

CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA
FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LOCALIZAÇÃO DE VEÍCULO EM CHÃO DE FÁBRICA
UTILIZANDO A TECNOLOGIA RFID

JOSÉ LOURENÇO LEMOS NETTO

Marília, 2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA
FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LOCALIZAÇÃO DE VEÍCULO EM CHÃO DE FÁBRICA
UTILIZANDO A TECNOLOGIA RFID

Monografia apresentada ao Centro Universitário Eurípides de Marília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Ms. Maurício Duarte

Marília, 2015

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – AVALIAÇÃO FINAL



CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA - UNIVEM
MANTIDO PELA FUNDAÇÃO DE ENSINO "EURÍPIDES SOARES DA ROCHA"

BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

José Lourenço Lemos Netto

Localização de veículos em chão de fábrica Utilizando a Tecnologia RFID.

Banca examinadora da monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em
Ciência da Computação do UNIVEM/F.E.E.S.R., para obtenção do Título de
Bacharel em Ciência da Computação.

Nota: 50 (cinco)

Orientador: Mauricio Duarte

1º.Examinador: Ildeberto de Gênova Bugatti

2º.Examinador: Fabio Piola Navarro

Marília, 02 de dezembro de 2015.

Dedico este trabalho à minha
família e amigos que me
acompanharam nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, que passou algumas noites me ajudando a escrever esse trabalho e muitos outros antes deste.

Ao meu pai, que sempre me apoiou e me incentivou a perseguir o conhecimento e a realizar meus sonhos.

Aos meus avós, que me mostraram o valor da educação e da família na minha formação.

As minhas tias Nana e Leninha que sempre me incentivaram a dar meu melhor.

Aos meus amigos fieis que me apoiam a cada passo da minha caminhada pela vida.

A meu orientador, que apesar de todas as minhas falhas nunca desistiu de mim nem me deixou desistir de mim mesmo.

A Jacto que me cedeu os equipamentos para realização dos testes.

“Existe apenas um bem, o saber, e apenas um mal, a ignorância.”

— Sócrates

Sumário

1.	INDRODUÇÃO.....	12
1.1.	OBJETIVOS.....	13
1.2.	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	13
2.	<i>RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION</i> (RFID).....	14
2.1.	HISTÓRIA.....	14
2.2.	COMPONENTES.....	17
2.2.1	ETIQUETAS.....	17
2.2.1.1.	CLASSIFICAÇÃO DE ETIQUETAS.....	19
2.2.1.1.1	ETIQUETA PASSIVA.....	19
2.2.1.1.2	ETIQUETA SEMIPASSIVA.....	19
2.2.1.1.3	ETIQUETA ATIVA.....	20
2.2.2	ANTENAS.....	22
2.2.2.1	TIPOS DE ANTENAS.....	22
2.2.3	LEITORES.....	22
2.2.3.1	FUNCIONAMENTO DE UM LEITOR.....	23
2.2.3.2	TIPOS DE LEITORES.....	23
2.3	PADRÕES ISO PARA RFID.....	24
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1.	ESTUDO DE CASO.....	30
4.	CONCLUSÕES.....	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

Listas de Figuras

Figura 1. - Esquema de funcionamento de cobrança automática de pedágio.....	16
Figura 2 Protocolos de padronização para RFID.....	27
Figura 3 Leitor RDIF Impinj modelo <i>Speedway Revolution</i> R420.....	29
Figura 4 Antena Motorola modelo <i>Symbol AN48</i>	29
Figura 5 Etiqueta RFID (TAG) Impinj modelo Monza 4.....	29
Figura 6 Esquema técnico do veículo com a solução embarcada.....	30
Figura 7 Etiqueta fixada na parede.....	31
Figura 8 Teste dia 20/05/2015, veículo passando por ambiente de teste.....	32

Lista de Tabelas

Tabela 1. Resumo das características e aplicação das faixas de frequência de RFID mais conhecidas.....	21
---	----

Lista de Siglas

EPC – *Electronic Product Code*

GHz – Giga hertz

GPS – *Global Positioning System*

IAG – E-ZPass – *Interagency Group*

IBM – *International Business Machines*

IFF – *Identify Friend or Foe*

ISO – *International Organization for Standardization*

KHz – Kilo hertz

LF – *Low Frequency*

MHz – Mega hertz

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

RFID – *Radio Frequency Identification*

RW – *Read and Write*

TAG – *Transponder*

UHF – *Ultra High Frequency*

USA – *United States of América*

USB – *Universal Serial Bus*

NETTO, José Lourenço Lemos. **Localização de veículo em chão de fábrica utilizando a Tecnologia RFID**. 37 f. Trabalho de curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2015.

RESUMO

A tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification* – Identificação por Rádio Frequência) surgiu em 1930 como uma tentativa dos exércitos e das marinhas britânica e americana em diferenciar inimigos de aliados. Atualmente, esta tecnologia possui diferentes utilidades, sendo a localização de veículos em fábricas uma delas. Este trabalho visa estudar a viabilidade e os métodos necessários para a implantação de um sistema de localização de veículos em fábrica usando a tecnologia RFID, com o objetivo de trazer uma solução alternativa consistente às soluções que existem atualmente. Foi realizado um experimento com o objetivo de testar a viabilidade do método escolhido. Também foram realizadas duas baterias de testes com a solução preliminar, em ambiente controlado dentro do Laboratório de Pesquisas Tecnológicas da Empresa Jacto.

Palavras-chave: RFID, Localização de Veículos, Identificação por Radio Frequência.

NETTO, José Lourenço Lemos. **Vehicle location on factory floor using RFID technology.** 37 f. **Course work (Bachelor of Computer Science)** – University Center Eurípides de Marília, Foundation Education “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2015.

ABSTRACT

RFID (Radio Frequency Identification) emerged in 1930 as an attempt by the armies and the British and American navies distinguish allies from enemies. Currently, this technology has different uses, and the location of vehicles in factories is one. This work aims to study the feasibility and methods necessary for the implementation of a vehicle tracking system making use of the RFID technology in order to bring an alternative consistent solution to currently existing solutions. An experiment was conducted in order to test the feasibility of the method chosen. There were two batteries of tests with the draft resolution, in a controlled environment within the Jacto's Technological Research.

Key-Words: RFID, Vehicle Tracking, Radio Frequency Identification.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Hessel et. al. (2013), a tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification – Identificação por Rádio Frequência*) surgiu em 1930 como uma tentativa dos exércitos e das marinhas britânica e americana em diferenciar inimigos de aliados. Atualmente, é um método que utiliza ondas de rádio para acessar informações armazenadas em um microchip acoplado a uma pequena antena.

A tecnologia RFID é usada em sistemas de auto cobrança em pedágios, controle de estoque em supermercados e fábricas, sistema de controle de horários de funcionários em empresas, entre outras aplicações (BHUPTANI e MORADPOUR, 2005). Apesar disso a tecnologia RFID ainda não se popularizou no Brasil, tendo assim muitos campos a serem explorados. A localização de veículos em fábricas é um deles, pois as soluções existentes são falhas e/ou muito caras. Uma solução com RFID pode trazer para a indústria uma forma mais barata e eficiente de localizar veículos.

Em um ambiente fabril é difícil saber com exatidão onde estão seus veículos. Isso gera um problema na eficiência dos processos internos da fábrica e na segurança dos funcionários que transitam naquele ambiente. Os métodos existentes, hoje, para localizar esses veículos não oferecem precisão, ou são muito dispendiosos para empresa, como por exemplo, um sistema de câmera que permita o monitoramento das pessoas e dos veículos, mas não é muito eficiente quando o assunto é a identificação do veículo ou do transeunte. O sistema de localização por GPS (*Global Positioning System*) pode trazer uma solução mais precisa quando a intenção é localizar um veículo na fábrica, mas é muito dispendioso e em alguns lugares não oferece precisão.

Esse projeto visa utilizar a tecnologia RFID para localizar veículos (empilhadeiras, veículos elétricos, tratores etc.) em ambiente fabril, trazendo uma solução eficiente e de baixo custo a fim de aperfeiçoar os processos internos e melhorar a segurança do ambiente. A solução pode ser implementada de duas formas: um leitor e antenas fixados no veículo e microchips espalhados pelo ambiente, ou espalhar leitores pelo ambiente e fixar microchips no veículo.

Para esse projeto concluiu-se que a melhor solução, por razões de custo, seria embarcar o leitor no veículo e espalhar as etiquetas pelo ambiente, os dados coletados com as leituras dos chips são armazenados em um banco de dados que alimenta um sistema para a tomada de decisão.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo geral do projeto é realizar um estudo sobre a viabilidade da utilização da tecnologia RFID para a resolução do problema de localização de veículos em ambiente fabril, avaliando sua funcionalidade e custo. Analisar a viabilidade do método por meio de testes em ambiente controlado e, se viável, implementar uma solução para o problema de localização.

1.2. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta monografia é composta por quatro capítulos. No Capítulo 2 encontra-se a revisão bibliográfica sobre RFID compreendendo sua história e seus componentes básicos. Já no Capítulo 3 são descritos os Materiais e Métodos utilizados para a realização dos testes bem como a descrição da prova de conceito. No Capítulo 4 são apresentadas as conclusões do projeto e as propostas para trabalhos futuros.

2. Radio Frequency Identification (RFID)

O RFID é uma tecnologia que utiliza ondas eletromagnéticas para recuperar informações contidas em um microchip acoplado a antenas e é usado para identificação automática desse objeto.

2.1. HISTÓRIA

A tecnologia RFID surgiu na segunda guerra mundial, teve sua origem nos sistemas de radares primitivos daquela época, onde era possível identificar que havia aviões se aproximando, mas não era possível identificar se eram amigos ou inimigos. Nesse período os alemães descobriram que se inclinassem seus aviões no processo de aproximação da base mudariam a forma como o sinal era recebido, essa mudança de direção foi considerada o primeiro sistema RFID passivo. Posteriormente os aliados, sob o comando de Robert Watson-Watt, desenvolveram o primeiro sistema ativo de identificação que se chamava IFF, sigla em inglês para identificação amiga ou inimiga (*Identify Friend or Foe*) (ROBERTI, 2005).

Segundo Roberti (2005), durante as décadas de 50 e 60 algumas pesquisas foram feitas na radio frequência. Já segundo Hessel (2011) a história do RFID, como o conhecemos, começa realmente em 1973 com Mario W. Cardullo que recebeu a primeira patente dos Estados Unidos no mérito RFID, ele cria uma etiqueta ativa de memória regravável. Nesse mesmo ano Charles Walton registra a patente de um *transponder* passivo, que era usado para abrir uma porta sem o uso de chaves, um cartão com um *transponder* embarcado, nele continha um código, que era captado por um leitor adjacente a porta que a destrancava, ele licenciou essa solução para a Schlage, uma fabricante de fechaduras.

Hessel et al (2011) e Roberti (2005) afirma que no decorrer dos anos 70 o governo americano dedicou algum tempo a pesquisar sobre RFID no laboratório de Los Alamos. Nessa época foi solicitada pelo governo uma solução para se rastrear material nuclear. Um grupo de cientistas, do referido laboratório, desenvolve uma solução onde era acoplado um *transponder* aos caminhões transportadores, esse dispositivo atuaria como a identificação do veículo e poderia carregar outras informações, como por exemplo, a identificação do motorista.

Até esse momento as etiquetas usadas eram de baixa frequência (125 KHz). Após um determinado período de tempo as empresas que comercializavam essas etiquetas mudaram para o sistema de alta frequência (13.56 MHz), o que era ilegal (HESSEL et al., 2011).

O sistema de Ultra Alta Frequência (UHF) foi desenvolvido no começo dos anos 80, possibilitando assim a leitura de etiquetas a mais de 10 metros de distância. Isso permite, entre outras coisas, a cobrança automática em pedágios (que é uma das principais utilizações do RFID, hoje em dia).

Segundo Roberti (2005) e Bhuptani e Moradpour (2005b) no início dos anos 90 diversas agências de pedágios regionais dos Estados Unidos da América uniram forças com o nome de *E-ZPass Interagency Group* (IAG) e juntos desenvolveram um sistema compatível de cobrança de pedágio regional (conforme ilustrado na Figura 1.). A solução consistia em um leitor instalado na estrutura do pedágio e uma etiqueta fixada no para-brisa do veículo. Ao ler a etiqueta o leitor liberava a passagem do veículo abrindo a cancela. Isso foi um marco importante na busca de padrões em aplicações, pois até este ponto a única iniciativa de padronização era de atributos técnicos como frequência de operação e protocolos de administração de hardware. Ela permitia que uma única etiqueta correspondesse a uma única fatura por veículo. Tendo acesso, assim, a trafegar por várias vias, facilitando o fluxo de veículos e reduzindo drasticamente o número de funcionários na cobrança e no manuseio de dinheiro.

O transponder fica instalado no veículo com as informações da sua conta. Esse transponder é ativado por uma antena que identifica e lê sua informação de conta em uma faixa de pedágio. Essa informação é enviada ao controlador de faixa, um computador conectado a rede local, que controla o equipamento da faixa e rastreia o veículo que está passando. Por fim, o sistema de computador hospedeiro recebe as informações de todas as faixas da praça de pedágio, sendo ele conectado a uma base de dados central através de uma rede de longa distância. (©2001 HowStuffWorks, 2010). Como demonstrado na figura 1

Figura 1. Esquema de funcionamento de cobrança automática de pedágio.



Fonte: ©2001 HowStuffWorks

Nos anos 90 a IBM (*International Business Machines*) desenvolveu e patenteou um sistema baseado na tecnologia UHF, com uma efetividade garantida em até 6 metros e com leituras de dados mais rápidas, são realizados testes com o supermercado Wall-Mart, mas a tecnologia não chega a ser implantada ou comercializada. Em meados de 1990 a IBM vende a patente para a Intermec que desenvolve um sistema com a tecnologia e implanta em diversos setores de armazéns, agricultura e pecuária, mas os elevados custos dificultam a popularização da solução (ROBERTI, 2005).

Apenas no final dos anos 90, quando as etiquetas de UHF conseguiram fornecer uma boa combinação de alcance, custo e velocidade, é que as etiquetas passivas ultrapassaram suas limitações. Em virtude disso os sistemas empregando a tecnologia UHF se tornaram os principais candidatos nas aplicações de logística, armazenamento e rastreamento. Nesse período foi criado o *Auto-id Center* no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), sob o comando do Dr. Sanjay Sarma, que foi berço de diversos avanços tecnológicos na área, de 1999 até 2003 o *Auto-id* se desenvolveu recebendo apoio de mais de 100 companhias além do departamento de defesa americano, que começaram a exigir de seus fornecedores o uso da tecnologia, isso colocou o RFID sobre foco das grandes organizações de comércio e indústria (HESSEL, VILLAR, et al., 2011, ROBERTI, 2005)

Em 2004 foi criada a organização EPC (*Electronic Product Code*) global, com patrocínio das indústrias e sem fins lucrativos. A EPC global gerencia atualmente os padrões de códigos eletrônicos de produtos (EPC), que se tornou padrão internacional para identificação automática de itens de abastecimento em todo o mundo, estabelecendo assim, pela primeira vez, uma exigência global para implementação de sistemas RFID e também um normalizador para facilitar a implementação dessa exigência (HESSEL, et al., 2011, ROBERTI, 2005).

2.2. COMPONENTES

Os componentes básicos do RFID são:

- ✓ Etiquetas: que são microchips acoplados a antenas;
- ✓ Antenas: que tem a função de transmitir as ondas transmitidas pelo leitor e captar as respostas das etiquetas;
- ✓ Leitores: emitem através da antena ondas eletromagnéticas para acessar as informações contidas em uma etiqueta. Decodificam as respostas emitidas, as organizam e as enviam para o sistema.

2.2.1. ETIQUETAS

A etiqueta, também conhecida como *transponder* ou *tag*, contém dados que são transmitidos no momento que ela é interrogada. O seu propósito é anexar dados sobre um objeto ou um ser vivo, como é o caso da etiqueta de identificação bovina por meio de um brinco (HESSEL e AZAMBUJA, 2011).

A etiqueta é basicamente um circuito integrado ligado a uma antena. Estas duas partes são as que mais afetam a sua performance (HESSEL e AZAMBUJA, 2011, BHUPTANI e MORADPOUR, 2005c). O chip possui uma memória para armazenamento de dados e alguns processamentos lógicos. Essa memória pode apresentar as seguintes características:

1. Somente leitura – possui um único número serial escrito na fase de produção.
2. Gravação única – capacidade de gravar os dados na etiqueta só uma vez torna a etiqueta a prova de adulteração, porém oferece a flexibilidade da gravação.
3. Leitura/gravação – flexível, mas vulnerável a adulterações.

Segundo Hessel e Azambuja (2011) em geral, a capacidade de apagar e de sobrescrever os dados em uma etiqueta aumenta seus custos. Apesar disso, etiquetas UHF do tipo RW (*Read and Write*) já são encontradas com valor abaixo de R\$ 0,60. Algumas das etiquetas podem ser bloqueadas ou desbloqueadas com senha e algumas podem ser permanentemente bloqueadas, o que diminui significativamente a vulnerabilidade da etiqueta.

Os componentes de uma etiqueta são:

Circuito integrado: contém um microprocessador que em uma etiqueta passiva recebe energia das ondas de rádio frequência capturados pela antena.

Antena ou elemento de acoplamento: recebe e transmite as ondas de rádio frequência. A antena energiza a etiqueta absorvendo energia do campo de rádio frequência e com isso inicia o processamento do chip. A este processo se dá o nome de acoplamento, pois a antena precisa estar acoplada ao campo eletromagnético emitido pelo leitor. O conceito de acoplamento designa a transferência de energia de um componente para outro. Neste caso, do ar para a antena.

Substrato: Une o chip, os conectores e as antenas da etiqueta.

Conectores: conecta o circuito integrado à antena por meio de dois condutores, permitindo facilidade no manuseio.

A etiqueta deve apresentar os seguintes sistemas:

- ✓ Interface com o ambiente;
- ✓ Relógio de referência;
- ✓ Modulação e demodulação dos sinais analógicos/digitais;
- ✓ Operação básica das etiquetas;
- ✓ Algoritmo de sincronização;
- ✓ Codificador e decodificador.

As etiquetas podem ser fixadas num objeto de maneira externa por meio de um adesivo ou embutidas em uma variedade de objetos, como por exemplo:

- ✓ Cartões de plástico;
- ✓ Cápsulas de vidro para injeção sobre a pele humana ou animal;
- ✓ Invólucro não digerível para ingestão no estômago do animal;
- ✓ Etiquetas costuráveis para fixação em roupas;

- ✓ Embalagens resistentes customizáveis para uso nas indústrias;
- ✓ Chave de automóveis;
- ✓ Chaveiros para controle de acesso.

Ao escolher uma etiqueta para aplicação deve se levar em conta a forma como esta poderá ser fixada ao objeto a ser identificado, considerações sobre impactos mecânicos que ocasionalmente podem atingir a etiqueta, intempéries e melhor posição para leitura.

Existem etiquetas dos mais variados formatos de antenas, invólucros e chips a fim de atender as mais variadas necessidades.

O processo fundamental da tecnologia RFID é a transmissão adequada de energia para a etiqueta. É considerada adequada a transmissão quando se consegue ativar o processamento interno do chip e posteriormente a transmissão de suas informações. Na maioria das etiquetas para que isso aconteça são necessários 100 microwatts de potência.

2.2.1.1 CLASSIFICAÇÃO DE ETIQUETAS

Existem diversas classes de etiquetas, elas podem ser usadas para diferentes fins e variados ambientes. Existindo etiquetas adequadas para cada função/ambiente. A classificação da etiqueta depende de sua energia, frequência e funcionalidade. Ela pode se classificar em passiva, semipassiva e ativa.

2.2.1.1.1. ETIQUETA PASSIVA

A etiqueta passiva é a mais comum na indústria atual do RFID. A maior parte delas é pequena e tem uma grande vida útil, pois não necessita de bateria. Sua grande desvantagem é o alcance, menor que da etiqueta semiativa e ativas, pois necessita estar na presença do campo eletro magnético do leitor para conseguir energia para o seu funcionamento. O sinal inicial do leitor faz com que apareça uma corrente elétrica na etiqueta assim proporcionando a ativação do circuito integrado e de suas funções. O alcance da antena passiva é limitado pela potencia recebida do campo eletromagnético.

2.2.1.1.2. ETIQUETA SEMIPASSIVA

São híbridas misturando as características das etiquetas ativas e passivas. Este tipo de etiqueta possui bateria de baixo custo que é usada na alimentação dos circuitos eletrônicos internos, porém não possuem transmissores, elas apenas operam quando recebem potência do

leitor, ou seja, não tomam a iniciativa de começar uma transmissão. A potência da bateria da etiqueta semipassiva evita a falha de potência do sinal do leitor ou a deixa mais resistente a interferências externas quando comparadas com as passivas, podendo atingir distâncias maiores. Este tipo de etiqueta pode armazenar mais informações do que uma etiqueta passiva, mas sua bateria precisa ser periodicamente monitorada.

2.2.1.1.3. ETIQUETA ATIVA

A etiqueta ativa possui um transmissor e uma bateria que fornece energia para a transmissão da etiqueta. Ela pode melhorar, significativamente, o alcance da comunicação entre a etiqueta e o leitor. Geralmente usada em soluções mais complexas pode armazenar grande quantidade de informação. Esta etiqueta pode ter uma extensão de leitura extremamente longa e pode executar algumas funções na ausência do leitor ou até mesmo iniciar uma comunicação. Em alguns casos uma etiqueta ativa pode ser integrada a um GPS para localizar com mais exatidão um item. Da mesma forma que na etiqueta semipassiva a bateria deve ser monitorada com frequência e eventualmente trocada. Um uso muito comum deste tipo de etiqueta é o rastreamento de um objeto de alto valor, tais como produtos militares.

Estas etiquetas são encontradas em diferentes frequências.

- ✓ Baixa frequência: (LF) em 135 KHz ou menos;
- ✓ Alta frequência (HF) em 6.78 MHz, 13,56 MHz e 40.68 MHz;
- ✓ Ultra alta frequência (UHF) em 433.920 MHz e 915 MHz;
- ✓ Micro-ondas 2.45GHz, 5.8 GHz e 24.25 GHz.

A diferença de frequência influencia principalmente na distância possível de leitura.

A frequência entre tag e leitor também é influenciada pela faixa em uso entre os dois componentes. Para que a taxa de transferência de dados seja maior, é necessário aumentar a banda de frequência. O benefício de ter uma frequência alta é que se podem ler várias tags simultaneamente.

A Tabela 1 apresenta um resumo geral das diferentes frequências e seus atributos.

Tabela 1. Resumo das características e aplicação das faixas de frequência de RFID mais conhecidas

Faixa de frequência	Banda	Alcance entre leitor e a etiqueta	Vantagens	Desvantagens	Aplicação
LF	125 KHz 134 KHz	Menos de 0,5 metros	Boa operação próxima a metais e água	Curto alcance	Rastreamento de animais, controle de acesso, imobilização de veículos, autenticação de produtos, identificação de itens, bagagens em linhas aéreas, smart cards e bibliotecas
HF	13,56 MHz	Menos de 1 metro	Baixo custo das etiquetas, boa interação e qualidade de transmissão	Necessita de potencia elevada nos leitores	Identificação de itens, bagagens em linhas aéreas, smart cards e bibliotecas
UHF	860 MHz 960 MHz	Até 9 metros	Baixo custo da etiqueta com tamanho reduzido	Não opera bem próximo a metais e líquidos	Controle de fornecimento logístico
Micro-ondas	2,45 GHz 5,8 GHz	acima de 10 metros	Velocidade de transmissão de dados	Não opera bem próximo a metais e líquidos, maior custo	Controle de fornecimento logístico, pedágios eletrônicos.

Fonte: Henssen, F & Azambuja, M, in Hessel F. et al. 2011

2.2.2. ANTENAS

As antenas são os intermediários da comunicação entre os leitores e as etiquetas. Seu formato e posicionamento variam de acordo com a estratégia de leitura adotada e isso vai influenciar em sua abrangência, alcance e desempenho na comunicação (HESSEL e AZAMBUJA, 2011).

Segundo Barbin (2011) as antenas, de forma geral, são estruturas de transição entre uma onda guiada por um circuito e uma onda no espaço ou vice versa. As antenas de RFID recebem e transmitem ondas eletromagnéticas, uma onda eletromagnética caracteriza-se por um campo elétrico e magnético variantes no tempo e espaço. Estas variações determinam a propagação da onda, que transfere energia entre pontos distintos de um meio.

O sistema de transmissão visa o máximo de transferência possível de energia entre o transmissor e o receptor. A antena também deve dirigir a radiação (transmissão) ou captar a radiação (recepção) em direções desejadas e suprimi-las nas indesejadas (HESSEL e AZAMBUJA, 2011).

De acordo com Hessel e Azambuja (2001) as condições ambientais, tais como temperatura, precipitação atmosférica, salinidade, umidade, partículas em suspensão no ar, presença de metais no ambiente podem afetar a eficiência da transmissão e da recepção da antena.

2.2.2.1. TIPOS DE ANTENAS

Segundo Barbin (2011) as antenas podem ser classificadas em quatro tipos básicos:

- ✓ Antenas eletricamente pequenas;
- ✓ Antenas ressonantes;
- ✓ Antenas de banda larga;
- ✓ Antenas de abertura.

2.2.3. LEITORES

Segundo Bhuptani e Moradpour (2005c) e Hessel e Azambuja (2011) um leitor ou interrogador deve possuir as seguintes funcionalidades básicas:

- ✓ Criar, amplificar sinais de rádio frequência e envia-los através de uma antena.

- ✓ Receber a resposta da etiqueta, amplificar e demodular este sinal.
- ✓ Organizar e armazenar os dados recebidos por alguns momentos até poder enviá-los ao computador.

A maioria dos leitores atualmente tem a capacidade de escrever em etiquetas do tipo escrita-leitura. (HESSEL e AZAMBUJA, 2011).

2.2.3.1 FUNCIONAMENTO DE UM LEITOR

O leitor é alimentado por uma fonte de energia externa, como uma fonte ligada a uma tomada ou, simplesmente, a uma bateria. Fazendo uso desta energia o leitor consegue transmitir seus sinais de onda de rádio. Internamente, circuitos integrados controlam de modo muito específico o fluxo de energia para a modulação da frequência e da amplitude dos sinais gerados por ele (HESSEL e AZAMBUJA, 2011).

A antena é responsável por enviar as ondas de radiofrequência que pela modulação carregam os dados a serem enviados até as etiquetas. Estes dados são compostos de cadeias de 0 e 1. Após o recebimento do sinal de resposta pela antena, ele é tratado pelo leitor em seus circuitos internos e decodificado em informações úteis a serem transmitidas para um computador.

A comunicação do leitor com o computador é essencial para a utilização das informações recebidas pela etiqueta. Essa comunicação pode se dar por meio de:

- ✓ Serial, normalmente RS 232;
- ✓ USB;
- ✓ Internet;
- ✓ Interfaces para conexão sem fio, tais como *Wi-Fi* e *Bluetooth* (caso a rede sem fio atue na mesma frequência do sistema RFID o desempenho da zona de leitura será comprometido, diminuindo assim a distância ou impossibilitando a leitura).

2.2.3.2. TIPOS DE LEITORES

Existem vários tipos de leitores para se adequar o melhor possível à necessidade do usuário, sua escolha é determinada pelo tipo de hardware utilizado e pelo tipo de software empregado, seu custo pode variar mediante seu tamanho e suas funcionalidades.

Os tipos mais comuns de leitores são:

- ✓ Portátil;
- ✓ Posição fixa;
- ✓ Embarcado ou embutido.

Os leitores portáteis são bem flexíveis o usuário pode levar o leitor ao objeto de interesse coletando assim suas informações. Devido ao tamanho reduzido do equipamento as antenas dele são pequenas limitando assim o alcance da leitura. Sua principal utilização é no rastreamento de animais ou linhas de produção.

Os leitores de posição fixa são posicionados em locais estratégicos como: portões, docas de carregamento, esteiras automáticas, entre outros. A maior parte desses leitores permite a conexão de quatro antenas ampliando assim consideravelmente a cobertura de um único leitor, ou também assumindo a configuração e portal para maximizar a precisão e o índice de leitura de um determinado local. Esse tipo de leitor está constantemente ligado e conectado a um computador por meio de entrada serial ou ethernet.

Os leitores embarcados são os leitores que são montados nas mesmas placas de circuitos impressos ou acoplados fisicamente a outros módulos ou equipamentos de maneira interna.

2.2.4. PADRÕES ISO PARA RFID

Segundo Oliveira et al. (2011) a ISO é a maior desenvolvedora e publicadora de normas internacionais, sendo constituída de uma rede de institutos nacionais de normalização de 161 países.

Existem normas ISO para cobrir quatro áreas fundamentais da tecnologia RFID. Estas áreas são:

- ✓ Interface aérea (comunicação de dados entre etiqueta e leitor);
- ✓ Conteúdo e codificação de dados (sistemas de numeração);
- ✓ Testes de conformidade;
- ✓ Performance e interoperabilidade entre as aplicações e o sistema RFID.

Novas normas continuam a ser desenvolvidas pelo tema e as existentes são permanentemente atualizadas.

Atualmente a padronização das normas do RFID é o objetivo da Organização Internacional para Padronização (ISO), que é responsável pela padronização das frequências de operação e pelos protocolos de codificação, e a EPCglobal, uma organização fundada não só para auxiliar na padronização ao controlar os números de identificação das etiquetas, mas, também, para gerenciar, facilitar e estimular o desenvolvimento da tecnologia RFID.

Segundo Poodle ET AL, 2015, a ISO atua juntamente com a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), que é encarregada pelas normas gerais que englobam questões de interface área, conteúdo de dados, conformidade e desempenho. No caso da Identificação por radiofrequência, as normas elaboradas por essas instituições são:

- ISO 18000
 - ISO 18000-1: Parâmetros gerais de frequências de sistemas adotadas mundialmente.
 - ISO 18000-2: Parâmetros para comunicações de sistemas com frequência abaixo de 135kHz;
 - ISO 18000-3:Parâmetros para comunicações de sistemas com frequência de 13,56MHz;
 - ISO 18000-4:Parâmetros para comunicações de sistemas com frequência de 2,45GHz;
 - ISO 18000-5:Parâmetros para comunicações de sistemas com frequência de 5,8GHz;
 - ISO 18000-6:Parâmetros para comunicações de sistemas com frequência de 860MHz até 960MHz;
 - ISO 18000-7:Parâmetros para comunicações de sistemas com frequência de 433MHz;
- ISO 11785: Padronização da frequência para o uso de dispositivos rastreadores em animais; (134,2kHz)
- ISO 14443: Padronização da frequência em cartões de identificação por proximidade;(13,56MHz)
- ISO 15693:Padronização da frequência em cartões de identificação por vizinhança;(13,56MHz)

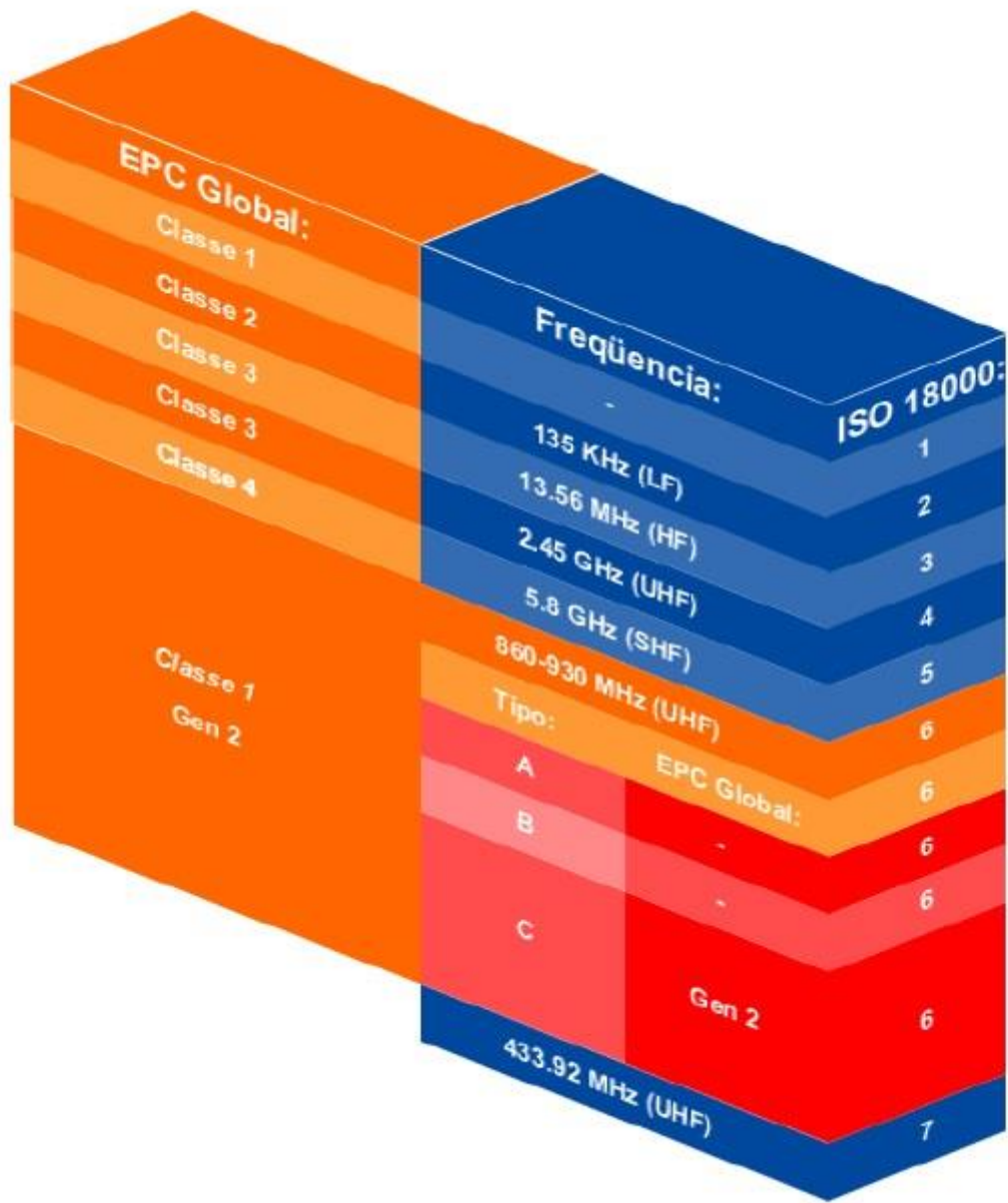
Os regulamentos globais referentes à padronização propostos pela EPCglobal, , juntam a tecnologia RFID com o Código Eletrônico do Produto(EPC- *Eletronic Product Code*) e com a Internet, uma revolução tecnológica que tem como intuito tornar possível a conexão dos utensílios do cotidiano com a Internet.

O EPC é um código proposto para substituir o código de barras, feito para identificar diferentes itens, em escala global, atribuindo a cada objeto “etiquetado” uma identidade única e fornecendo informações de rastreamento, fornecedor, tipo e número serial.

Inicialmente, os protocolos ISO 18000 e o protocolo EPC discordavam um do outro. Contudo, recentemente, a EPCglobal sujeitou a primeira geração do seu protocolo Classe 1 para integrar ao protocolo ISO. Esse novo padrão, chamado EPCglobal Gen 2(segunda geração do ECP Classe 1), é similar ao padrão ISO 18000-6 tipo C. Isso significa que os dispositivos que estão dentro da norma ISO 18000-6, também estão de acordo com o padrão EPC Gen 2.(Loureiro et al.2015)

Na figura 2, temos demonstrado o protocolo de padronização para RFID

Figura 2. Protocolo de padronização para RFID



Fonte: Loureiro et al.2015

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi realizado um estudo sobre a tecnologia RFID e suas diversas aplicações. Wanderley et al. (2014) utilizaram esta tecnologia para o registro automático da produção e controle de estoques na indústria Acumuladores Moura S.A., o que trouxe maior confiabilidade e rapidez às informações registradas. Tendo em vista que o leitor só pode ser utilizado por uma aplicação por vez, Grumovski (2009) estudou um sistema que facilitasse o tratamento da entrada maciça de dados que podem ser gerados pela tecnologia RFID e para isso criou um *middleware* para uso de múltiplas aplicações. Costa et al. (2012) desenvolveu um sistema de rastreabilidade num protótipo de linha de montagem e desta forma foi possível identificar o produto, a operação executada, a existência ou não de falhas, data e hora da produção e eventos em cada estação de trabalho. Flores (2014) desenvolveu um sistema de infraestrutura e monitoramento de cargas que está sendo testado no estado de Santa Catarina o que trouxe vantagens de rapidez de informações e otimização da logística. Franco et al. (2009) desenvolveram um sistema RFID para uma fábrica de bebidas da cidade de Maringá, PR com o objetivo de monitorar a produção e perdas por quebras e vazamentos. Esta tecnologia minimizou as diferenças de inventário garantindo a confiabilidade dos estoques. Marques et al. (2009) ressalta que a implantação da tecnologia na indústria poderia facilitar o gerenciamento de recursos dentro da fábrica, além da gerência de desgastes nas ferramentas utilizadas no processo de fabricação de produtos.

Sabendo disso foi estudada a aplicação da tecnologia RFID na localização de veículos em ambiente, constatada a viabilidade do método foi realizado o levantamento de materiais necessários para realizar uma prova de conceito da solução.

Para estudo de caso foram utilizados um leitor RFID da Impinj modelo *Speedway Revolution* R420, mostrado na Figura 3, duas antenas Motorola modelo *Symbol AN480*, representada na Figura 4 e cinco Etiquetas RFID (TAGs) Impinj Monza 4, representada na Figura 5, foram usados também um roteador TP-Link modelo WR740N para realizar a comunicação com a rede e um carrinho de supermercado para simular o veículo.

Figura 3. Leitor RDIF Impinj modelo Speedway Revolution R420.



Fonte: Do autor.

Figura 4. Antena Motorola modelo Symbol AN48.



Fonte: Do autor.

Figura 5. Etiqueta RFID (TAG) Impinj modelo Monza 4



Fonte: Do autor.

Para desenvolvimento da aplicação foi usado o *Microsoft Visual Studio 2013* com a linguagem de programação C# e a biblioteca de RFID desenvolvida pela Impinj, a Octane SDK .NET, realizando uma adaptação do *middleware* para efetuar a leitura das etiquetas e identificar o local na qual o veículo se encontra.

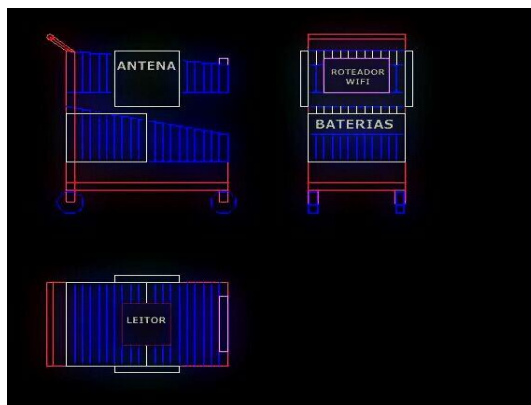
A linguagem foi escolhida para esse projeto por ser a que possui mais exemplos de uso da biblioteca da Impinj, além de ser a única versão consolidada no mercado, tornando assim mais fácil o estudo e a compreensão para seu uso.

3.1. ESTUDO DE CASO

Foi realizado um experimento com o objetivo de testar a viabilidade do método escolhido. Esse experimento consistiu em embarcar o leitor, duas antenas e um roteador em um carrinho de supermercado, conforme ilustrado na Figura 6. Foram distribuídas 7 etiquetas em 7 salas distintas do Laboratório da Jacto. O teste consistiu em trafegar com o veículo por 5 destas salas, a fim de observar o comportamento da solução desenvolvida. Os outros dois ambiente tiveram a finalidade de controle, ou seja, se o veículo trafega-se em uma sala adjacente a estes dois pontos (controles) e as etiquetas destes pontos fossem lidas o teste falharia.

Foram realizadas duas baterias de testes com a solução preliminar, uma no dia 20/05/2015, onde a solução apresentou alguns problemas técnicos de conectividade do leitor com a rede, o problema foi solucionado e o teste transcorreu perfeitamente, o resultado obtido foi o esperado com o sistema identificando a passagem do carrinho pelo ambiente e não havendo interferência das etiquetas de controle. O teste do dia 23/05/2015 transcorreu sem problemas e novamente o resultado foi o previsto, a solução se comportou de acordo com o planejado identificando a movimentação do veículo pelo ambiente.

Figura 6. Esquema técnico do veículo com a solução embarcada



Fonte: Do autor.

O teste foi realizado em ambiente controlado dentro do Laboratório de Pesquisas Tecnológicas da Jacto, o protótipo inicial não estava equipado com as baterias, sendo alimentado pela rede elétrica. As etiquetas foram coladas nas paredes das salas assim como demonstrado na figura 7 e o veículo percorria o ambiente de teste como pode ser visto na Figura 8.

O protótipo passaria por fase de aperfeiçoamento assim como a aplicação. No protótipo seriam adicionadas duas baterias *Trojan Overdrive* para aprimorar sua mobilidade e para tornar o teste mais verossímil, tendo em vista que a maior parte dos veículos em que a solução seria embarcada são movidos à baterias.

Figura 7. Etiqueta fixada na parede



Fonte: Do autor

Figura 8. Teste dia 20/05/2015, veículo passando por ambiente de teste



Fonte: Do autor

Foi desenvolvido, também, no laboratório da Empresa Jacto uma solução para rastreamento de racks (racks são estruturas, geralmente metálicas, usadas para transporte de mercadorias ou peças), essa solução foi desenvolvida para evitar o extravio de racks. Os racks foram etiquetados e portais de leitura foram montados em locais estratégicos da fábrica. Com isso foi possível rastrear um rack dentro das instalações, além de ser possível determinar qual a sua carga. Esse sistema ofereceu uma precisão de 95%. (Informação pessoal – Dados fornecidos pela JACTO S.A.)

O método utilizado no presente estudo se difere do rastreamento de racks, acima citado, pois os leitores, no primeiro, foram fixados no objeto a ser rastreado (veículo) e no segundo caso os leitores foram fixados em portais. A solução desenvolvida neste trabalho visou ter uma precisão LINEAR de 100 metros, ou seja, o veículo poderia estar a 100 metros

de distância do último ponto de leitura dentro de uma mesma via. Diferindo do sistema GPS que segundo os testes realizados pela JACTO (Informação pessoal) tem erro de aproximadamente 80 metros RADIAIS, ou seja, o veículo poderia se encontrar em uma via diferente da indicada.

Para a tomada de decisão de fixar os leitores nos veículos levou-se em consideração os seguintes aspectos:

- ✓ Na melhor das hipóteses, o leitor utilizado poderia cobrir 400 metros (se estivesse fixado e tivesse entrada para quatro antenas);
- ✓ A fábrica tem uma dimensão muitas vezes superior a 400 metros;
- ✓ O leitor é a parte mais cara do equipamento.

Como se observa nas explicações acima é mais vantajoso embarcar os leitores nos veículos com o objetivo de reduzir o custo.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se com os testes realizados no decorrer do trabalho, descritos no Capítulo 3, que é viável a criação de uma solução de localização de veículos em fábrica utilizando a tecnologia RFID. Porém mais testes poderiam ter sido realizados antes de levar a solução para o ambiente fabril, como a adaptação no protótipo da fonte de energia, ou seja a bateria, para estudar o consumo do leitor e do roteador ligados à mesma, e se isso comprometeria a autonomia dos veículos elétricos da fábrica. Sem levar em conta o problema energético, a solução se comportou como previsto, identificando a passagem do carrinho pelo ambiente de teste.

Esse projeto quando implantado tornará mais segura à rotina do trabalhador dentro da fábrica tendo em vista que poderá ser mapeado o fluxo de veículos no interior da mesma, possibilitando um maior controle sobre o ambiente fabril, garantindo o bem-estar de todos e otimizando os processos dentro de sua linha de produção.

Sugere-se como trabalhos futuros a realização de testes com o sistema completo no ambiente fabril e também a implementação de novas funcionalidades que possam ser úteis neste ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIN, M. V. Antenas. In: HESSEL, F., VILLAR, R. S. G., DIAS, R. R. F. et al. Introdução a sistemas RFID. **Implementando RFID na cadeia de negócios: tecnologia a serviço da excelência**. 2. Ed. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (ediPUCRS), 2011, p.78-108.
- BHUPTANI, M.; MORADPOUR, S. Um jeito melhor de fazer as coisas. In: _____. **Implementando o sistema de identificação por radiofrequência**. Tradução: Edgar Toporcow. São Paulo: IMANN, 2005a. p. 17-35.
- BHUPTANI, M.; MORADPOUR, S. A historia e evolução da RFID. In: _____. **Implementando o sistema de identificação por radiofrequência**. Tradução: Edgar Toporcow. São Paulo: IMANN, 2005b. p. 37-46.
- BHUPTANI, M.; MORADPOUR, S. Componentes dos sistemas de RFID. In: _____. **Implementando o sistema de identificação por radiofrequência**. Tradução: Edgar Toporcow. São Paulo: IMANN, 2005c. p. 47-69
- COSTA, M. M. S., OLIVEIRA, L. R., ROCHA, R. S. et al. Aplicação de tecnologia RFID numa estação de rastreabilidade na automação de um processo discreto de manufatura. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INGENIERIA DE PROYECTOS, 3, 2012, Mar del Plata, **Anais...** Mar del Plata, 2012. Disponível em: <http://docplayer.com.br/5552023-Aplicacao-de-tecnologia-rfid-numa-estacao-de-rastreabilidade-na-automacao-de-um-processo-discreto-de-manufatura.html>. Acesso em: 19 jul. 2015.
- DALFOVO, O. ,PINTO, M. I. Delinear a tecnologia da informação e comunicação no impacto do uso do RFID no ramo têxtil de Blumenau. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**. V.2, n.2, p.01-29, 2008. Disponível em: <http://rica.unibes.com.br/index.php/rica/article/viewFile/105/100>. Acesso em: 10 set. 2015.
- DUARTE, O. C. M. B., MONTEIRO, F.V., PACHECO, G.F.C., et al. RFID Radio Frequency Identification: Comunicação. **Grupo de Teleinformática e automação**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/rfid/index.html . Acesso em: 07 ago. 2015.
- FIGUEROA, H. E. H., SILVEIRA, G. N. M., DIAS, R. R. Conceitos de radiofrequência para RFID. In: HESSEL, F., VILLAR, R. S. G., DIAS, R. R. F. et al. Introdução a sistemas RFID. **Implementando RFID na cadeia de negócios: tecnologia a serviço da excelência**. 2. Ed. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (ediPUCRS), 2011, p.21-46.
- FLORES, A. P. P. **A tecnologia de identificação por radiofrequência aplicada ao gerenciamento logístico: panorama atual de casos e aplicações**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Tecnólogo) – Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antonio Seabra., Lins, 2014. Disponível em: <http://www.fateclins.edu.br/site/trabalhoGraduacao/uojiT4f0eVBP6lw11IOXHE7L94EGghL4iV9oSTZWXX0t9.pdf> Acesso em: 10 set. 2015.

FRANCO, R. S. T., COSTA, Y. M. G., UBER, F. R. et al. Tecnologia de RFID: Um estudo de caso aplicado a uma indústria de bebidas de Maringá – PR. **Dialogos & Saberes**, v.5, n.1, p.9-18, 2009.

GRUMOVSKI, D. Sistema de gerenciamento de dados coletados pela tecnologia RFID. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade industrial**. v.2, n.2, p.14-37, 2009.

HESSEL, F., AZAMBUJA, M. Etiquetas e leitores RFID. In: HESSEL, F., VILLAR, R. S. G., DIAS, R. R. F. et al. Introdução a sistemas RFID. **Implementando RFID na cadeia de negócios: tecnologia a serviço da excelência**. 2. Ed. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (ediPUCRS), 2011, p.110-147.

HESSEL, F., VILLAR, R. S. G., DIAS, R. R. F. et al. Introdução a sistemas RFID. In:____. **Implementando RFID na cadeia de negócios: tecnologia a serviço da excelência**. 2. Ed. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (ediPUCRS), 2011, p.11-19.

LOUREIRO, G. S. M., SOUZA, Q. S., LOPES, M. G. M. RFID: Padronização. **Grupo de Teleinformatica e automação**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2015-1/15_1/rfid/padronizacao.html . Acesso em 07 ago. 2015.

MACHADO, B., VAZ, T., SACRAMENTO, V. *Middleware*: conceito e padrões. In: HESSEL, F., VILLAR, R. S. G., DIAS, R. R. F. et al. Introdução a sistemas RFID. **Implementando RFID na cadeia de negócios: tecnologia a serviço da excelência**. 2. Ed. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (ediPUCRS), 2011, p.150-185.

MARQUES, C. A., FURLAN JR. A tecnologia de identificadores de radio frequência (RFID) na logística interna industrial: pesquisa exploratória numa empresa de usinados para o setor aeroespacial. **GEPROS. Gestão da produção, operação e Sistemas**. Ano 4, n.2, p.109-122, 2009.

OLIVEIRA, D., AMORIM, J., SACRAMENTO, V. Padrões e regulamentações. In: HESSEL, F., VILLAR, R. S. G., DIAS, R. R. F. et al. Introdução a sistemas RFID. **Implementando RFID na cadeia de negócios: tecnologia a serviço da excelência**. 2. Ed. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (ediPUCRS), 2011, p.47-75.

POOLE, I., RFID Standards. **Resources and Analysis for Electronics Engineers**. Radio-electronics.com. Disponível em: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/iso-epcglobal-iec-standards.php> Acesso em: 07 ago 2015

ROBERTI, M.. The History of RFID Technology. Radio frequency identification has been around for decades. Learn how it evolved from its roots in World War II radar systems to today's hottest supply chain technology. 2005. Disponível em: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338/2>. Acesso em: 06 nov. 2015.

WANDERLEY, M. N. D., HOLANDA, L. M. C., OLIVEIRA, J. B. et al. A implantação da tecnologia Radio Frequency Identification (RFID) em processos logísticos de uma indústria de baterias. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 11, 2014,

Resende, **Anais...** Resende, 2014. Disponível em: www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/35620399.pdf. Acesso em: 07 ago.2015.

©2001 HowStuffWorks. Como Funciona o Sistema de Pedágio “Sem Parar”. VELOCIDADE MÁXIMA. Disponível em: <https://velocidademaxima.wordpress.com/2010/02/06/como-funciona-o-sistema-de-pedagio-sem-parar/>. Acesso em: 10 nov. 2015.