

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MATHEUS TONON

**UTILIZAÇÃO DE ETIQUETA RFID NO MONITORAMENTO DE
TEMPERATURA EM CÂMARAS FRIGORÍFICAS**

MARÍLIA
2013

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MATHEUS TONON

**UTILIZAÇÃO DE ETIQUETA RFID NO MONITORAMENTO DE
TEMPERATURA EM CÂMARAS FRIGORÍFICAS**

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador:
Prof. Me. Danilo Corrêa Silva

MARÍLIA
2013

Tonon, Matheus

Utilização de etiqueta RFID no monitoramento de temperatura em câmaras frigoríficas / Matheus Tonon; orientador: Danilo Corrêa Silva. Marília, SP: [s.n.], 2013.

39 f.

Trabalho de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Curso de Engenharia de Produção, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília –UNIVEM, Marília, 2013.

1. RFID 2. Cadeia de frios 3. Controle de temperatura

CDD: 658.4013



FUNDAÇÃO DE ENSINO "EURÍPIDES SOARES DA ROCHA"
Mantenedora do Centro Universitário Eurípedes de Marília - UNIVEM

Curso de Engenharia de Produção.

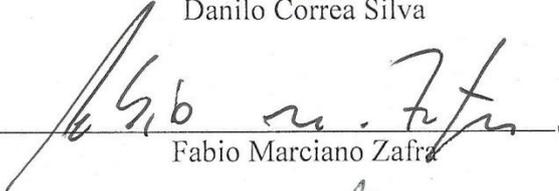
Matheus Tonon - 45053-7

TÍTULO "Utilização de etiqueta RFID no monitoramento de temperatura em câmaras frigoríficas. "

Banca examinadora do Trabalho de Curso apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia de Produção da UNIVEM, F.E.E.S.R, para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Nota: 09

ORIENTADOR: 
Danilo Correa Silva

1º EXAMINADOR: 
Fabio Marciano Zafrá

2º EXAMINADOR: 
Edson Detregiachí Filho

Marília, 03 de dezembro de 2013.

“Nos investimentos, o que é confortável raramente é lucrativo”.

Robert Arnott

TONON, Matheus. **Utilização de etiqueta RFID no monitoramento de temperatura em câmaras frigoríficas**. 2013. 39 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2013.

RESUMO

O avanço tecnológico tem contribuído para o crescimento da indústria. Esse avanço deve trazer bons resultados para as empresas, seja na redução de custos, seja na qualidade de seus produtos. Isso não é diferente para a indústria frigorífica, na qual a qualidade implica o controle e monitoramento de todas as atividades para prevenir ou corrigir qualquer variação de temperatura. A natureza do alimento congelado requer cuidados para que o mesmo não se contamine ou se estrague durante todo o processo de produção e logística. Esse trabalho discute a viabilidade da implantação de um sistema RFID, constituído de etiquetas com sensor de temperatura integrado, no registro das variações de temperatura do ambiente durante o transporte na cadeia de frios. Foi realizado um estudo de caso, identificando as necessidades do sistema atual e uma análise financeira para identificar a viabilidade da implantação deste novo sistema. Com sua aplicação seria possível obter maior controle da temperatura dos produtos e, conseqüentemente, redução de refugos. Por meio da alteração de alguns processos e inserção de equipamentos, esse sistema pode garantir a qualidade do produto e confiabilidade ao cliente.

Palavras-chave: RFID. Cadeia de frios. Controle de temperatura. Qualidade.

TONON, Matheus. **Utilização de etiqueta RFID no monitoramento de temperatura em câmaras frigoríficas**. 2013. 39 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2013.

ABSTRACT

The technological advancement has contributed to the growth of the industry. This advance should bring good results for the companies, whether in reduction of costs, or in the quality of its products. That is no different for the meatpacking industry, which involves quality control and monitoring of all activities to prevent or correct any temperature variation. The nature of the frozen food requires care so that it does not become contaminated or damaged at the process of production and logistics. This paper discusses the feasibility of deploying an RFID system, tagged with integrated temperature sensor, in the record of changes in ambient temperature during transport in the cold chain. A case study was conducted, identifying the needs of the current system and a financial analysis to identify the feasibility of implementing this new system. With the application of a system like that, it would be possible to gain greater control of product temperature and consequently reducing waste. By changing some processes and inserting equipment, that system can ensure product quality and reliability to the customer.

Keywords: RFID. Cold Chain. Temperature control. Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etiqueta RFID	14
Figura 2 – Esquema básico de funcionamento do sistema RFID	16
Figura 3 – Componentes de uma <i>tag</i> passiva (à esquerda) e de uma <i>tag</i> ativa (à direita).....	17
Figura 4 – Antena	18
Figura 5 – Leitor de RFID	18
Figura 6 – Planta do frigorífico	21
Figura 7 – Operação de estocagem das carcaças pós abate à esquerda e câmaras de resfriamento à direita.	22
Figura 8 – Retirada das carcaças (à esquerda) e cortes da carcaça (à direita) para a operação de desossa.	22
Figura 9 – Pesagem das caixas pós desossa (à esquerda) e etiqueta de identificação da caixa (à direita).....	23
Figura 10 – Estocagem das caixas nos túneis de congelamento (à esquerda) e termógrafo (à direita).....	23
Figura 11 – Medição da temperatura interna da carne utilizando um termómetro digital.	24
Figura 12 – Registrador de temperatura ambiente.....	25
Figura 13 – Remoção do lacre de funcionamento.	25
Figura 14 – Relógio interno do dispositivo (à esquerda) e visualização das engrenagens (à direita).....	26
Figura 15 – Haste que realiza a demarcação da temperatura.	26
Figura 16 – Carta gráfica.	27
Figura 17 – Abertura do registrador térmico (à esquerda) e retirada da carta gráfica para análise (à direita).	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quadro comparativo entre RFID ativo e passivo.	17
Tabela 2 – Planilha de custos dos equipamentos levantados na internet (Set/2013).....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CI: Circuito Integrado

FDA: *Food and Drug Administration*

IBM: *International Business Machines*

IFF: *Identify: Friend or "Foe"*

IP: Protocolo de Internet

MIT: *Massachusetts Institute of Technology*

RFID: *Radio Frequency Identification*

UHF: *Ultra High Frequency* (Frequência Ultra Alta)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	12
1.1 Delimitação do tema.....	12
1.2 Objetivo	12
1.3 Justificativa.....	12
1.4 Metodologia.....	12
1.5 Estrutura do trabalho	13
CAPÍTULO 2 – A TECNOLOGIA RFID.....	14
1.1 História Geral da Tecnologia.....	14
1.2 Sistema RFID	16
1.3 Utilização na cadeia de frios.....	19
1.4 Aplicações	19
CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO.....	21
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS	29
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES	35

INTRODUÇÃO

A necessidade atual da indústria de sobreviver em meio a um mercado cada vez mais competitivo e de se manter ao longo do tempo cria uma preocupação constante de oferecer sempre uma ótima qualidade em seus produtos e serviços. Para atender a essa exigência do mercado, há uma grande procura por ferramentas e tecnologias que possam trazer bons resultados para a empresa.

Os produtos congelados representam um dos focos de uma indústria frigorífica e, para que mantenha sua qualidade, é necessário o controle e monitoramento de todas as atividades possíveis para corrigir e prevenir qualquer eventualidade que possa ocorrer, pois por ser um alimento perecível, são necessários certos cuidados para que o mesmo não se contamine e/ou se estrague durante todo o processo de produção e logística.

Atualmente o monitoramento da temperatura em câmaras frigoríficas de veículos é realizado em grande parte por um dispositivo descartável, o qual registra as informações em uma carta gráfica. Esse registro requer uma leitura manual ao chegar ao destino. Além disso, tais cartas não permitem identificar com precisão quando uma variação de temperatura ocorreu.

A tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (*Radio Frequency Identification* – RFID) é aplicável no monitoramento de temperaturas das cargas. Através da armazenagem dessas informações em um dispositivo que utilize essa natureza, é possível que a empresa e seus clientes monitorem as variações ocorridas e o instante em que elas ocorreram.

Apesar de esta tecnologia existir desde a década de 1940, ainda é pouco utilizada. No entanto, ela apresenta um excelente potencial de mercado. Com o aumento da demanda, aparecerão novos fabricantes gerando maior concorrência e assim, diminuição de custo, facilitando o acesso à tecnologia. A criação do chip em 1958 foi um grande passo para o desenvolvimento de tecnologia baseada na armazenagem de informações tal qual é possível se observar hoje essa evolução em dispositivos com alta capacidade de memória existentes.

A substituição do sistema atual de monitoramento de temperaturas pode contribuir para um melhor controle durante o transporte de cargas, uma vez que permite identificar com precisão quando as variações ocorreram. Além disso, dispensa a leitura manual, uma vez que os dados são armazenados e transferidos a um sistema de gerenciamento no instante em que a carga chega ao destino.

CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

1.1 Delimitação do tema

O monitoramento de temperaturas é um processo importante na gestão de produtos sensíveis à temperatura, pois previne a ocorrência de avarias no produto. Na produção de alimentos congelados, as variações de temperatura reduzem a qualidade dos produtos, podendo afetar sua integridade, tornando-o impróprio para consumo.

Este trabalho aborda o controle de temperatura realizado por meio da tecnologia RFID. Com isso, é verificada sua adequação às operações fabris, com a possibilidade da tomada de ações que corrijam e previnam ocorrências não esperadas. Desta forma, é possível atender os objetivos da empresa no atendimento das necessidades do mercado, na redução de gastos e na obtenção de lucro.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade da proposta do uso da tecnologia RFID para o monitoramento da temperatura de câmaras frigoríficas no transporte de produtos congelados em uma empresa do ramo frigorífico, facilitando assim a identificação e controle das variações de temperatura, e a tomada de ações que mantenham sua integridade garantindo ao cliente um produto de qualidade.

1.3 Justificativa

Atualmente, uma manutenção da qualidade do produto adequada é imprescindível nas empresas devido a forte competitividade do mercado onde a busca constante por melhorias em seus processos precisa atender a demanda oferecida pelo mercado ou criar ofertas de produtos com alta qualidade.

A empresa estudada apresenta um controle de temperatura deficiente, o que reduz a integridade e validade de seus produtos e também não assegura uma boa imagem do empenho da empresa ao cliente. Assim, esse estudo deve propiciar melhorias contribuindo para a apresentação de produtos/serviços adequados a clientes que demandam qualidade e agilidade em suas operações.

1.4 Metodologia

A pesquisa utilizada tem caráter qualitativo, exploratório e utiliza como método o estudo de caso. Há a observação dos fatos sob uma visão interna da organização, buscando compreender o contexto da situação. No trabalho são investigados os fenômenos identificando as variáveis-chaves para propor uma hipótese que será abordada durante o trabalho.

1.5 Estrutura do trabalho

O capítulo 2 apresenta a revisão teórica ligada à tecnologia RFID relatando os conceitos para compreensão desta bem como histórico de seu desenvolvimento tecnológico e formas de aplicabilidade no mercado.

O capítulo 3 apresenta o estudo de caso na empresa, com a descrição de todos os processos que influenciam na ação da indústria no que diz respeito à cadeia de frios no monitoramento de temperatura e manutenção da qualidade do produto.

O capítulo 4 propõe os possíveis resultados que seriam obtidos com a implantação do sistema abordado durante o trabalho. Há um comparativo de custo identificando os benefícios nos processos e em seu custo.

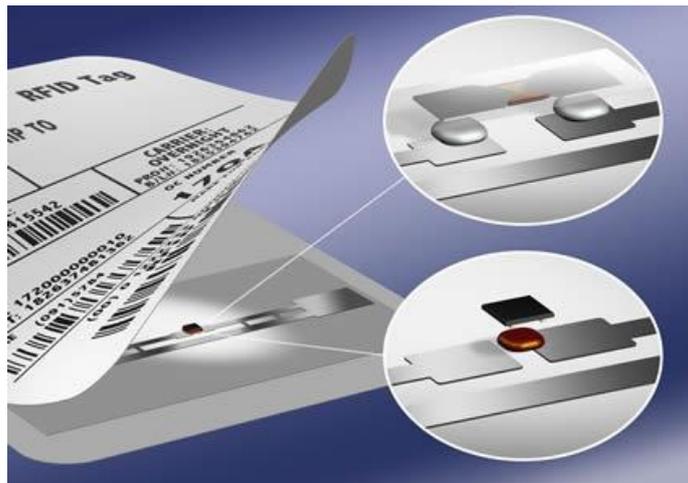
O capítulo 5 apresenta a conclusão deste estudo, explanando todos os itens abordados durante todo o trabalho. Da identificação do problema, e verificação das variáveis que interferem na qualidade, até a solução para atender a necessidade e características adquiridas com a implantação.

CAPÍTULO 2 – A TECNOLOGIA RFID

O desenvolvimento de muitas tecnologias surge da necessidade de substituição ou complemento de outras e ao contrário do que se pensa em relação ao código de barras, a utilização do RFID não é apenas uma substituição ou aprimoramento desse sistema de identificação.

Identificação por Radiofrequência (RFID - *Radio Frequency Identification*) é uma tecnologia que utiliza ondas de rádio na transmissão de dados de um dispositivo móvel para um leitor. Este dispositivo móvel, na forma de uma simples etiqueta (chamadas de *tag* ou *transponder* – Figura 1), é um hardware composto basicamente por uma antena e um chip os quais responderão a sinais gerados por um leitor (SANTINI, 2008).

Figura 1 – Etiqueta RFID



Fonte: Oxxcode Mobility Solutions (2013)

Esta tecnologia apresenta diversas aplicações, desde a simples identificação de um objeto em um *pallet* até a localização em tempo real de um determinado produto no interior de um veículo em movimento, ou monitoramento da temperatura do ambiente onde o mesmo se encontra, por meio de sensores acoplados em *tags*.

1.1 História Geral da Tecnologia

A tecnologia a rádiofrequência utiliza-se de ondas eletromagnéticas, que foram previstas por James Clerk Maxwell, em 1864, por meio das equações de Maxwell, onde a

existência de microondas é demonstrada com ajuda de um aparelho construído por Heinrich Hertz, em 1888, que produzia e detectava as microondas em uma região de Frequência Ultra Alta – UHF (MILES, 2008).

Segundo Nogueira Filho (2009), o primeiro uso da RFID foi durante a Segunda Guerra Mundial quando houve a necessidade de se distinguirem os aviões amigos dos inimigos. Os ingleses, em busca de atingir esse objetivo, desenvolveram um sistema de um transponder (etiqueta eletrônica) colocado em suas aeronaves denominado de *Identify: Friend or "Foe"* (IFF), que ao receber um sinal de rádio da estação de radar, transmitia uma resposta permitindo diferenciá-las das inimigas; esse é o mesmo sistema utilizado atualmente para o controle de tráfego aéreo.

Após a guerra, a RFID avançou significativamente por meio de testes em laboratórios, mas foi devido a estudos teóricos sobre o sistema e seu funcionamento na década de 1960 que ocorreu uma explosão no desenvolvimento da tecnologia na década seguinte (GOMES, 2007). Em 1970, através de laboratórios científicos, essa tecnologia antes desenvolvida por entidades governamentais foi transferida para o setor público. Na década seguinte surgiram novas aplicações de RFID em diversas áreas, como por exemplo, nos Estados Unidos em áreas de transporte e controle de acessos e na Europa no controle pecuário e em aplicações industriais. Neste mesmo ano também era visível sua utilização em países como Itália, França, Espanha, Portugal e Noruega (NOGUEIRA FILHO, 2009).

As empresas que comercializavam as tags mudaram seu sistema para alta frequência que até então apenas usavam baixa frequência aumentando o alcance de leitura. No início dos anos 80, a IBM patenteou os sistemas de UHF que possibilita leitura superior a dez metros. Porém, devido a problemas financeiros, na década de 1990 a patente foi vendida à Intermec Inc., empresa provedora de código de barras (SANTINI, 2008).

Esta mesma década foi importante para o desenvolvimento e consolidação da RFID, pois foi neste período houve importantes inovações nas ferramentas eletrônicas que contribuíram de forma positiva para o avanço tecnológico do sistema a radio frequência. A aplicação da tecnologia RFID em mecanismos de controle de acesso e de segurança se difundiu com a integração de seus circuitos em *chips* (PIVA, 2009).

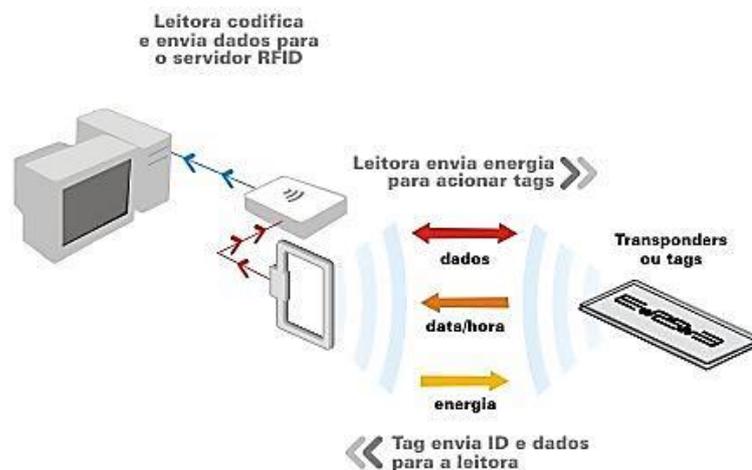
Em 1999, com a fundação do *Auto-ID Center*, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), houve grande crescimento na utilização da UHF no RFID. Por meio de pesquisas lá realizadas, os custos desta tecnologia diminuíram, o que a transformou em uma tecnologia de rede, ligando objetos à Internet (SANTINI, 2008).

No Brasil, essa tecnologia chegou por meio das multinacionais, sendo utilizada primeiramente na rastreabilidade de produtos eletrônicos devido a seu alto valor agregado. Outra aplicação foi o sistema eletrônico de pedágio criado pelo STP – Serviços e Tecnologia de Pagamentos S.A, o Sem Parar®, que permite a passagem e cobrança automática dos veículos cadastrados em seu sistema ao passarem pelas cancelas, abrindo caminho para outras adoções do sistema no país (TURCO; CORBÓ; SENA, 2012).

1.2 Sistema RFID

Segundo Nogueira Filho (2009, p. 18) “a RFID consiste num sistema como um todo, e não num produto isolado”. Conseqüentemente para sua implantação são necessários alguns dispositivos que variam dependendo da aplicação desejada, porém os seguintes dispositivos são fundamentais para seu funcionamento: *transponder (tag)*, antena, *transceiver* (leitor) e controlador (SANTINI, 2008). O esquema de funcionamento de um sistema RFID pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 – Esquema básico de funcionamento do sistema RFID

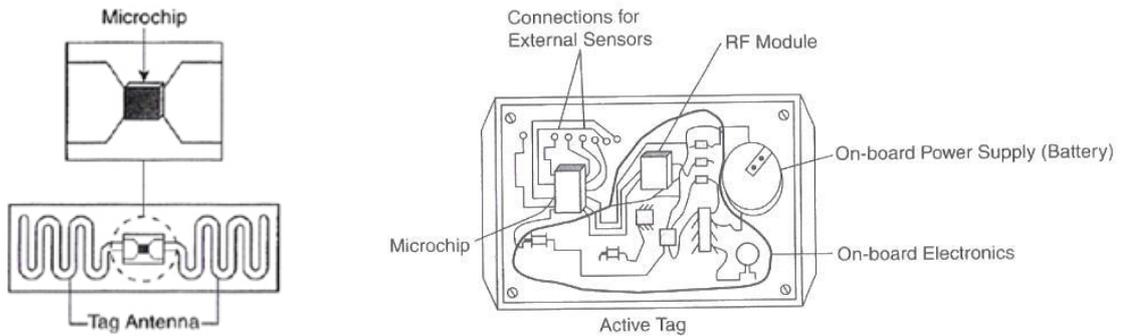


Fonte: UTL (2013)

A *tag* é o dispositivo onde são armazenadas as informações sobre o objeto, que serão transmitidas ao leitor. Basicamente são divididas em dois tipos: **passiva** e **ativa**. A passiva não possui bateria, portanto ela aproveita a energia do sinal eletromagnético emitido pelo leitor e a “reflete” de volta transmitindo as informações contidas em seu chip (Figura 3 – esquerda). A

ativa (Figura 3 – direita) possui uma bateria própria, sendo capaz de transmitir seus dados independentemente da presença do leitor (GOMES, 2007).

Figura 3 – Componentes de uma *tag* passiva (à esquerda) e de uma *tag* ativa (à direita).



Fonte: Gomes (2007, p. 11 e 13).

Devido à sua fonte própria de energia, a *tag* ativa possui alcance superior à *tag* passiva e permite o suporte a componentes externos, como sensores. Existem também as *tags* semi-ativas (ou semi-passivas), que apesar de conter uma bateria interna necessita do sinal do leitor para seu funcionamento. Na Tabela 1 são listadas as características e funcionalidades dos sistemas RFID ativo e passivo.

Tabela 1 – Quadro comparativo entre RFID ativo e passivo.

	RFID Ativo	RFID Passivo
Bateria	Sim	Não
Potência da tag	Contínua	Só ao alcance do leitor
Sinal do leitor / tag	Fraco / Forte	Forte / Fraco
Alcance	Longo (100m)	Curto (3m)
Memória	Acima de 128KB	128 bytes
Capacidade	Atualização permanente	Atualização perto do leitor
Velocidade de acesso múltiplo	Elevada	Limitada

Adaptado de: Gomes (2007, p. 14-15)

A antena (Figura 4) tem como função a transmissão do sinal. De todo o sistema é o componente que apresenta menor custo devido à variedade encontrada no mercado, pois para que possa ser compatível em um sistema de RFID apenas precisa trabalhar na mesma frequência de operação (LIMA JÚNIOR, 2006).

Figura 4 – Antena



Fonte: Lima Júnior (2006, p. 8)

O leitor é o equipamento responsável por recolher os dados da *tag* e encaminha-los para processamento em um computador. Quando a *tag* se encontra na área de cobertura da antena, ela detecta o campo magnético emitido pela antena, o qual alimentará seus circuitos, que por sua vez, transmitirá ao leitor os dados contidos em sua memória como resposta (NOGUEIRA FILHO, 2009). Um leitor típico de RFID pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Leitor de RFID



Fonte: Lima Júnior (2006, p.14)

1.3 Utilização na cadeia de frios

A “cadeia de frios” é um conjunto de operações realizadas em todo o processo fabril de produtos sensíveis à temperatura, sendo um item importante o controle da temperatura em todas as fases da cadeia produtiva, evitando o crescimento de micro-organismos e ocorrências biológicas que afetem a integridade e qualidade do alimento (EMOND, 2008).

Além da utilização na identificação e rastreamento de mercadorias, a tecnologia RFID vem crescendo na aplicação de sensoriamento com a integração de sensores em etiquetas RFID passiva. Por meio da utilização de sensores de temperatura, por exemplo, é possível aumentar a segurança e qualidade de produtos congelados monitorando possíveis irregularidades na temperatura ambiente durante as operações (VIRTANEN *et al.*, 2011).

O sensor de temperatura, segundo Virtanen *et al.* (2011), é uma ferramenta essencial na gestão da cadeia de frios e também alvo de grande interesse por diversos pesquisadores em busca de novas aplicações. Existem dois tipos de sensores de temperatura utilizados em *tags* passivas – sensor integrado (interno) e sensor externo.

No caso do sensor interno, a integração do sensor ocorre no circuito da *tag* eliminando-se a necessidade de um sensor de temperatura externo, beneficiando sua fabricação devido à facilidade em sua montagem e custos reduzidos na produção em massa. A capacidade de produzir dados digitalmente é uma de suas vantagens, pois torna a medição mais exata. Porém, atualmente, a tecnologia ainda se encontra em fase de desenvolvimento (VIRTANEN *et al.*, 2011).

O autor também apresenta a *tag* passiva equipada de um sensor de temperatura externo. Este tipo possui longo alcance de leitura por não conter o sensor integrado a seu corpo. A desvantagem é o elevado custo dos materiais para sua construção e a dificuldade de leitura do sensor. A leitura tem que ser feita indiretamente monitorando o retorno do sinal da *tag* ou em tempo real por meio de um sistema de endereçamento por IP (*Internet Protocol*).

1.4 Aplicações

O monitoramento de temperaturas é um ótimo exemplo da utilização de etiquetas RFID combinado com sensores térmicos. A empresa alemã, DB Schenker AG, provedora de serviços logísticos, emprega a tecnologia para acompanhar as condições em que os produtos são transportados. Entre os clientes está uma empresa farmacêutica que necessita do monitoramento da temperatura no transporte aéreo de seus produtos – soluções líquidas

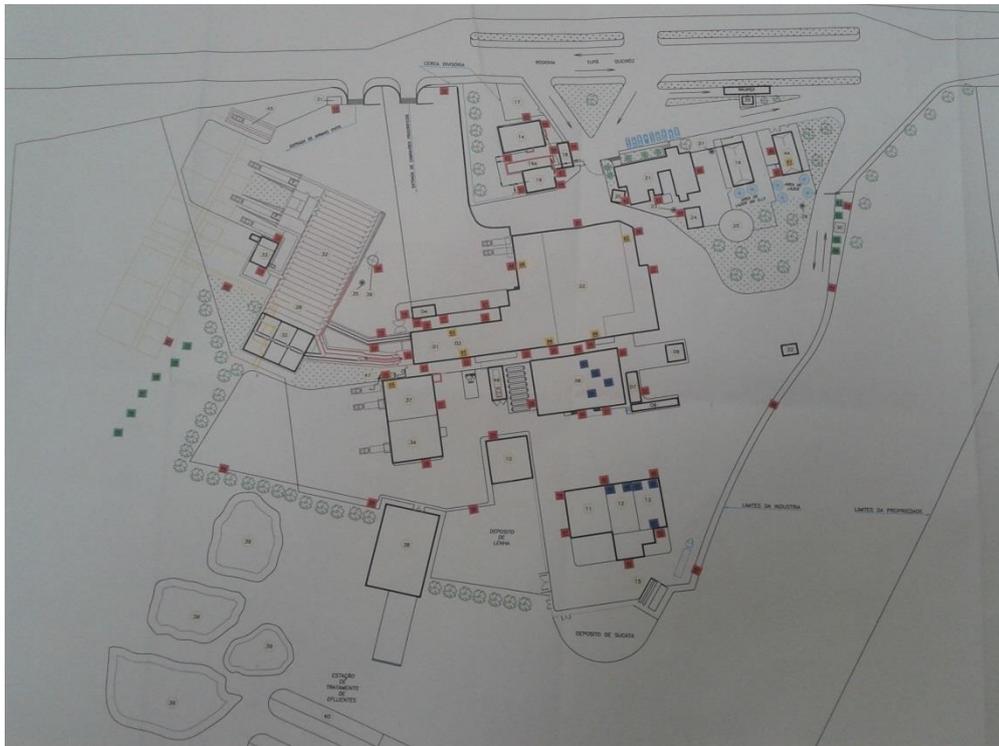
dispostas em pequenos frascos destinadas à identificação de doenças – como uma medida de controle de qualidade e para atender os requisitos da *Food and Drug Administration* (FDA) dos EUA (WESSEL, 2013).

O hospital brasileiro, Israelita Albert Einstein, também faz uso da mesma tecnologia visando melhorar a eficiência no monitoramento de seus refrigeradores utilizados no armazenamento de sangue, amostra de tecidos e produtos farmacêuticos, pois a planta do hospital corresponde a 86.000 m², contendo 211 refrigeradores dispostos em 05 prédios diferentes que consome muito tempo com o processo manual. Para a implantação, foi colocado um sensor de temperatura dentro de cada unidade de refrigeração e conectado à etiqueta, que transmite a temperatura e seu número de identificação. Os dados são então recebidos e armazenados por um software, que poderá ser acessado por qualquer funcionário do hospital facilitando o monitoramento das temperaturas e no caso de uma variação inaceitável, um alerta é enviado aos gerentes via e-mail ou mensagem de texto que tomarão as devidas medidas corretivas (SWEDBERG, 2013).

CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO

O Frigorífico “A”, localizado na cidade de Tupã, SP, ocupa uma área total de 259.900 m², sendo a área ocupada pelo setor industrial 9.763 m² (Figura 6). Trata-se de uma empresa especializada em abate e corte de suínos de médio porte, com cerca de 400 funcionários, e capacidade para abater 2.000 suíno/dia.

Figura 6 – Planta do frigorífico



Fonte: A empresa

Após os procedimentos de abate, desde a chegada do suíno do fornecedor até a lavagem final, as carcaças são encaminhadas para câmaras de resfriamento (Figura 7) onde serão armazenadas para que possam estar adequadas para a operação de desossa.

Figura 7 – Operação de estocagem das carcaças pós abate à esquerda e câmaras de resfriamento à direita.



Fonte: O autor

No dia seguinte ao abate, as carcaças são retiradas das câmaras de resfriamento (Figura 8 – esquerda) para a aferição da temperatura, devendo estar a uma temperatura abaixo de 12°C. Assim que liberada as carcaças, estas são levadas à sala de desossa (Figura 8 – direita). Assim que realizados os cortes, há a separação dos produtos que serão congelados, destinando-os aos túneis de congelamento, e dos produtos resfriados, às câmaras de resfriamento.

Figura 8 – Retirada das carcaças (à esquerda) e cortes da carcaça (à direita) para a operação de desossa.



Fonte: O autor

As peças desossadas são colocadas em caixas de papelão, pesadas (Figura 9 – esquerda) e identificadas por uma etiqueta constando informações como lote, data de produção, validade, peso e quantidade (Figura 9 – direita), então são lacradas.

Figura 9 – Pesagem das caixas pós desossa (à esquerda) e etiqueta de identificação da caixa (à direita).



Fonte: O autor

Em seguida, as caixas, que serão vendidas congeladas, são armazenadas em *pallets* nos túneis de congelamento (Figura 10 – esquerda) para que possam chegar à temperatura adequada para transporte, evitando que ocorram avarias no produto. O monitoramento da temperatura é realizado visualmente por funcionários do controle de qualidade, a cada duas horas, por meio de termógrafos dispostos ao lado externo das mesmas (Figura 10 – direita) e registradas em uma planilha de controle (Anexo A).

Figura 10 – Estocagem das caixas nos túneis de congelamento (à esquerda) e termógrafo (à direita).



Fonte: O autor

Neste processo, o funcionário retira uma amostra de 10% de caixas presentes no *pallet*, remove o lacre das caixas separadas e realiza a medição da temperatura (Figura 11) de duas peças de carne em cada unidade; posteriormente estas caixas são lacradas e devolvidas aos seus respectivos *pallets*. Segundo a Portaria N° 711 do “Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária” a temperatura interna das carnes devem ser iguais ou inferiores a -18°C , garantindo que o produto esteja na temperatura exigida para a operação de transporte agendada. A temperatura é registrada e entregue ao gerente industrial que ficará a par da situação e das condições do produto para o embarque.

Figura 11 – Medição da temperatura interna da carne utilizando um termômetro digital.



Fonte: O autor

Na operação de embarque, os *pallets* são retirados dos túneis de congelamento e inseridos dentro das carrocerias frigoríficas, que devem estar higienizadas e com sua temperatura interna a 0°C . Ao término do carregamento, a carroceria é lacrada e o equipamento de refrigeração ligado para manter a temperatura.

Para registro da temperatura durante o transporte da mercadoria é utilizado um dispositivo descartável que registra a temperatura ambiente da carroceria em uma carta gráfica (Figura 12), dando certa garantia ao cliente das condições adequadas do produto. Este registrador é utilizado apenas 01 vez por viagem, pois ao chegar ao cliente este retira a carta gráfica para conferência da temperatura e então é arquivada em seus documentos, inutilizando o equipamento. O período máximo de registro do dispositivo utilizado neste frigorífico é de 10 dias.

Figura 12 – Registrador de temperatura ambiente.



Fonte: O autor

O funcionamento do registrador é bem simples. Após o carregamento do produto, o motorista retira o lacre de funcionamento do dispositivo (Figura 13) e coloca-o dentro da carroceria e então se inicia a operação de transporte.

Figura 13 – Remoção do lacre de funcionamento.



Fonte: O autor

Ao retirar o laque é ativado um componente dentro do aparelho que funciona como um relógio (Figura 14 – esquerda) girando um conjunto de engrenagens (Figura 14 – direita) para que consequentemente a carta gráfica gire conforme o tempo fluir.

Figura 14 – Relógio interno do dispositivo (à esquerda) e visualização das engrenagens (à direita).



Fonte: O autor

Dentro do dispositivo há uma espiral de aço que possui uma haste em sua extremidade (Figura 15), assim quando a temperatura cai esta espiral se contrai fazendo com que a haste se mova e se a temperatura sobe a espiral se dilata movendo a haste para o outro lado. Esta haste fica responsável por demarcar na carta gráfica a temperatura ambiente. Esta carta é feita de um papel sensível. Quando sua haste toca em sua superfície esta é riscada formando uma espécie de gráfico conforme o passar do tempo.

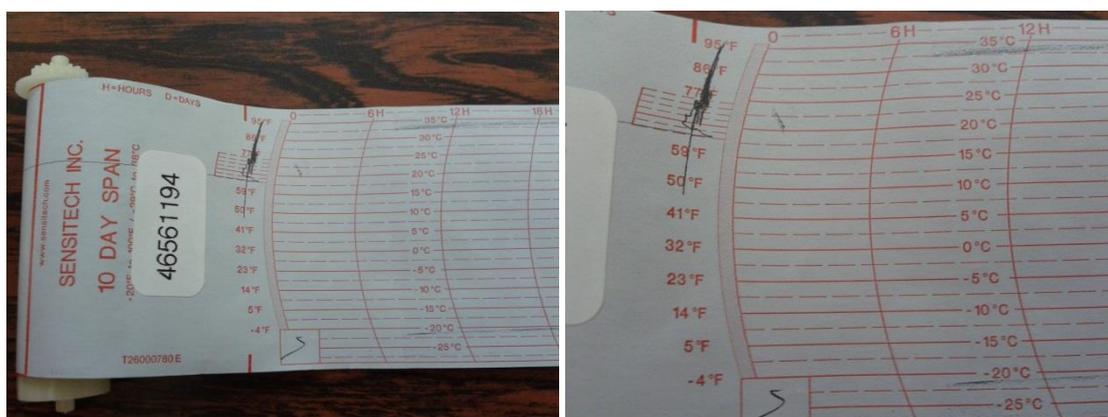
Figura 15 – Haste que realiza a demarcação da temperatura.



Fonte: O autor

O registro da temperatura pela haste é feito em uma carta gráfica (Figura 16) que indica qual o tempo que se passou desde a hora da saída do caminhão até seu destino e também a variação da temperatura em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) e Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) neste período.

Figura 16 – Carta gráfica.



Fonte: O autor

Com a chegada do veículo frigorífico ao seu destino, o lacre do caminhão é rompido e a temperatura interna das carnes é medida novamente, devendo estar com temperatura igual ou inferior a -8°C . O registrador térmico é retirado de dentro da carroceria e então aberto para análise da carta gráfica (Figura 17). A mercadoria é retirada da carroceria e encaminhada a um túnel de congelamento visando à preservação da temperatura da carne, conseqüentemente, garantindo sua integridade.

Figura 17 – Abertura do registrador térmico (à esquerda) e retirada da carta gráfica para análise (à direita).



Fonte: O autor

Percebe-se que esta medição e registro da temperatura ambiente por meio deste aparelho não possui grande precisão, pois a contração ou dilatação da haste não apresenta exatidão além de necessitar checagem manual da carta gráfica tomando tempo desnecessário na hora de receber o produto.

Outra desvantagem é a sua vida útil, pois este aparelho é utilizado apenas 01 vez devido à retirada da carta gráfica para análise e arquivamento para posterior consulta; e levando em consideração o seu custo x benefício há um gasto muito grande que poderia ser eliminado utilizando-se outras tecnologias.

O frigorífico em questão demonstrou falhas que podem ser melhoradas como a ocorrência de grande retorno de produtos estragados sem a identificação do real problema. Para solucioná-la é importante a realização de uma efetiva identificação da variação de temperatura para que se possam criar ações preventivas evitando que as variações aconteçam. Este dado se torna útil quando é possível por meio dele gerar uma relação de todas as variações, de quando e onde houve sua ocorrência, em um determinado período, encontrando assim o que causa a variação da temperatura, quando geralmente acontece, em quais rotas, de quais fornecedores, qualquer dado que possa ajudar a identificar a raiz do problema e garantir que o produto chegue ao seu destino sem avarias e sem redução de sua validade.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS

A implantação de um sistema RFID pode contribuir expressivamente na redução de refugos, pois auxilia na identificação da causa do problema. Com isso, é possível realizar ações corretivas e/ou preventivas na logística, assim como para a garantia da qualidade dos produtos ao prover um melhor monitoramento da temperatura em seu transporte. Como mencionado anteriormente existem dois tipos de *tags*, passiva e ativa.

A *tag* passiva apresenta menor custo comparado à *tag* ativa e possui características mais adequadas para monitorar com eficiência o ambiente onde o produto é transportado. Também permite o monitoramento nos túneis de congelamento, pois a etiqueta é colocada em cada caixa no processo de pesagem antes do seu armazenamento, desta forma o processo de registro se inicia a partir do momento em que a *tag* é aplicada ao produto.

Apesar de todos os benefícios, este tipo de *tag* tem comercialização restrita, pois a maioria dos projetos de CI (circuito integrado) está em fase de testes, indicando que sua disponibilidade comercial poderá levar alguns anos. Entretanto, ainda assim a *tag* passiva parece ser a melhor opção, pois esta pode substituir diversas atividades manuais que demandam tempo e mão-de-obra por processos automáticos e quase instantâneos. A *tag* ativa tem custo maior devido ao seu sensor de temperatura externo. Além disso, necessitará de manutenção periódica, pois utiliza bateria interna, que deve ser substituída regularmente.

Apesar de a *tag* passiva possuir pouca capacidade de memória comparada com a *tag* ativa, os dados levantados na Tabela 1 são do ano de 2007. A sua capacidade vem aumentando com o tempo, o que possibilita o armazenamento de boa quantidade de dados permitindo seu uso em atividades como o registro de temperatura durante certo período de tempo.

Para a implantação do sistema é necessário adquirir alguns equipamentos essenciais para seu funcionamento, que deverão ser instalados. Estes equipamentos são:

- Impressora RFID, que irá imprimir a etiqueta (com código de barras integrado) e realizará a codificação em seu circuito integrado (interior da etiqueta composto por microchip e antena – Figura 2);
- Antena RFID, que emitirá ondas de radiofrequência identificando a *tag* e alimentando seu circuito para que esta possa transmitir seus dados em retorno ao sinal recebido;
- O leitor, que realizará a coleta destes dados encaminhando-os ao terminal de processamento (computador);

- Terminal de processamento (computador e *software*), que gerenciará as informações por meio de um *software* disponibilizando os dados ao usuário;
- Leitor portátil para utilização do cliente. Como opção à instalação de receptores e um sistema fixo no local de entrega, pode-se fazer uso de um dispositivo portátil.

Com a nova tecnologia, claramente haverá a exigência de alterações em alguns processos a fim de maximizar o desempenho do sistema e assegurar que este satisfaça os objetivos propostos. Apesar de mudanças nos processos, apenas o método de entrada de dados será alterada, o seu gerenciamento permanecerá quase ou totalmente inalterado. Ficará a critério da empresa a modernização ou alteração deste sistema.

A primeira operação a sofrer alteração é a pesagem das caixas, onde a impressora de código de barras será substituída pela impressora RFID. O modelo atual da indústria analisada exige o monitoramento da temperatura nos túneis de congelamento, por meio dos termógrafos. Com a inserção do novo sistema, essa necessidade será eliminada, pois com a etiquetagem das caixas o circuito interno iniciará o registro da temperatura ambiente onde a caixa se encontra, podendo até mesmo ser acessada em tempo real.

Durante o carregamento do produto há a necessidade de realizar a contagem das caixas manualmente por meio de um leitor, operação que demanda tempo e esforço desnecessário. A *tag* RFID possui uma identificação única em cada unidade, desta forma por meio da antena instalada é possível que se faça a leitura automática de todas as caixas que se encontram a seu alcance, eliminando a contagem manual das mesmas. O que antes poderia levar minutos poderá ser feito instantaneamente.

Para que não ocorram falhas durante a contagem, há no terminal de processamento um *checklist* do pedido dos clientes, gerado pelo setor de vendas, onde é identificada a quantidade de caixas que deverão ser carregadas e a de caixas que já foram lidas pela antena.

O novo sistema elimina a operação de registro térmico do ambiente durante o transporte dos produtos, realizado por um dispositivo descartável (carta gráfica). A própria etiqueta registrará a temperatura do ambiente e esta será armazenada dentro de sua memória interna e transmitida ao sistema quando realizada a leitura da *tag*.

Quando o produto chegar ao cliente, a tarefa de contagem das caixas e medição da temperatura interna de uma amostragem de cada *pallet* de produto também não serão necessárias. É proposto que, ao chegar ao cliente, seja possível por meio da tecnologia RFID eliminar essas atividades, pois à medida que os produtos forem descarregados a antena receberá as informações sobre o registro de temperatura das *tags* permitindo o acesso em um

terminal (computador). Desta forma, o cliente poderá verificar quanto tempo foi gasto e em quais temperaturas o produto esteve durante sua armazenagem e transporte.

Visando uma aplicação mais versátil ao cliente, há a possibilidade da utilização de um leitor móvel, porém será necessário realizar a leitura manual de cada *tag*. O interessante deste componente é a possibilidade de trabalhar em conjunto com a antena, pois os dados recolhidos podem ser transmitidos automaticamente ao terminal. Outra característica do leitor é que se este estiver fora do alcance da antena os dados ficarão registrados em sua memória transmitindo-os automaticamente ao voltar para a área de alcance.

Da mesma forma que na saída dos produtos do frigorífico, no descarregamento a contagem é feita manualmente, por meio da leitura do código de barras com um leitor a laser. Após a leitura, as informações são encaminhadas ao computador e então podem ser acessadas. Essa operação exige tempo, pois todas as caixas devem ser lidas e verificadas individualmente, muitas vezes ocasionando falhas na leitura. Quando isso ocorre é necessário identificar a caixa não registrada e realizar sua leitura novamente. Com a substituição pelo sistema RFID essa verificação manual deixará de existir.

Outro diferencial do equipamento proposto é o custo, conforme será mostrado posteriormente, comparado ao equipamento antigo, pois o dispositivo descartável é utilizado em apenas uma viagem, ou seja, a cada trajeto um registrador é utilizado. Há casos de retorno de produto, assim são enviados dois registradores para que a devolução possa retornar devidamente ao frigorífico, e normalmente quando não utilizado o segundo dispositivo acaba por ser extraviado.

O sistema RFID possui gastos com equipamentos, tanto na implantação no frigorífico quanto no cliente, porém estes são compensados/recuperados com redução de mão-de-obra e tempo gasto nas operações. Além disso, o investimento de maior valor (equipamentos) é realizado uma única vez, diferentemente do equipamento descartável, que a cada viagem requer um dispositivo novo.

É previsto que os custos de instalação, manutenção e treinamento de pessoal sejam relativamente baixos, uma vez que o sistema não requer muita intervenção manual ou outras tecnologias como suporte. O processo de identificação e etiquetagem não será drasticamente alterado, pois as alterações estão concentradas na tecnologia utilizada na etiqueta em si. Além disso, terminais de computador e softwares de gerenciamento já estão disponíveis na empresa estudada.

Como citado anteriormente, a *tag* passiva com sensor integrado tem comercialização restrita, portanto a análise comparativa utilizará o preço da *tag* passiva comum. O custo

previsto dos equipamentos necessários para instalação do sistema RFID no frigorífico (Tabela 2) equivale a US\$ 5.575,50 (impressora, antena, leitor e software). Este valor se for pago durante um ano, será equivalente a US\$ 464,63/mês. O circuito integrado da *tag* passiva (mosaico da antena e microchip) terá um custo médio de US\$ 0,25/unidade, enquanto o dispositivo utilizado atualmente possui um custo de US\$ 20,65/unidade (Nelson-Jameson, Inc.).

Tabela 2 – Planilha de custos dos equipamentos levantados na internet (Set/2013).

Equipamento	Descrição	Custo	Fornecedor
	Impressora RFID.	US\$4.495,00	Barcodes Inc.
	Antena RFID.	US\$ 210,50	Barcodes Inc.
	Leitor RFID.	US\$ 695,00	Barcodes Inc.
	Software com interface para tecnologia RFID.	US\$ 175,00	Barcodes Inc.

Fonte: O autor.

Se durante um mês forem realizadas vinte viagens, supondo que em cada viagem foram carregadas 100 caixas, no primeiro ano o sistema RFID terá um custo de US\$ 963,75 e o sistema atual US\$ 826,00. Percebe-se que os gastos são bem próximos entre si. Entretanto já no segundo ano o custo dos equipamentos não será inserido nos gastos mensais, portanto o novo sistema terá gasto de US\$ 500/mês enquanto o atual US\$ 826/mês. Além da redução de

gastos demonstrados, há a redução de operações, mão-de-obra e tempo, que consequentemente refletirão nos custos finais do produto.

Se a empresa contratante optar por utilizar o sistema portátil o custo adicional será de US\$ 563,90 (Barcodes Inc.) pelo aparelho. A utilização deste equipamento dispensa a instalação e uso da antena no local de recepção da mercadoria.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho foi possível observar uma necessidade de uma empresa do ramo frigorífico em sua logística, na cadeia de frios, constatando a ocorrência de um grande número de devoluções de produtos congelados devido à constante variação de temperatura durante o transporte.

O controle da temperatura é essencial para manutenção da qualidade da cadeia de frios, e para garantir tal qualidade deve-se manter um correto registro das variações de temperatura durante o trajeto até o cliente. Esse registro, se realizado com ferramentas eficientes, possibilita descobrir quando e onde houve não conformidade, ajudando na identificação da real causa do problema e permitindo ações que visem prevenir a sua recorrência.

Com isso o objetivo do trabalho foi oferecer uma alternativa que traga benefícios a este processo. Desta maneira, ao utilizar a tecnologia proposta, espera-se que seja possível registrar as variações das temperaturas com precisão e confiabilidade. Os dados obtidos com o sistema podem ser utilizados para evitar que o produto sofra avarias, garantindo ao cliente um produto de qualidade.

O sistema RFID selecionado utiliza *tags* passivas por atender com eficiência a carência do frigorífico estudado. Essa *tag*, inserida em cada caixa, permite o registro individual da temperatura de armazenagem para transporte, garantindo uma proximidade maior da variação real. Além disso, proporciona um recebimento mais ágil durante o embarque e desembarque dos produtos, sem necessitar de contagem manual.

É esperado que este sistema proporcione melhorias significativas na qualidade do produto, por meio da identificação e correção de problemas em seu trajeto, que interferem diretamente na sua integridade física. A sua aplicação também deve possibilitar redução de custos e de tempo eliminando atividades e inserindo métodos mais ágeis de processamento de dados visando recuperar seu investimento e garantir a eficiência das operações, tornando-o um diferencial competitivo.

REFERÊNCIAS

EMOND, J. P.. The cold chain. In: MILES, Stephen B.; SARMA, Sanjay E.; WILLIAMS, John R.. **RFID Technology and Applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. p. 144.

GOMES, H. M. C.. **Construção de um sistema de RFID com fins de localização especiais**. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Electrónica e Telecomunicações, Departamento de Engenharia Electrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2007. Disponível em: <http://www.av.it.pt/nbcarvalho/docs/msc_hcg.pdf>. Acesso em: 02 maio 2013.

LIMA JUNIOR, L. F.. **A tecnologia de RFID no padrão EPC e soluções para implementação desta tecnologia em empilhadeiras**. 2006. 90 f. Monografia (Pós-graduação) - Curso de MBIS - Master Business Information Systems, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.mbis.pucsp.br/monografias/Monografia_-_Levi_Ferreira.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2013.

MILES, S. B. Introduction to RFID history and markets: Historical background. In: MILES, Stephen B.; SARMA, Sanjay E.; WILLIAMS, John R.. **RFID Technology and Applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. p. 4.

NOGUEIRA FILHO, C. C. da C.. **Tecnologia RFID aplicada à logística**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp075204.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2013.

Oxxcode Mobility Solutions, Brasil. **Inlay RFID**. Disponível em: <<http://www.oxxcode.com.br/inlays-rfid/>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

PIVA, I. D.. **Estudo sobre a RFID: Possíveis Usos Em Propriedades Rurais**. 2009. 82 f. Monografia (Bacharelado) - Curso de Ciência Da Computação, Departamento de Instituto De Ciências Exatas E Geociência, Universidade De Passo Fundo, Passo Fundo, 2009. Disponível em: <http://inf2.upf.br/images/stories/TCs/arquivos_20091/Ismael_Dal_Piva.pdf>. Acesso em: 02 maio 2013.

SANTINI, A. G.. **RFID: Conceitos, Aplicabilidades e Impactos**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

SWEDBERG, C.. **O Hospital Israelita Albert Einstein Utiliza Tecnologia RFID para Monitorar Temperaturas e Rastrear Ativos.** Disponível em: <<http://brasil.rfidjournal.com/noticias/vision?8465>>. Acesso em: 22 maio 2013.

TURCO, D.; CORBÓ, F.; SENA, R.. Na frequência certa. **Brasil em Código**, [S.l.], v. 03, p.56-60, jan./mar. 2012. Trimestral. Disponível em: <<http://issuu.com/gslbr/docs/brasilemcodigo3>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

UTL - Universidade Técnica de Lisboa. Disponível em: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTFbYF4g6LKyZfiPBIKO-PdXO_Fhoxoq785EGIOB_A-2vNdhblIIA>. Acesso em: 18 jun. 2013.

VIRTANEN, J. *et al.* Temperature Sensor Tag for Passive UHF RFID Systems. In: SENSORS APPLICATIONS SYMPOSIUM (SAS), 2011, San Antonio. **Conference Publications**. [S.l.]: IEEE, [2011]. p. 312 - 317. Disponível em: <http://www.engineering.olemiss.edu/~atef/pdfs/proceedings/2011/Temperature_Sensor_Tag_for_Passive_UHF_RFID_Systems.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2013.

WESSEL, R.. **DB Schenker usa tags que registram temperatura para monitorar carregamentos de medicamentos.** Disponível em: <<http://brasil.rfidjournal.com/noticias/vision?8660>>. Acesso em: 22 maio 2013.

