização da solução de software

Mesmo em ambientes considerados hostis às características da tecnologia RFID, como quando envolvem líquidos e metais, o mercado já oferece soluções prontas que validam a afirmação acima. A Tabela 6 apresenta a variedade de soluções encontradas no mercado para o uso de RFIDs no controle de cilindros de GLP ou gases industriais, retratado no caso White Martins, e também objeto do estudo apresentado no capítulo seguinte, onde a indústria de GLP no Brasil será analisada em mais detalhes.

Neste contexto, não sendo mais a tecnologia em si o principal desafio, sua aplicação enfrenta barreiras similares aos projetos de tecnologia de uma forma geral, sendo estas mais relacionadas ao ambiente em que a empresa está inserida do que à tecnologia em si. Práticas de gestão, revisão ou redesenho de processos impactados pela nova tecnologia, e disponibilidade e uso adequado da informação são fatores essenciais para o alcance dos objetivos traçados. Hellstrom (2009), quando analisando os resultados do caso Arla Foods, reforça esta conclusão.

Uma pesquisa realizada pela empresa de consultoria empresarial americana McKinsey (2012), em parceria com a Universidade de Oxford, concluiu que 45% dos grandes projetos de tecnologia incorrem em despesas acima do previsto, enquanto 56% alcançam resultados aquém do esperado. Ainda mais alarmante, o fracasso de 17% deles é grave o suficiente para colocar em risco a existência da empresa. A pesquisa, que englobou 5.400 projetos de TI, concluiu que são quatro os fatores críticos para reduzir estes riscos: foco na estratégia e na gestão dos *stakeholders* da empresa, ao invés de concentrar-se apenas na tecnologia em implantação; envolver equipes alinhadas com os objetivos do projeto, preferencialmente com incentivos tangíveis, como esquemas de bônus ou remuneração variável; dominar competências chave de gestão de projetos; e garantir que os recursos internos e externos essenciais à implantação permaneçam disponíveis durante todo o período do projeto.

Kotter (1995), em seu vasto trabalho sobre a gestão da mudança, traz a responsabilidade do sucesso de projetos que envolvem inovação para os principais líderes da organização. São apresentados em seu trabalho alguns passos essenciais para o sucesso de processos de transformação, sendo a grande maioria relacionada a pessoas, a comunicação entre elas, e a forma como são conduzidas durante o processo de mudança.

No escopo específico deste trabalho, através da análise sistemática casos apresentados, são identificados alguns pontos críticos que, aliados ao amadurecimento da tecnologia RFID em projetos de cadeia de suprimentos, contribuem fortemente para o sucesso de projetos deste tipo:

- . **A presença de um integrador**, especialista na tecnologia em si e na aplicação em questão. Tanto no caso Arla Foods, onde foi utilizada uma empresa de mercado, como no caso Ecomovistand, onde foi firmada uma parceria com um instituto de pesquisa, a responsabilidade pela tecnologia em si permaneceu com este integrador, permitindo que os recursos internos das empresas focassem nos seus processos de negócio e sua gestão. Integradores atualmente aportam uma competência essencial para o sucesso de projetos envolvendo fabricantes e tecnologias diversas.

- . O **equilíbrio entre riscos e benefícios** entre os diversos atores de uma cadeia, em projetos que transcendem as fronteiras de uma organização. O comportamento e a colaboração destes atores, especialmente nas partes de baixa visibilidade da cadeia, podem ser influenciados através de incentivos ou práticas de gestão, levando ao comportamento desejado (Hellstrom *et al.*, 2011). Neste contexto, a tecnologia RFID apenas aporta os meios para que estas práticas sejam aplicadas.
- . O **controle e a gestão** adequados do negócio ou processos. Hellstrom e Johansson (2010) afirmam que a simples coleta de dados não implica diretamente na existência da rastreabilidade dos ativos nas partes menos visíveis da cadeia. Para isso, há a necessidade do uso destes dados na gestão efetiva do processo. Carrasco-Gallego e Ponce-Cueto (2010b) compilaram uma série de estratégias de controle para evitar o encolhimento da população de RAs, como a cobrança de depósitos ou aluguel, práticas de troca de 1-para-1, ou simplesmente a responsabilização (*accountability*) dos atores. Algumas delas estão presentes nos casos apresentados em associação ao uso do rastreamento via RFID.
- . O foco na **gestão da mudança**. Projetos de implantação de RFID em cadeias logísticas irão impactar a forma que a empresa conduz seus negócios e como seus empregados realizam suas atividades. Compreender estas mudanças ainda nos estágios iniciais do processo e preparar a organização para elas é chave para o sucesso do projeto. Além do impacto organizacional, uma **comunicação adequada**, internamente e nos diversos elos da cadeia, também faz parte desta gestão (Edwards, 2012). Observa-se nos casos apresentados, tanto na percepção positiva dos clientes da White Martins após comunicação efetiva dos benefícios do projeto, como na degradação dos resultados do novo processo no caso Arla Foods, à medida que se enfraqueceu a comunicação com os parceiros de cadeia, a importância de um fluxo de informações claro e perene no tempo.
- . A **revisão dos processos de negócio** no escopo do projeto. A simples introdução de uma nova tecnologia em um processo operacional já existente não necessariamente leva aos benefícios esperados. A tecnologia deve ser um

agente viabilizador de novos processos de negócio, muitas vezes até peça chave em um novo modelo de negócios, como nos exemplos das empresas Ecomovistand e iGPS. A completa inserção da tecnologia e dos novos processos deve ser acompanhada da integração com os sistemas legados já existentes, ponto positivo do caso Arla Foods. A inexistência desta integração contribui para que a iniciativa permaneça limitada às fronteiras de uma única área ou departamento.

- . O **envolvimento da alta gestão** e demais *stakeholders*, desde a fase de planejamento do projeto. Roberti (2012) afirma que muitos dos pilotos bem sucedidos que não se tornaram parte efetiva do negócio foram impactados negativamente pela falta de envolvimento ou conhecimento de *CEOs*, que os consideraram apenas mais um transtorno com impacto em custos do que parte da solução.
- . A atenção à possibilidade de captura de **benefícios secundários**, além da redução da perda de ativos ou melhores informações sobre tempo de ciclo ou taxas de retorno. O controle individualizado destes ativos abre um campo vasto de oportunidades, passando pelos serviços agregados na cadeia de gêneros alimentícios, automação das linhas de produção no enchimento de cilindros de gases industriais ou *insights* para novas estratégias de marketing no mercado de cervejas.

Undubitavelmente, projetos envolvendo a aplicação de RFID em logística são complexos. Moore (2012) relembra que se trata de iniciativas que envolvem os “caprichos” de ondas de rádio, mudanças nas práticas operacionais, integração de dados e a coordenação de empresas com papéis e objetivos distintos em uma mesma cadeia de distribuição. Entretanto, os progressos feitos por fabricantes e integradores da redução dos custos e da complexidade das soluções, aliado à maturidade alcançada pelas empresas em projetos de tecnologia e inovação de uma forma geral, faz com que a sua adoção, principalmente em nichos favoráveis como cadeias fechadas envolvendo ativos de custo unitário significativo e grandes populações, gere retornos bastante positivos.

Proposta de aplicação na indústria do gás liquefeito de petróleo no Brasil

O objetivo deste capítulo é apresentar uma proposta de aplicação da tecnologia RFID na gestão de botijões de gás liquefeito de petróleo (GLP) no mercado brasileiro, levando-se em consideração as conclusões alcançadas no decorrer deste trabalho e as características existentes neste mercado, que corroboram para este tipo de aplicação.

Após uma breve apresentação do histórico da indústria e dos principais desafios que motivam a iniciativa, será apresentada a proposta em si, as soluções tecnológicas já validadas em testes de viabilidade e os potenciais benefícios para as empresas distribuidoras e para a indústria como um todo.

6.1

Apresentação da Indústria de GLP

O GLP é um combustível elaborado a partir do craqueamento do petróleo ou pelo processo de absorção das partículas pesadas do gás natural úmido. Composto predominantemente da mistura de dois hidrocarbonetos, Propano (C_3H_8) e Butano (C_4H_{10}), quando mantido sob um nível pequeno de compressão (12 Kg/cm^2) permanece em estado líquido e é relativamente estável.

No Brasil, popularmente conhecido como gás de cozinha, é comercializado na forma granel ou em diversos tipos de recipientes, de capacidades que vão de 2 kg a grandes cilindros de 90 kg. Seu principal uso é o doméstico, primariamente para cocção, onde predomina a embalagem de 13 kg, mas também é utilizado em aplicações comerciais, como em empilhadeiras (botijões de 20 kg) ou em processos variados de geração de calor (aquecimento de água, geração de vapor, aquecimento de ambientes, entre outros). São comercializadas 7 milhões de toneladas de GLP anualmente, gerando um faturamento bruto de mais de R\$ 19 bilhões (Sindigás, 2012).

Dada às características físico-químicas citadas, o GLP é uma fonte de energia de fácil transporte, podendo ser envasado e transportado à temperatura ambiente e armazenado por longos períodos sem deteriorar-se. Dona de uma logística capilar, a sua distribuição, acondicionada em botijões de aço, atinge 100% dos municípios brasileiros, com cobertura mais extensa que a água tratada, correios e outros bens e serviços de consumo de massa. Dados mostram que, de um total de 58.577 mil residências, apenas 939 mil não tinham fogão a gás (1,6%). Sua cobertura só é inferior a da energia elétrica, com apenas 1,1% das residências sem iluminação. Mensalmente são distribuídos mais de 33 milhões de botijões, sendo cerca de 80% deles entregues em domicílio (Ditta, 2012).

O mercado brasileiro de GLP é relativamente consolidado, com 22 empresas distribuidoras em operação, sendo que as cinco maiores detêm cerca de 94% do mercado. No segmento granel, estas distribuidoras fazem a entrega do produto diretamente ao consumidor final. Já no segmento envasado, objeto deste estudo, esta comercialização é feita predominantemente através de uma rede de revendedores e pontos de venda. Existem cerca de 37.000 pontos de venda distribuídos pelo território nacional, sendo abastecidos diretamente ou através de revendedores (Sindigás, 2012).

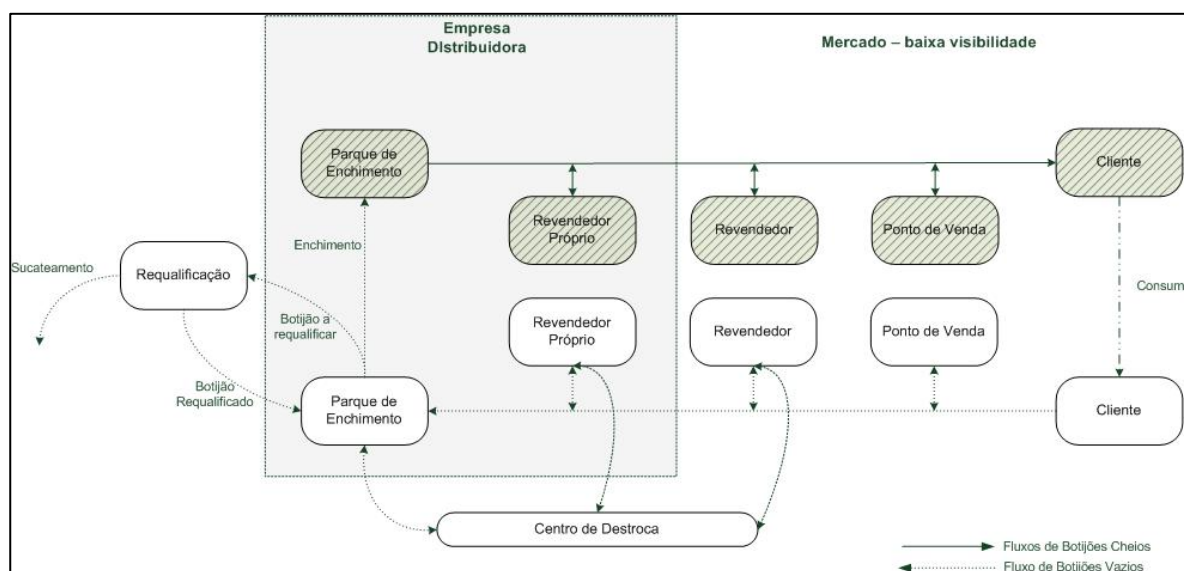


Figura 14: A cadeia de distribuição do GLP envasado

No Brasil, a distribuição de GLP em botijões é um caso clássico de cadeia de distribuição tipo *closed-loop*. A Figura 14 apresenta, de forma genérica, seus principais atores e fluxos. As figuras hachuradas e os fluxos em linhas sólidas

representam localizações de estoque e movimentações de botijões cheios, enquanto as figuras sem preenchimento e os fluxos em linhas pontilhadas, de botijões vazios. Uma vez realizado o processo de enchimento, os botijões chegam ao consumidor final através de uma longa cadeia de distribuição. O consumidor final pode ser abastecido diretamente pelas distribuidoras, seus distribuidores próprios, revendedores independentes ou pontos de venda. O fluxo reverso pode percorrer o mesmo caminho, realimentando as linhas de produção.

A legislação brasileira estabelece que cada empresa distribuidora só pode utilizar os botijões de sua própria marca, gravada em alto-relevo no corpo e na alça de cada botijão (Figura 15). Esta prática visa a garantir que todos os botijões em circulação estejam dentro das normas de segurança definidas pelo Inmetro e que, em caso de acidentes, seja viável a identificação da empresa responsável pelo produto. Pelo lado das empresas distribuidoras, esta prática, conhecida como “enchimento da própria marca”, traz a proteção para seus investimentos na qualidade de seus botijões, uma vez que somente ela poderá usufruir deste ativo.



Figura 15: Aplicação da marca no botijão de GLP
(Fonte: Supergasbras)

No mercado brasileiro, diferentemente da prática mais comumente utilizada no mundo, onde predomina o sistema de depósitos, o consumidor final é o proprietário do botijão. Por ocasião de sua primeira compra, há o pagamento não apenas do conteúdo em GLP, mas também do botijão em si. A partir deste momento, passa a valer o sistema *1-to-1 swap* (entrega de um botijão vazio no momento da compra de um cheio), sendo que a legislação obriga as empresas

distribuidoras a aceitar botijões vazios de qualquer marca no instante das compras subsequentes. Desta forma, o consumidor tem a liberdade de trocar de marca a cada compra, sem a necessidade de adquirir um novo recipiente da nova marca.

Este processo traz uma grande complexidade ao fluxo de retorno dos botijões vazios às fábricas de enchimento - a parte de logística reversa da cadeia fechada. Impedidas de encher os botijões de outras marcas recolhidos nos diversos elos da cadeia, as empresas distribuidoras são obrigadas a destrocar seus ativos, seja diretamente com seus concorrentes, seja nos chamados Centros de Destroca, entidades independentes reguladas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2003).

Todas as características descritas acima fazem com que exista a necessidade de popular a cadeia com uma quantidade bem superior de botijões em comparação a um tamanho ideal teórico de população. Esta prática supre a necessidade de estoques nos diversos elos da cadeia, estoques no consumidor final, as referidas ineficiências no processo de destroca e o pulmão necessário no processo de enchimento. Surpreendentemente, Carrasco-Gallego e Ponce-Cueto (2010a) constataram que não existe uma metodologia clara na indústria de uma forma geral para o cálculo o tamanho ótimo desta população. No caso da indústria de GLP brasileira, estima-se que sejam necessários quatro botijões circulando para cada botijão vendido. Este número, antes um consenso entre os diversos atores deste mercado, vem sendo questionado, já que vêm ocorrendo mudanças no consumo de GLP pela população brasileira, com a diminuição do número de habitantes por residência e uma maior utilização de alternativas como fornos de micro-ondas ou refeições feitas fora da residência (IBGE, 2011).

6.2

O histórico do problema da requalificação

Assim como diversos outros setores da economia àquela época, o mercado de distribuição de GLP, até o final da década de 80, sofria forte regulamentação por parte do Estado. Toda a sua cadeia de valor e distribuição era controlada pelo governo, desde o monopólio no fornecimento do produto, passando pelos preços de venda, áreas geográficas de atuação das empresas distribuidoras e todas as margens nos diversos elos da cadeia. Paradoxalmente, este rígido controle deixou

as empresas do setor em uma posição relativamente confortável: em contrapartida à regulamentação, o Estado subsidiava os preços do botijão para o consumidor final e as ineficiências operacionais eram mascaradas por este subsídio.

O ambiente inflacionário, um controle de preços incompatível com o aumento dos custos do setor, aliado a baixa eficiência operacional citada, levou a um rápido sucateamento da indústria. A súbita desregulamentação do mercado, ocorrida em 1990, com a liberação das áreas geográficas de atuação e a flexibilização parcial de preços de venda domiciliar, concomitante ao encerramento dos subsídios governamentais, encontrou uma indústria despreparada para o aumento da concorrência.

Neste contexto, a falta de fiscalização levou à prática do desrespeito à marca: as empresas utilizavam botijões indistintamente, independentemente do nome da empresa gravado no mesmo. Esta prática desestimulava o investimento em novos botijões, ou até mesmo na manutenção periódica definida nas normas vigentes. Em pouco tempo, as empresas estavam enfrentando sérias dificuldades financeiras (as menos preparadas à beira da falência) e a indústria, por consequência, encontrava-se totalmente sucateada.

Visando à reversão deste cenário, foi assinado, em 1996, o chamado código de autorregulamentação. As empresas se comprometeram a respeitar as normas de qualidade e segurança para seus botijões e, em contrapartida, o governo garantiu a completa flexibilização dos preços na cadeia de valor, bem como um reforço na fiscalização. Como consequência deste código, haveria uma renovação da população de botijões existentes no mercado - cerca de 80 milhões de botijões à época – até 2011.

A norma de qualidade em questão define que, decorridos 15 anos da fabricação e, subsequentemente a cada 10 anos, o botijão deve passar por uma de verificação interna e externa de seu estado e condições de uso. São realizados teste de resistência e de vazamento para confirmar se o recipiente está adequado para retornar ao mercado para um novo período de 10 anos. Caso não seja aprovado, o botijão deve ser sucateado. Os botijões aprovados, após o término do processo, que envolve a troca da base, da alça, algumas outras peças e recuperação da pintura, recebem um selo de certificação, que indica a data limite da próxima vistoria.

Este processo, chamado de requalificação, foi implantado conjuntamente com os Centros de Destroca, entidades privadas onde as empresa poderiam destrocar botijões de outras marcas recebidos de consumidores ou revendedores pelos seus próprios, viabilizando operacionalmente o enchimento somente da sua própria marca.

Mesmo com todos os esforços operacionais e investimentos realizados, ainda hoje, já encerrado o prazo acordado, encontra-se no mercado botijões “vencidos”, ou seja, que já deveriam ter passado pelo processo de requalificação. As empresas alegam que cumpriram suas cotas anuais de botijões a serem requalificados, e que este saldo legado é devido ao erro nas estimativas de total de botijões existentes no mercado. Existem também questões operacionais que contribuíram para permanência deste legado, como limitações de capacidade de fabricantes e requalificadores, bem como restrições operacionais: caso todos os botijões irregulares (vencidos, ou sem informações suficientes de marca ou data para verificação de sua validade) fossem retirados subitamente de circulação, haveria um desabastecimento do mercado por falta de embalagem. Desde o início deste processo, já foram sucateados 12 milhões de botijões, o que representou um investimento de R\$ 1,6 bilhão (a preços de hoje) em sua reposição (SINDIGÁS, 2011).

6.3

Motivadores do estudo

A indústria de GLP brasileira passa por um momento de transformação. Passada a crise do final da década de 90 e o período de estabilização dos anos 2000, o mercado hoje é liderado por empresas sólidas, com capacidade de investimento e visão de longo prazo (Figura 16).



Figura 16: Market share
(Fonte: Sindigás, 2013)

O Governo, mesmo não tendo controle direto sobre os preços praticados ao consumidor final, alinhado a sua política de assistencialismo de programas como a Bolsa Família, exerce influência indireta para que o valor do botijão de 13kg permaneça no mais baixo nível possível (Figura 17). Reforça esta abordagem o fato dos preços praticados pela Petrobrás para o GLP destinado ao mercado doméstico não sofrerem aumento desde 2003, mesmo com o alto grau de volatilidade do preço do petróleo e das taxas de câmbio (ANP, 2013). Não podendo aumentar sua rentabilidade através de melhores margens, e sendo o preço do produto estável e único para todas as empresas, as distribuidoras passaram a ter um grande foco na redução de seus custos operacionais.

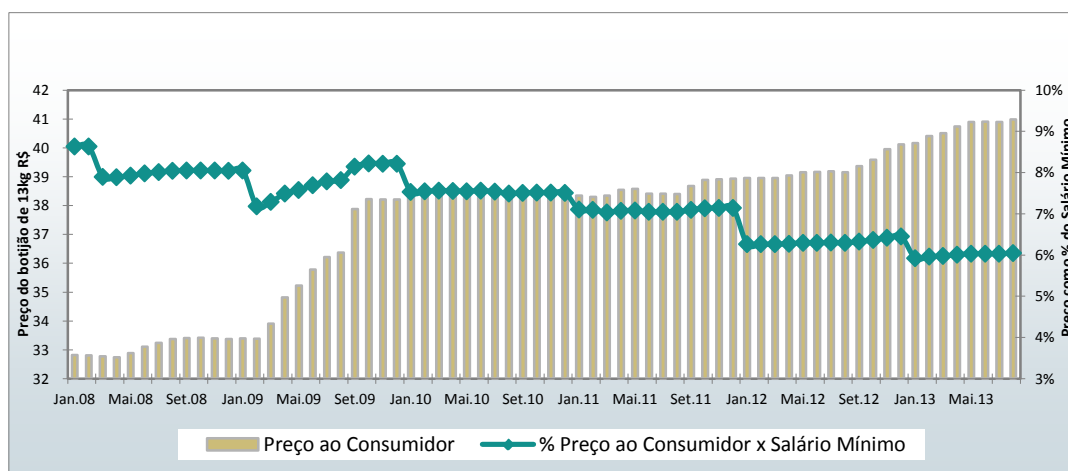


Figura 17: Preços do botijão de 13Kg: absoluto e relativo ao salário mínimo
(Fonte: ANP, 2013)

Pelo lado do Governo, a existência deste legado de botijões fora de especificação ainda em circulação, aliada a uma percepção de baixa evolução tecnológica em comparação a outras indústrias, faz com que os órgãos reguladores, neste caso específico, a ANP (Agência Nacional de Petróleo), procurem meios de aumentar a fiscalização e garantir que chegue ao consumidor final um produto seguro e de qualidade.

6.4

Proposta de Solução

Neste contexto, existe a oportunidade da implantação de um controle individual dos botijões de GLP de 13kg, através do uso da tecnologia RFID, que viabilizaria processos mais avançados de gestão e controle, com o rastreamento de cilindros durante todo seu ciclo de vida, do fabricante aos clientes. A ANP, o Sindigás e algumas das empresas do setor vêm analisando esta possibilidade, mas sem progressos concretos no que tange uma definição sobre que tecnologia a utilizar ou padrões para o armazenamento das informações necessárias aos novos controles e processos.

6.4.1

Comprovação da aplicabilidade da teoria no caso do mercado de GLP

Fazendo-se uma análise da aplicabilidade do uso de RFIDs no controle individual de botijões no mercado brasileiro de GLP com base na teoria apresentada neste trabalho, pode-se afirmar que são encontradas as principais características e fatores motivadores que confirmam esta aplicabilidade:

- . Trata-se de uma cadeia fechada baseada integralmente na reutilização de embalagens retornáveis, cujo custo unitário é alto em relação ao produto transportado (relação de cinco para um).
- . A população de ativos circulantes neste mercado é significativamente elevada, fazendo com que o montante total do capital investido nestes ativos seja de grande monta.

- . A cadeia de distribuição em questão envolve diversos atores, levando, em alguns casos, a uma distância significativa entre a fabricante do produto e seu consumidor final, contribuindo para que haja baixa visibilidade dos botijões pela empresa proprietária.
- . Em se tratando de um produto com características de *commodities*, com baixo nível de diferenciação, aliado a possibilidade de troca de fornecedores a cada compra pelo consumidor final, faz com que haja um baixo grau de fidelização do cliente final, gerando uma baixa previsibilidade nos tempos de ciclo e taxas de retorno (comportamentos irregulares de compra). Este fato, aliado os baixos níveis de estoques mantidos pelas empresas distribuidoras (próximo de um dia), faz com que seja praticado um superdimensionamento da população de botijões, contribuindo ainda mais para o aumento do capital investido nestes ativos.
- . Em se tratando de um produto de primeira necessidade com características especiais de uso e segurança, sofre forte fiscalização do governo e seus órgãos reguladores, sendo inevitável algum nível de controle individual destes ativos, como data de fabricação e tara, diferentemente de outros RAs, como *pallets* de madeira ou embalagens de vidro.

6.4.2

Descrição da Solução

Por envolver uma indústria completa e sua cadeia de distribuição, esta proposta baseia-se nos padrões mais utilizados para aplicações em logística, de forma a permitir que empresas fornecedoras capacitadas possam disponibilizar soluções integradas para os diversos atores deste mercado. Experiências similares já ocorreram em projetos que envolveram toda uma indústria ou setor, como a implantação do SPB – Sistema de Pagamentos Brasileiro, criado em 2001 pelo Banco Central do Brasil (BCB, 2013), ou o advento da nota fiscal eletrônica, introduzida pela Secretaria da Receita Federal do Brasil em 2006 (RFB, 2013).

Dentro desta abordagem, propõem-se a utilização etiquetas que implementam o protocolo UHF EPC Classe1 Gen2/ISO 18000-6 (frequência de

840 a 960 MHz), encapsulados de forma a atender às necessidades de funcionamento em ambiente metálico com a presença de líquidos.

Cada etiqueta deverá conter, no mínimo, as seguintes informações:

- . Identificador baseado no padrão Global Returnable Asset Identifier (GRAI), contendo código da empresa, tipo de ativo e número serial único;
- . Código da empresa fabricante e mês e ano de fabricação;
- . Código da empresa requalificadora e ano da próxima requalificação;
- . Tara.

Este conjunto de informações atende tanto às necessidades iniciais de fiscalização por parte dos órgãos reguladores, como às possibilidades de automação das linhas de produção nas unidades engarrafadoras. Como estas informações já estão disponíveis no corpo do botijão, não há impacto negativo envolvendo a confidencialidade de informações ou risco à privacidade de clientes. Informações adicionais de rastreamento e controle da cadeia de distribuição deverão ser armazenadas em bases de dados externas, através de sistemas de informações de responsabilidade das empresas, de forma independente, dada a complexidade de se manter estes dados em bases comuns e unificadas, tanto por questões técnicas, como por questões envolvendo o controle da concorrência. Incluem-se nesta categoria o vínculo entre o botijão e o cliente, tratamento de informações no corpo de notas fiscais, controle de botijões em poder de revendedores, dentre diversas outras possibilidades.

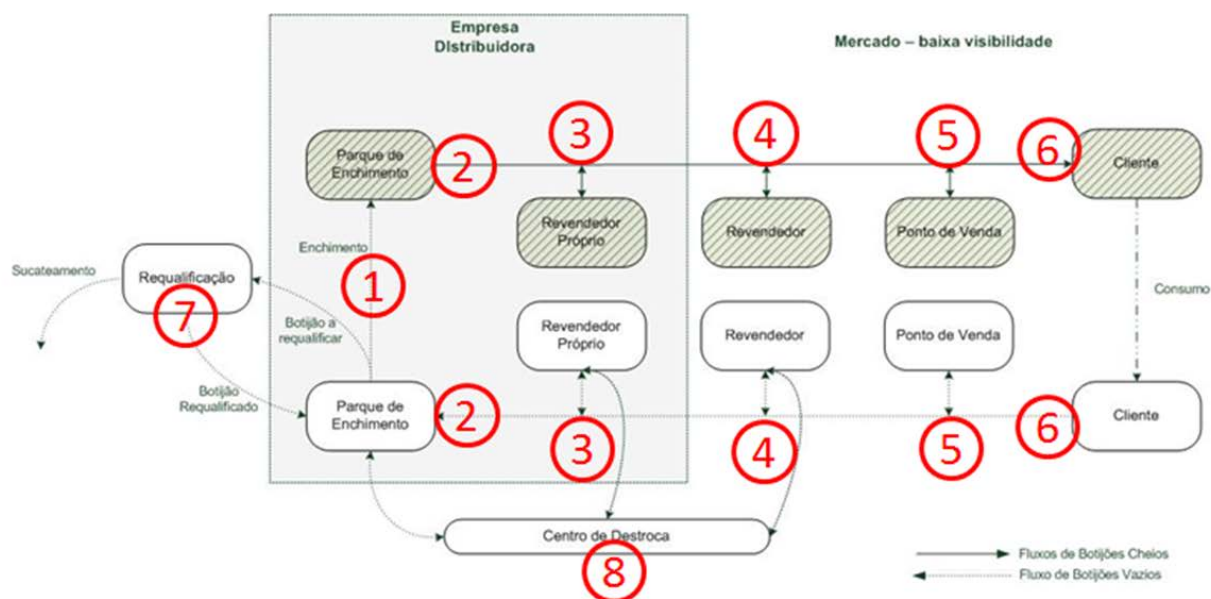


Figura 18: Pontos de leitura na cadeia

O processo de recuperação das informações envolverá três tipos de leitores:

- Um leitor fixo a ser instalado nas linhas de produção, representado pela posição 1 na Figura 18, viabilizando as automações de enchimento, através do *input* automático da tara, e de segregação de botijões com datas de requalificação vencidas;
- Um portal de leitura a ser instalado nas entradas e saídas dos pátios de engarrafadoras e vendas próprias (posições 2 e 3), automatizando o processo de contagem de veículos e controle de inventário;
- Um leitor portátil a ser utilizado nos momentos de carga e descarga nas instalações de revendedores, pontos de venda ou clientes (posições de 4 a 6).

Todos os equipamentos instalados nas dependências dos parques de enchimento deverão atender às especificações ATEX (*Atmospheres Explosives* - atmosferas explosivas).

Esta proposta inicial não contempla possíveis usos da tecnologia nos processos existentes na unidade requalificadora (7) ou nos centros de destroca (8),

apesar do potencial ganho decorrente de melhores níveis de automação ou controle.

Visando à validação da tecnologia proposta, foram realizados testes de viabilidade operacional com algumas empresas integradoras existentes no mercado. Para isto, foi criado um sistema de esteiras em ciclo fechado (chamado de autorama), operando a uma velocidade de 30 metros/minuto, equivalente ao equipamento de enchimento denominado *FlexSpeed*, da empresa dinamarquesa Kosan Crisplant, com a melhor performance existente hoje no mercado brasileiro. Os índices de leitura atingiram marcas de 100%, não só na recuperação da informação, mas também respeitando o sequenciamento dos botijões, um dos problemas enfrentados na utilização da tecnologia UHF, onde a leitura é feita através da propagação do sinal.

Também foram realizados testes de leitura de lotes ainda embarcados em caminhões. Nestes casos, as etiquetas fixadas em botijões devem ser lidas quando da passagem do veículo por um portal, onde são instaladas antenas de maior potência. Os veículos continham uma carga de 231 botijões, dispostos em lotes de 7 botijões de largura, por 11 de comprimento e 3 de altura. Após um refinamento no programa responsável pelo tratamento das múltiplas leituras, bem como ajustes na disposição e potência das antenas, foram alcançadas taxas de leitura próximas a 100%. Dada a complexidade deste tipo de leitura, os testes foram apenas indicativos da viabilidade da operação, mas novos desenvolvimentos devem ser feito para garantir os 100% de acuracidade necessários nestes casos.

Um dos principais desafios do projeto será a instalação das etiquetas nos botijões já em circulação, sem aguardar um próximo processo de requalificação. Considerando que todos os botijões novos ou requalificados seriam colocados em circulação já com suas etiquetas instaladas, ainda sim demorariam até 15 anos (considerando os novos recentemente colocados no mercado) para que toda a população estivesse “etiquetada”. Assim sendo, algumas alternativas estão sendo avaliadas, como linhas secundárias de etiquetagem nos principais parques de enchimento, sem que haja prejuízo à operação normal das distribuidoras.

No que tange as plataformas de integração e sistemas de informação necessários aos controles secundários de rastreamento gestão da cadeia, os principais fornecedores já disponibilizam aplicações com as funcionalidades necessárias a este fim.

6.5

Análise de impacto nos agentes envolvidos

Estes novos processos, aliados a diversas possibilidades de automação, viriam ao encontro das necessidades dos principais *stakeholders* deste mercado.

6.5.1

Governo e órgãos reguladores

Há a possibilidade de uma evolução nos processos de controle e fiscalização por parte da ANP e demais órgãos reguladores, como Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) ou Corpo de Bombeiros. A utilização de padrões de mercado torna esta informação acessível em qualquer ponto da cadeia.

Através da automação das linhas de produção nos parques de enchimento, pode-se viabilizar uma segregação automática de botijões vencidos, bem como a geração de estatísticas para estes órgãos reguladores, dentre outras possibilidades. Esta automação também pode ser levada para o processo de requalificação, realizado por empresas especializadas, aumentando a confiabilidade na emissão dos certificados de requalificação, com a criação de uma base de dados com informações detalhadas sobre este processo, para futuras análises e fiscalizações.

6.5.2

Empresas distribuidoras

Certamente as mais impactadas pelo projeto, mas também com os maiores potenciais de benefícios, dentre os quais destacam-se:

- A realização de uma melhor gestão de sua população de botijões, com informações mais precisas de taxas de retorno e tempos de ciclo.
- A automação de seus processos produtivos, como a leitura e *input* da tara dos botijões no momento do enchimento ou segregação automática na linha de botijões vencidos.

- . Melhoria dos processos de controle, como a automação da contagem do caminhão em etapas como portaria ou estação de carga e descarga.
- . Evolução significativa nos processos e controle nos demais elos da cadeia, principalmente a jusante, envolvendo revendedores, pontos de venda e até mesmo o consumidor final. As práticas de compartilhamento do risco, ou ferramentas de gestão citadas nas considerações do Capítulo 5, passam a dispor de informações mais precisas para sua implantação.
- . Otimização de ativos e investimentos, seja através de melhores informações para o dimensionamento do tamanho ideal da população, seja através da melhoria da produtividade da população existente, com a identificação de botijões de baixo giro em locais antes “obscuros” da cadeia, como maus revendedores e Centros de Destroca. Em se tratando de uma rede com topologia multidepósito, há a possibilidade de migração de botijões para áreas distantes do seu ponto de origem, fato muitas vezes promovido intencionalmente por empresas concorrentes. A identificação do caminho percorrido por estes botijões na cadeia também contribui para o cerceamento desta prática.
- . Aumento da precisão no processo de enchimento, pois o *input* automático da tara permite o uso de até duas casas decimais, reduzindo o risco de penalidades devido ao enchimento insuficiente em alguns casos, ou redução da perda de produto devido a práticas de sobre-enchimento por excesso de segurança.
- . Manutenção de um histórico de informações relevantes à operação, como histórico de manutenções, características de consumo de clientes por área geográfica ou períodos do ano, taxas de perdas e danos por revendedor ou área geográfica, indicadores chave de performance como tamanho real do ciclo, idade média do botijão, pelas diversas dimensões de negócio (região, cliente, fábrica, etc.).

6.5.3

Consumidores

Para estes, os principais benefícios são decorrentes dos avanços descritos anteriormente. Um mercado mais bem regulado e fiscalizado, agregado a um processo de produção e distribuição mais avançado leva a um produto de melhor qualidade e segurança, bem como a um melhor processo de distribuição.

Com a possibilidade de vínculo do identificador do produto ao cliente através da transação comercial e referida nota fiscal, reduz-se também a possibilidade de fraudes impetradas aos clientes por motoristas e ajudantes, infelizmente prática relativamente comum neste mercado.

6.6

Considerações sobre potencial de ganho

Para uma empresa distribuidora, o custo de produção e distribuição de botijões de 13kg, é definido, de forma genérica, por:

$$Custo_{total} = Custo_{ativo} + Custo_{produção} + Custo_{distribuição} + Custo_{produto}$$

onde:

$$Custo_{ativo} = \frac{C_{aquisição} + C_{requalificação} + (\% Sucata \times C_{aquisição})}{Vol \text{ por botijão} \times GIRO \times Vida \text{ Útil}}$$

$$GIRO = \frac{Venda \text{ Anual (kg)}}{13 \text{ kg} \times Total \text{ Botijões}}$$

$$Custo_{produção} = \frac{CMO_{bra_{prod}} \times Q_{MO_{bra_{prod}}}}{Produção} + \frac{CFixo_{prod}}{Produção} + CVar_{prod}$$

$$Custo_{Distrib.} = \left(\frac{(Deprec + CMO_{bra_{distr.}} + CFixo_{distrib}) \times Frota}{Produção} \right) + \frac{(CVar_{distrib} \times Km \text{ por Viagem} \times Q_{viagens} \text{ por Frota} \times Frota)}{Produção}$$

$$Frota = \frac{Produção}{Cap \text{ Veículo}}$$

$$Cap \text{ Veículo} = 1000 \text{ botijões} \times 0,013 \text{ ton/botijão} \times Q_{viagens}$$

$$Q_{viagens} = \frac{220 \text{ horas úteis/mês}}{T_{viagem}}$$

$$T_{viagem} = T_{setup} + \frac{Km \text{ por Viagem}}{Vel \text{ Média}}$$

$$Custo_{produto} = Custo_{GLP} + (Custo_{GLP} \times \%Sobra)$$

Conforme descrito em seções anteriores, a utilização de um controle individual de botijões através do uso da tecnologia RFID leva a inúmeras possibilidades de ganho. Entretanto, para fins desta análise, focou-se nos benefícios gerados em três áreas bastante específicas: otimização da população de botijões, com consequente redução do custo de ativo, através do aumento do giro do botijão e taxas de retorno; redução dos custos de produção, através de automações na planta; e redução da frota, através da otimização dos tempos de viagem, através da redução dos tempos gastos em processos de preparação do caminhão dentro da planta, como contagem, segregação ou emissão de notas fiscais.

Tabela 7: Valores referência para cálculo dos benefícios

Referência	Valor	U.M.	Descrição
Custo aquisição (<i>C aquisição</i>)	93	R\$	Custo de aquisição de 1 botijão de 13kg
Novo custo aquisição (<i>C aquisição</i>)	96	R\$	Custo acrescido da etiqueta RFID, já colocada
Custo de GLP (<i>Custo_{GLP}</i>)	1.500	R\$/ton	Custo referência para 1 tonelada de GLP
Custo de requalificação (<i>C requalificação</i>)	13	R\$/botijão 13 kg	Custo referência para requalificação de 1 botijão de 13kg
Depreciação (<i>Deprec</i>)	5.000	R\$/mês	Depreciação carreta em 60 meses
Km por viagem	200	Km	Valor referência de uma viagem (ida e volta)
Produção	4.000	Ton/mês	Valor referência para produção e distribuição em 1 mês
Velocidade Média (<i>Vel Média</i>)	33	Km/h	Velocidade média para fins de cálculo

Tabela 8: Parâmetros e faixas de valores para simulação

Parâmetros	Valor Base	U.M.	Mínimo	Máximo
Custo fixo distribuição (<i>CFixo_{distrib}</i>)	2.000,00	R\$/mês	1.920,00	2.200,00
Custo fixo de produção (<i>CFixo_{prod}</i>)	38,00	R\$/ton	26,00	47,00
Custo de mão de obra distribuição (<i>CMObra_{distr}</i>)	5.303,00	R\$/mês	4.610,00	6.024,00
Custo mão de obra produção (<i>CMObra_{prod}</i>)	5.267,00	R\$/mês	4.186,00	5.918,00
Custo variável distribuição (<i>CVar_{distrib}</i>)	1,70	R\$/km	1,55	1,80
Custo variável de produção (<i>CVar_{prod}</i>)	24	R\$/ton	22,00	27,00
Percentual de sobra de GLP (<i>%Sobra</i>)	0,5%		0,2%	0,6%

Tabela 9: Impactos do uso do RFID

Variáveis	Valor Base	U.M.	Ganho % Mínimo	Ganho % Médio	Ganho % Máximo
Custo mão de obra distribuição (<i>CMObra_{distr}</i>)	5.303,00	R\$/mês			
Giro	3,47	vezes/ano	5	10	15
Percentual de sobra de GLP (<i>%Sobra</i>)	0,5%		0	5	10
Percentual de sucata (<i>%Sucata</i>)	10%		0	7	15
Quantidade mão de obra produção (<i>QMObra_{prod}</i>)	30	pessoas	10	15	20
Tempo de <i>setup</i> (<i>T_{setup}</i>)	4	horas	20	30	40

As Tabelas 7 e 8 apresentam os valores referência e os parâmetros de custos utilizados nos cálculos, tendo como referência uma planta de enchimento de botijões com produção de 4.000 toneladas de GLP por mês, operando em um único turno. Estes valores foram obtidos diretamente com empresas distribuidoras. As expectativas de ganho apresentadas na Tabela 9 foram fornecidas por gestores que atuam no setor, e são compatíveis com resultados reportados em estudos de casos similares (Ilic *et al.*, 2009; Angeles, 2005; CEPISA, 2013). Optou-se sempre por valores conservadores, o que explica a ausência de ganhos mínimos em alguns dos parâmetros utilizados.

Para uma análise de sensibilidade dos resultados obtidos, foi utilizada uma simulação de Monte Carlo (Clemen e Reilly, 2001). Como os dados tabulados para os ganhos apenas fornecem indicações para os valores base, mínimo e máximo, optou-se pelo uso de distribuições PERT para a modelagem das incertezas nos parâmetros de entrada (PMBOK, 2004). Baseado nas faixas de valores das Tabelas 8 e 9, foram simulados 10.000 cenários randomicamente instanciados, para comparar o comportamento dos custos com e sem a utilização da tecnologia RFID. A Figura 19 representa a distribuição de frequência dos percentuais de redução de custos alcançados com a utilização da tecnologia RFID, sendo a Figura 20 a distribuição de frequência dos ganhos em valores absolutos, expressos em Reais por tonelada de GLP distribuída.

O resultado obtido nesta análise indica uma redução de custos de 5,79% com 95% de confiabilidade (Figura 19), representando uma redução no custo da ordem de R\$ 14,90 por tonelada distribuída (Figura 20). Em se tratando de um mercado de larga escala, com vendas da ordem de 5,2 milhões de toneladas ao ano, a indústria teria um potencial de ganho da ordem de R\$ 77,5 milhões, com a mesma probabilidade. Mesmo com confiabilidade de 99%, os ganhos por tonelada chegam a R\$ 13,70, com um impacto para a indústria como um todo da ordem de R\$ 71,24 milhões ao ano.

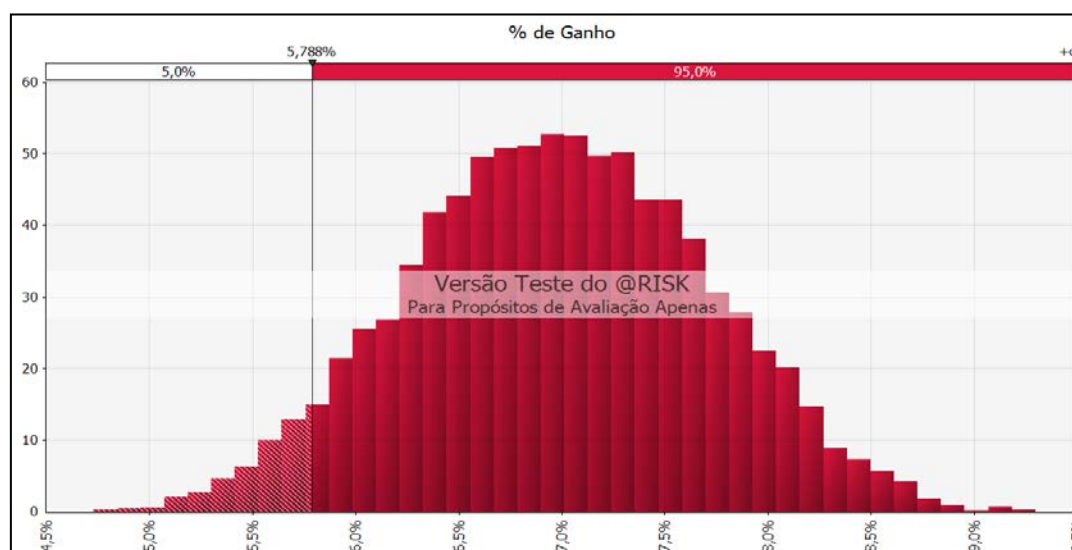


Figura 19: Ganhos percentuais com 95% de probabilidade

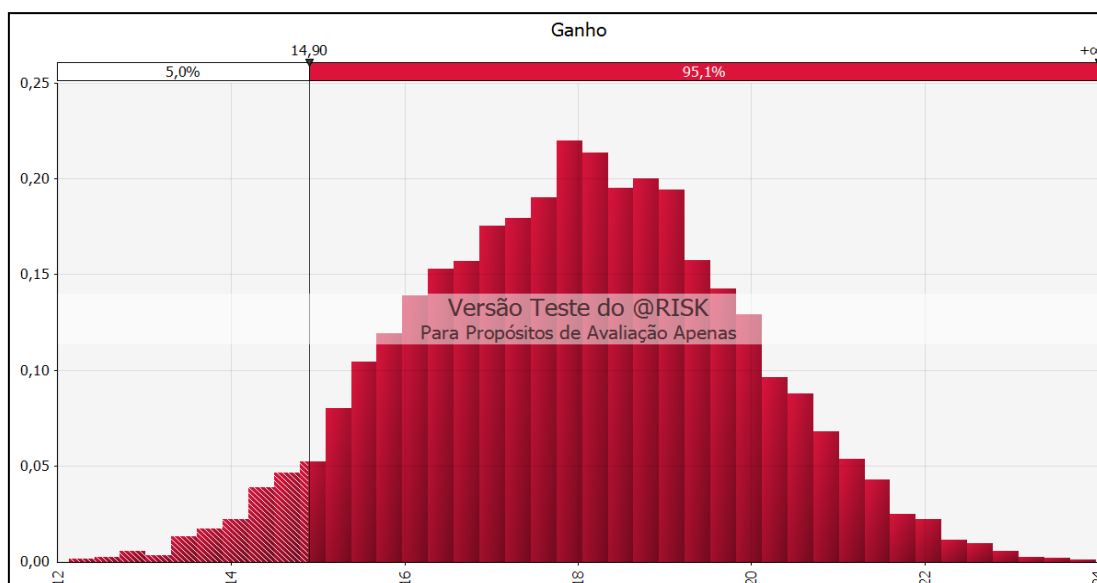


Figura 20: Ganhos em R\$/ton com 95% de probabilidade

A Figura 21 apresenta um gráfico tornado, com os ganhos em valores absolutos no eixo “X” e as variáveis utilizadas nesta análise de sensibilidade no eixo “Y”. Neste tipo de representação, quanto mais larga a barra, maior a sensibilidade do ganho ao parâmetro em questão. Observa-se que o aumento do giro do botijão é a variável que mais influencia os ganhos obtidos, seguido da redução da quantidade de mão de obra utilizada na produção. Sendo a primeira um efeito indireto do melhor controle do botijão na cadeia, e, por consequência, de mais difícil obtenção, a segunda é diretamente relacionada às possibilidades de automação na linha de produção, ações internas que tornam a captura do ganho potencial bem mais simples.

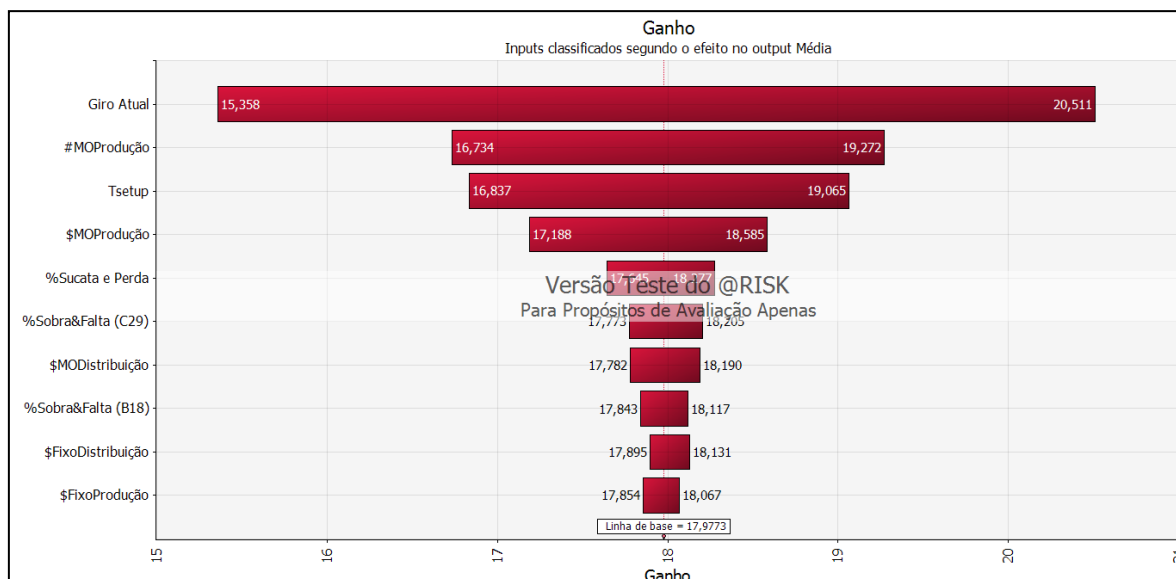


Figura 21: Análise de sensibilidade dos efeitos do RFID

A Figura 22 apresenta as curvas de probabilidade cumulativa para a alternativa de uso do RFID (em azul) e para a alternativa de não uso (em vermelho). O gráfico permite constatar-se a existência de uma dominância estocástica da alternativa de uso da tecnologia RFID sobre a alternativa de não utilização. De forma geral, isso significa que, para quaisquer valores de custo, a probabilidade de termos custos superiores na alternativa de não utilização é sempre maior do que na alternativa de uso de RFID.

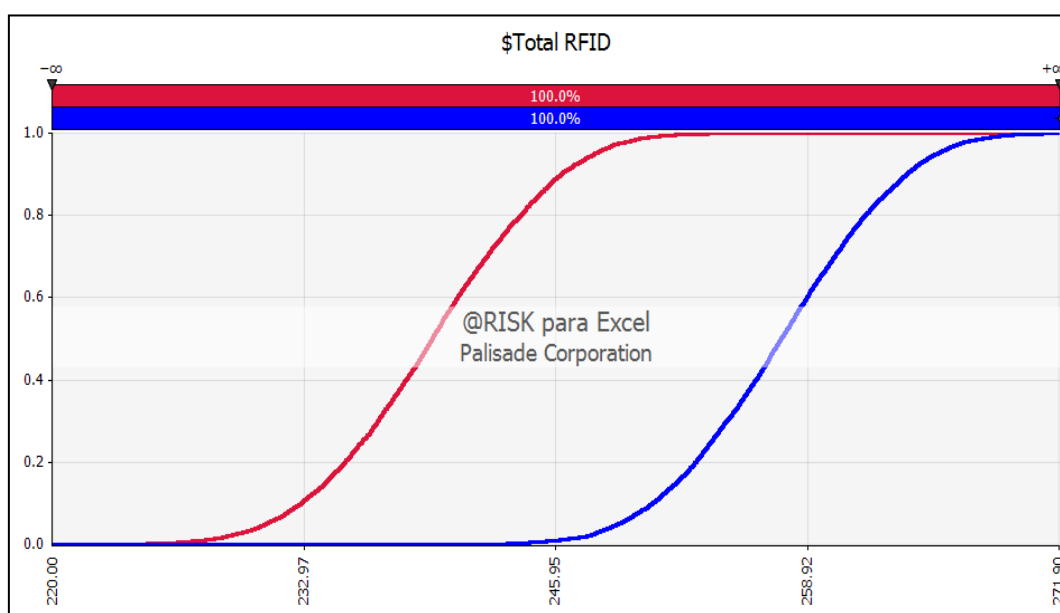


Figura 22: Dominância estocástica entre as opções

6.7

Considerações finais sobre o caso

Por se tratar de um movimento para toda a indústria, demandando investimentos consideráveis e mudanças significativas no *modus operandi* das empresas envolvidas, a efetiva implantação da proposta apresentada neste capítulo só ocorrerá através de regulamentação governamental, com definição clara dos padrões técnicos a serem utilizados, bem como do conjunto mínimo de informações a serem armazenadas.

A implantação de projeto semelhante por uma das empresas de distribuição de GLP de forma independente ainda poderia gerar parte destes benefícios. Entretanto, com a possibilidade de haver um movimento regulatório neste sentido, as empresas do setor optam por adotar uma postura conservadora, já que não há garantias sobre a proteção de qualquer investimento feito individualmente.

Certamente, além dos aspectos operacionais descritos, as empresas deverão estar atentas a todas as considerações apresentadas ao final do Capítulo 5, reduzindo o risco de não captura dos investimentos feitos de forma mandatória pelos órgãos reguladores, por falta de uma prática de gestão da mudança inadequada, ou deficiência na revisão de seus processos internos, dentre outros aspectos.

Parte significativa dos investimentos necessários à implantação desta proposta poderia ser absorvida por programas de incentivo à inovação tecnológica, como a Lei do Bem, proposta pelo Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação, na forma de benefícios fiscais (MCTI, 2013).

Conclusão

Seja por questões regulatórias e ambientais, seja por questões econômicas, o uso de artigos retornáveis, envolvendo embalagens primárias, secundárias ou produtos em si é uma realidade nas mais variadas cadeias de distribuição.

Especificamente em cadeias de distribuição fechadas, as chamadas *closed-loop supply chains*, a falta de visibilidade em algumas etapas do processo, aliada a carência de informações e métodos no controle de indicadores chave, como o tempo de ciclo ou taxa de retorno, têm impacto negativo relevante para as empresas proprietárias destes artigos retornáveis.

Como uma das possíveis soluções, a literatura mostra que há espaço para a introdução de um controle individual de artigos retornáveis nas CLSCs, viabilizando um rastreamento que aumentaria a visibilidade nas partes mais obscuras da cadeia, bem como melhorando a qualidade de informações necessárias à gestão adequada destas populações.

Neste contexto, a tecnologia de RFID surge como uma alternativa concreta para a implantação deste controle individual. Elevada a um status de tecnologia disruptiva, principalmente pela iniciativa de grandes cadeias varejistas ou órgãos de governo que investiram em sua popularização, o RFID não entregou os resultados esperados na velocidade em que o mercado esperava. A falta de empresas que aportassem soluções completas, problemas na definição de padrões, questões de segurança da informação e privacidade, ou simplesmente os custos envolvidos, fizeram com que muitas iniciativas de implantação não passassem de suas fases de projetos piloto.

Esta dissertação demonstra, através da análise dos casos, uma clara evolução na aplicação da tecnologia RFID no rastreamento de artigos retornáveis, especialmente em CLSCs. Os casos foram selecionados com o propósito de exemplificar esta evolução, partindo de um piloto tecnicamente bem sucedido, mas sem efetiva aplicação (caso White Martins), até o extremo oposto, onde uma empresa baseia todo o seu modelo de negócio nos benefícios trazidos pelo uso da tecnologia RFID no rastreamento de artigos retornáveis (caso Ecomovistand),

certamente complementado por outras ferramentas da área de tecnologia da informação, como transmissão de dados em redes sem fio ou Internet.

Entretanto, como em projetos que envolvem a aplicação de outras tecnologias que atingiram um grau adequado de maturidade, este trabalho traz como principal contribuição o alerta para outros fatores que se tornaram críticos para o alcance dos resultados esperados. Destacam-se, dentre eles, uma gestão adequada da comunicação e da mudança organizacional decorrente dos novos processos introduzidos pela tecnologia RFID, bem como o envolvimento dos demais atores da cadeia impactados pela nova tecnologia.

Como contribuição final, é proposta a aplicação do controle individual de artigos retornáveis em CLSCs no mercado de distribuição de GLP brasileiro. Possuindo teoricamente todas as características que justificariam esta abordagem, esta indústria tem algumas peculiaridades adicionais que potencializam os benefícios esperados, como a possibilidade de automação de alguns processos críticos nas etapas de enchimento ou distribuição, bem como a intenção do governo e seus órgãos fiscalizadores de melhorar a qualidade do produto em questão. Ganhariam com esta iniciativa todos os *stakeholders* citados neste trabalho, especialmente o consumidor final, o usuário doméstico de GLP, que, neste caso, trata-se praticamente da totalidade da população brasileira.

Em termos de perspectiva futura, deverá ser feita uma análise detalhada dos investimentos necessários, e, por consequência, do retorno sobre este investimento, pré-requisito imprescindível para uma aprovação final. Haverá, entretanto, a necessidade de amadurecimento da proposta, através de uma posição mais concreta do Governo sobre os padrões e informações a serem utilizados, bem como a abrangência do uso da tecnologia (apenas empresas distribuidoras, ou em todos os elos da cadeia de distribuição do GLP no Brasil).

Sem as expectativas exacerbadas do início deste século, mas certamente passada a fase de desilusão de alguns anos atrás, a tecnologia RFID pode sim ter um efeito transformador em cadeias que fazem uso de artigos retornáveis, desde que estas iniciativas saiam dos laboratórios ou departamentos técnicos e ganhe as mesas dos comitês de alta gestão das empresas.

Referências bibliográficas

ABERDEEN Group. RFID - Enabled Logistics Asset Management Benchmark Report. Aberdeen Group, Boston, MA. 2004. Disponível em http://www.glbinc.com/RFID_enabled_LAM_rpt.pdf.

ABI Research. RFID Market by Application and Vertical Sector. 2012. Disponível em <http://www.abiresearch.com/press/the-rfid-market-will-be-worth-over-70-billion-acro.pdf>.

ANGELES, R. RFID technologies: supply-chain applications and implementation issues. **Information Systems Management**, v. 22, n. 1, p. 51-65, 2005.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS – Portaria ANP Nº 297, DE 18.11.2003 – **DOU** 20.11.2003. Disponível em http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/folder_portarias_anp/portarias_anp_tec/2003/novembro/panp%20297%20-%202003.xml.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS – Preços GLP – Dados consultados ao longo de 2013 - <http://www.anp.gov.br>.

ARLA Foods – Annual Report, 2012. Disponível em <http://www.arla.com/service-links/press/#/documents>.

ATTARAN, M. Critical Success Factors and Challenges of Implementing RFID in Supply Chain Management. **Journal of Supply Chain and Operations Management**, v. 10, n. 1, p. 144, 2012.

BCB – Banco Central do Brasil. Sistema de Pagamentos Brasileiro. 2013. Disponível em <http://www.bcb.gov.br/?spb>.

BERNON, M. e CULLEN, J. An integrated approach to managing reverse logistics. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 10:1, p. 41-56, 2007.

CARRASCO-GALLEGO, R.; PONCE-CUETO, E. e DEKKER, R. A framework for closed-loop supply chains of reusable articles. **Econometric Institute Report**, v. 2009-21, 2009.

CARRASCO-GALLEGO, R. e PONCE-CUETO, E. A management model for closed-loop supply chains of reusable articles: defining the issues. **Dirección y Organización**, n. 42, 2010a.

CARRASCO-GALLEGO, R. e PONCE-CUETO, E. A management model for closed-loop supply chains of reusable articles: proposing solutions. **XIV Congreso de Ingeniería de Organización**, p. 1795-1804, 2010b.

CARRASCO-GALLEGU, R.; PONCE-CUETO, E. e DEKKER, R. Closed-loop supply chains of reusable articles: a typology grounded on case studies. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 19, p. 5582-5596, 2012.

CEPSA – Compañía Española de Petróleos S.A.U: Athelia Case Study, 2013. Disponível em <http://athelia.com/en/community/atheliasolutions/resource/gasflow/7e19218d-3e72-4def-8f03-55b2629bc49b>.

CHRISTOPHER, M. **Logistics and supply chain management**. Financial Times/Prentice Hall, 1992.

CLEMENS, R.T. e REILLY, T. **Making Hard Decisions with Decision Tools®**. 2001.

COOPER, M.C.; LAMBERT, D.M. e PAGH, J.D. Supply chain management: more than a new name for logistics. **The International Journal of Logistics Management**, v. 8, n. 1, p. 1-14, 1997.

DE BRITO, M.P. e DEKKER, R. **A framework for reverse logistics**. Springer Berlin Heidelberg, 2004.

DE JONGE, P.S. Making waves: RFID adoption in returnable packaging. **LogicaCMG**. 2004.

DITTA, P. Embalagens menores e a adoção de novos produtos: o caso do GLP na baixa renda. Dissertação de Mestrado em Administração de Empresas. Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2012.

EDWARDS, J. Best Practices: RFID Change Management. **RFID Journal**, 2012. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?10028>.

ERABUILD – RFID in Construction – 2006. Disponível em <https://www.rfidjournal.com/whitepapers/download?290>.

FEBRABAN, Intercâmbio de informações entre bancos e empresas, 2012. Disponível em <http://www.febraban.org.br/7Rof7SWg6qmyvwJcFwF7I0aSDf9jyV/sitefebraban/subcpadr12-layout%20padrao%20V%2008%2007%20-%2021.09%20-%20V1.pdf>.

FLAPPER, S.D.P.; VAN NUNEN, J.A. e VAN WASSENHOVE, L.N. **Managing closed-loop supply chains**, Springer, 2005.

GARTNER Hype Cycle for supply chain management, 2012. Disponível em <http://my.gartner.com/portal/server.pt?open=512&objID=235&mode=2&PageID=816364&resId=2096420&ref=QuickSearch&stkw=rfid+logistics>.

GS1 – EPC Global home page, 2013. Disponível em <http://www.gs1.org/epcglobal>.

GS1 GRAI – Executive Summary, 2008. Disponível em http://www.gs1.org/sites/default/files/docs/idkeys/GS1_GRAI_Executive_Summary.pdf.

GUIDE, V. Jr.; HARRISON, T. e VAN WASSENHOVE, L. The challenge of closed-loop supply chains. **Interfaces**, v. 33, n. 6, p. 3-6, 2003.

GUIDE, V.D.R. e VAN WASSENHOVE, L.N. The evolution of closed-loop supply chain research. **Operations Research**, v. 57, n. 1, p. 10-18, 2009.

Heineken – Company Profile, 2013. Disponível em <http://www.theheinekencompany.com/about-us/company-strategy/company-profile>.

HELLSTRÖM, D. The cost and process of implementing RFID technology to manage and control returnable transport items, **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 12:1, p. 1-21, 2009.

HELLSTRÖM, D. e JOHANSSON, O. The effect of asset visibility on managing returnable transport items. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 37, n. 10, p. 799-815, 2007.

HELLSTRÖM, D. e JOHANSSON, O. The impact of control strategies on the management of returnable transport items. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 46, n. 6, p. 1128-1139, 2010.

HELLSTRÖM, D.; JOHANSSON, C. e NORRMAN, A. Risk and gain sharing challenges in interorganisational implementation of RFID technology, **Int. J. Procurement Management**, v. 4, n. 5, p.513–534, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – Sidra – Banco de Dados Agregados – Dados consultados ao longo de 2011 e 2012 - <http://www.sidra.ibge.gov.br/>.

IGPS – Intelligent Global Pooling System – Company Profile. <http://www.igps.net>.

ILIC, A.; BOWMAN, P. e STAAKE, T. The value of RFID for RTI management. **Electronic Markets**, v. 19, n. 2-3, p. 125-135, 2009.

JONES, P.; CLARKE-HILL, C. e SHEARS, C. Radio frequency identification in the UK: opportunities and challenges. **International Journal of Retail & Distribution Management**, v. 32, n. 3, p. 164-171, 2004.

JUELS, A. RFID security and privacy: A research survey. **Selected Areas in Communications, IEEE Journal**, v. 24, n. 2, p. 381-394, 2006.

KELLE, P. e SILVER, E.A. Forecasting the returns of reusable containers. **Journal of Operations Management**, v. 8, n. 1, p. 17-35, 1989.

KOTTER, J.P. Leading change: Why transformation efforts fail. **Harvard business review**, v. 73, n. 2, p. 59-67, 1995.

LAMBERT, D.M. e COOPER, M.C. Issues in supply chain management. **Industrial marketing management**, v. 29, n. 1, p. 65-83, 2000.

LAMBERT, D.M. e JAMES, R. Stock. Strategic Physical Distribution Management. **Hollywood: Irwin**, 1981.

LINDEN, A. e FENN, J. Understanding Gartner's hype cycles. 2003. Disponível em <http://www.ask-force.org/web/Discourse/Linden-HypeCycle-2003.pdf>.

MARTÍNEZ-SALA, A.S.; EGEA-LÓPEZ, E.; GARCÍA-SÁNCHEZ, F. e GARCÍA-HARO, J. Tracking of returnable packaging and transport units with active RFID in the grocery supply chain. **Computers in Industry**, v. 60, p. 161-171, 2009.

MCTI – Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. Lei do Bem, Capítulo III, 2013. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/8586.html>.

McKinsey & Company - Delivering large-scale IT projects on time, on budget, and on value, 2012. Disponível em http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/delivering_large-scale_it_projects_on_time_on_budget_and_on_value.

MICHAEL, K. e MCCATHIE, L. The pros and cons of RFID in supply chain management. **ICMB 2005. IEEE**, p. 623-629, 2005.

MOORE, G. The Key to RFID Adoption. **RFID Journal**, 2012. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?9567>.

Motorola White Paper - Synchronize your Supply Chain with RFID – 2007. Disponível em http://www.motorolasolutions.com/web/Business/Products/RFID/RFID%20Readers/XR440/Documents/Static%20Files/synchronize_your_supply_chain_with_RFID_New.pdf.

NOGUEIRA FILHO, C. **Tecnologia RFID aplicada à Logística**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

PMBOK, Guia. Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos. **3ª Edição**, 2004.

Praxair Annual Report, 2012. Disponível em http://www.praxair.com/~media/Investor%20Sites/Annual%20Reports/Annual_Report_2012.ashx.

RFB – Receita Federal do Brasil. Nota Fiscal eletrônica, 2013. Disponível em <http://www.nfe.fazenda.gov.br/porta1/principal.aspx>.

ROBERTI, M. The history of RFID technology. **RFID Journal**. 2005. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/article/view/1338>.

ROBERTI, M. Physical and Psychological Barriers to RFID Adoption. **RFID**

Journal. 2010. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?7959>.

ROBERTI, M. It is time for CEOs to take the lead. *RFID Journal*. 2012. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?10235>.

ROBERTI, M. The Wal-Mart Begins RFID Rollout. *RFID Journal*. 2004. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?926>.

ROGERS, D.S. e TIBBEN-LEMBKE, R. An examination of reverse logistics practices. *Journal of business Logistics*, v. 22, n. 2, p. 129-148, 2001.

SARMA, S.; BROCK, D.L. e ASHTON, K. The networked physical world—proposals for engineering the next generation of computing, commerce & automatic identification. **White Paper, Auto-ID Center, MIT**. 2000.

SCAVARDA, L.F.; NOGUEIRA FILHO, C. e KRAEMER, V. RFID na Logística: Fundamentos e Aplicações. **XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção** – Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.

SINDIGÁS (Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo). Balanço Sindigás, 2012. Disponível em <http://www.sindigas.com.br/SalaImprensa/Publicacoes.aspx>.

SINDIGÁS (Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo). Gás LP no Brasil: Perguntas frequentes, 2011. Disponível em <http://www.sindigas.com.br/SalaImprensa/Carlilha/GLPBrasil.aspx?id=3539>.

SINDIGÁS (Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo). Market Share, 2013. Disponível em <http://www.sindigas.com.br/Estatistica/Default.aspx?cat=3&itemCount=1>.

SWEDBERG, C. J.C. Penney Defers Its RFID Dreams. *RFID Journal*. 2013. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?10368>.

THIERRY, M.; SALOMON, M.; VAN NUNEN, J. e VAN WASSENHOVE, L. Strategic issues in product recovery management. *California Management Review*. v. 37, n. 2, 1995.

THOROE, L.; MELSKI, A. e SCHUMANN, M. The impact of RFID on management of returnable containers. *Electronic Markets*, v. 19, n. 2-3, p. 115-124, 2009.

TIBBEN-LEMBKE, R.S. Life after death: reverse logistics and the product life cycle. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 32, n. 3, p. 223-244, 2002.

TIBBEN-LEMBKE, R.S. e ROGERS, D.S. Going backwards: reverse logistics trends and practices. **University of Nevada, Reno Center for Logistics Management**, 1998.

TIBBEN-LEMBKE, R.S. e ROGERS, D.S. Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 7, n. 5, p. 271-282, 2002.

TWEDE, D. e CLARKE, R. Supply Chain Issues in Reusable Packaging, **Journal of Marketing Channels**, v. 12:1, p. 7-26, 2004.

VIOLINO, B. A setback for RFID?. RFID Journal, 2003. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?382>.

VIOLINO, B. RFID System Components and Costs. RFID Journal, 2005a. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1336>.

VIOLINO, B. A Summary of RFID Standars. RFID Journal, 2005d. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1335>.

VIOLINO, B. What is RFID?. RFID Journal, 2005b. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1339>.

VIOLINO, B. Basic of RFID Technology. RFID Journal, 2005c. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1337>.

VIOLINO, B. Marks & Spencer Rolls Out RFID to All Its Stores. RFID Journal, 2013. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?10536>.

VISICH, J.K.; LI, S. e KHUMAWALA, B.M. Enhancing product recovery value in closed-loop supply chains with RFID. **Journal of Managerial Issues**, p. 436-452, 2007.

WILDING, R. e DELGADO, T. RFID demystified: supply-chain applications. **Logistics & Transport Focus**, v. 6, n. 4, p. 42-48, 2004.

WU, N.C.; NYSTROM, M.A.; LIN, T.R. e YU, H.C. Challenges to global RFID adoption. **Technovation**, v. 26(12), p. 1317-1323, 2006.