

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE COMPUTADORES**

**SISTEMA AUTÔNOMO DE LOCALIZAÇÃO DE INDIVÍDUOS EM  
AMBIENTES INDOOR ATRAVÉS DA TECNOLOGIA RFID**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Celso Silva Brossard**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**

**STRC/UFSM, RS**

**BROSSARD, Celso Silva**

Tecnólogo em Redes de Computadores

**2014**

# **SISTEMA AUTÔNOMO DE LOCALIZAÇÃO DE INDIVÍDUOS EM AMBIENTES INDOOR ATRAVÉS DA TECNOLOGIA RFID**

**Celso Silva Brossard**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso Superior de  
Tecnologia em Redes de Computadores do Colégio Técnico Industrial de Santa  
Maria, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial  
para obtenção de grau de Tecnólogo em Redes de Computadores

**Orientador: Prof. Dr. Claiton Pereira Colvero**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE COMPUTADORES**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**SISTEMA AUTÔNOMO DE LOCALIZAÇÃO DE INDIVÍDUOS EM  
AMBIENTES INDOOR ATRAVÉS DA TECNOLOGIA RFID**

elaborado por  
**Celso Silva Brossard**

Como requisito parcial para a obtenção de grau de  
**Tecnólogo em Redes de Computadores**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Claiton Pereira Colvero, PhD.**  
(Orientador)

**Rodrigo Castro Gil.**  
(UFSM)

**Fabio Teixeira Franciscato, Msc.**  
(UFSM)

Santa Maria. 11 de Dezembro de 2014

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente aos meus pais Mara Pitalluga e Celso Brossard, aos meus irmãos Naiana Fantineli e Ernani Muraro Júnior, ao meu padrasto Ernani Muraro e minha madrasta Sandra Araújo, pelo apoio e incentivo dedicados a mim durante toda essa jornada.

Agradeço especialmente a meu falecido avô Luiz de Barros, que além de avô foi pai, maior exemplo e melhor amigo, e também a minha avó Adalgiza Pittaluga pelo apoio e amor incondicional.

A todos os meus familiares meu muito obrigado pelo apoio e carinho.

Agradeço ao professor Claiton Pereira Colvero, meu orientador, por todas as instruções e orientações a mim prestadas no período de realização deste projeto, estando sempre disponível nos momentos de dúvidas e dificuldades; aos demais professores pelo companheirismo, conhecimentos trocados e assistências prestadas durante o período do curso.

Aos colegas Alexandre Rodrigues, Bolivar Menezes, Bruno Rizzeti, Glauco Rodrigues, Pedro Wessel e Willian Floriano pela ajuda e apoio em momentos de extrema dificuldade, meu muito obrigado.

Aos meus amigos Alexandre de Oliveira, Diego Dias, Marco Bitencourt e Daiane Oliveira por sempre estarem presentes e dispostos a me ajudar durante a maior parte da minha vida.

Agradeço também as Doutoras Hábaly Vaz e Denise Rodrigues, pelo suporte aos meus desgastes físicos e psicológicos enfrentados nos últimos meses.

A todos meus amigos e colegas que conviveram e torceram por mim durante minha graduação e, por fim, a uma pessoa em especial, meu muito obrigado.

## **RESUMO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
Colégio Técnico Industrial De Santa Maria  
Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores  
Universidade Federal de Santa Maria

### **SISTEMA AUTÔNOMO DE LOCALIZAÇÃO DE INDIVÍDUOS EM AMBIENTES INDOOR ATRAVÉS DA TECNOLOGIA RFID**

AUTOR: CELSO SILVA BROSSARD  
ORIENTADOR: CLAITON PEREIRA COLVERO  
DATA E LOCAL DA DEFESA: SANTA MARIA, 11 DE DEZEMBRO DE 2014.

Com o avanço da tecnologia, e com sua presença cada vez mais significativa na indústria e nas próprias residências, uma área que vem sendo muito explorada é a automação. A automação já está presente de forma muito significativa nas grandes empresas, substituindo o homem em processos perigosos ou apenas com o objetivo de agilizar a produção. Porém, com a facilidade de acesso a novas tecnologias, a automação está trilhando novos horizontes, saindo das grandes fábricas e grandes máquinas para também atender pequenos processos, que apesar de simples, podem ajudar a melhorar e agilizar as atividades diárias de empresas e até mesmo residências. Partindo dessa ideia, este projeto tem o objetivo de implementar um sistema que monitore e informe em tempo real a localização dos funcionários dentro de uma empresa. A tecnologia utilizada será o RFID operando em alta frequência, e os *tags* que serão incorporadas, a princípio nos crachás dos funcionários, serão do tipo ativo. O sistema deverá informar o último local que a pessoa acessou e essa informação será impressa para a visualização em uma página *web* em forma de tabela. Os desenvolvimentos da aplicação em questão, assim como os testes realizados em ambiente controlado, mostraram resultados satisfatórios. Estes resultados demonstram a viabilidade do projeto para restringir um sinal em um ambiente específico para a identificação de indivíduos, com possibilidade de utilização em um cenário real.

Palavras-chave: Localização, RFID, Monitoramento, Indoor, Automação.

## **ABSTRACT**

Completion Of Course Work  
Colégio Técnico Industrial De Santa Maria  
Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores  
Universidade Federal de Santa Maria

## **AUTONOMUS TRACKING SYSTEM FOR INDOOR ENVIRONMENT BASED ON RFID TECHNOLOGY**

AUTHOR: CELSO SILVA BROSSARD  
SUPERVISOR: CLAITON PEREIRA COLVERO  
Date and Place of Defense: Santa Maria, December 11, 2014.

With the advancement of technology and its increasing presence in the industry and people's home, one area that has been very explored is the automation. The automation is already widely used in large companies for replacing employees in hazardous processes and in order to speed up production. However, with the ease of access to new technologies, automation is being used as well for small activities, which although simple, can improve and help to speed up daily activities of companies and even residences. Following this idea, this project aims to implement a system to monitor and report, in real time, the localization of employees within the company. The technology, which will be used, is the RFID, operating at high frequency, and the tags that will be incorporated, in principle, in the sampling of employees will be of active type. The system shall inform the last place the employee accessed and this information will be printed for visualization in a web page as a table. The development of the application, as the tests conducted in controlled environment, showed satisfactory results. Demonstrating the feasibility of the project and that the restriction of the signal for a specific environment to the identification of individuals is possible in a real scenario.

Keywords: Tracking, RFID, Monitoring, Indoor, Automation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Montagem de um quadro de dados <i>Ethernet</i> .....	20
Figura 2 – Princípio de funcionamento de um sistema RFID. ....	24
Figura 3 – Exemplos de <i>tags</i> RFID encontrados no comércio. ....	29
Figura 4 – Modelos de <i>tag</i> RFID para aplicações especiais. ....	30
Figura 5 – Princípio de funcionamento de <i>tag</i> RFID passivo. ....	31
Figura 6 – Princípio de funcionamento de <i>tag</i> RFID ativo. ....	32
Figura 7 – <i>Transponder</i> SAAT-T505 compatível com o leitor SAAT F527. ....	33
Figura 8 – Modelos de leitores RFID comerciais.....	34
Figura 9 – Sequência de comandos para leitura dos dados RFID. ....	35
Figura 10 – Invólucro do leitor RFID SAAT F527. ....	37
Figura 11 – Dimensões e estrutura do leitor utilizado. ....	38
Figura 12 – Painel dianteiro do leitor F527.....	39
Figura 13 – Painel traseiro do leitor F527. ....	39
Figura 14 – Comunicação do servidor com o leitor F527 via rede <i>Ethernet</i> . ....	44
Figura 15 – Interface do servidor de dados oferecida pelo desenvolvedor. ....	45
Figura 16 – Interligação do leitor F527 através da rede do CTISM. ....	46
Figura 17 – Diagrama de etapas para a operação do sistema.....	47
Figura 18 – Fluxograma dos processos de leitura e tratamento dos dados. ....	48
Figura 19 – Modelo ER. ....	49
Figura 20 – Pacote de dados analisado com o software <i>Wireshark</i> . ....	52
Figura 21 – Função de definição do IP e porta do leitor.....	53
Figura 22 – Pacote capturado pelo <i>socket</i> no formato original.....	53
Figura 23 – Pacote capturado pelo <i>socket</i> convertido para a base 16.....	54
Figura 24 – Análise dos dados recebidos. ....	54
Figura 25 – Aplicação da função “ <i>parse</i> ” em linguagem PHP. ....	55
Figura 26 – Manipulação do BD em linguagem PHP. ....	55
Figura 27 – Impressão da tabela gerada em linguagem PHP. ....	56
Figura 28 – Apresentação da localização dos funcionários em uma página web. ....	56
Figura 29 – Exemplo de ambiente monitorado pelo sistema.....	57
Figura 30 – Ambiente preparado para os ensaios.....	59
Figura 31 – Exemplo de ensaios de laboratório para determinação da dinâmica. ....	61

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Relação da distância de leitura com frequência.....	36
Tabela 2 – Visualização do BD no MySql.....	50
Tabela 3 – Tabela LEITOR.....	50
Tabela 4 – Tabela DADOS.....	51
Tabela 5 – Tabela de resultados dos ensaios.....	63
Tabela 6 – Resultados do teste de identificação por área de cobertura.....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>BD</b>	Banco de Dados
<b>IBM</b>	<i>Internacional Business Machines</i>
<b>DER</b>	Diagrama Entidade-Relacionamento
<b>DNA</b>	Ácido Desoxirribonucléico
<b>ER</b>	Entidade-Relacionamento
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>FCS</b>	<i>Frame Check Sequence</i>
<b>GIF</b>	<i>Graphics Interchange Format</i>
<b>ID</b>	<i>Identification</i>
<b>IEEE</b>	<i>Institute of Electrical and electronics engineers</i>
<b>IFF</b>	<i>Identify Friend or Foe</i>
<b>IP</b>	<i>Internet Protocol</i>
<b>ISM</b>	<i>Industrial Scientific Medical</i>
<b>LAN</b>	<i>Local Area Network</i>
<b>MAC</b>	<i>Media access control</i>
<b>MTU</b>	<i>Maximum Check Unit</i>
<b>ODBC</b>	<i>Open Database Connectivity</i>
<b>PHP</b>	<i>Personal Query Language</i>
<b>PTP</b>	<i>Peer to Peer</i>
<b>RF</b>	<i>Radio Frequency</i>
<b>RFID</b>	<i>Radio Frequency Identification</i>
<b>SFD</b>	<i>Start Frame Delimiter</i>
<b>SGBD</b>	Sistema de Gerenciamento de Base de Dados
<b>SQL</b>	<i>Structured Query Language</i>
<b>SRD</b>	<i>Short Range Device</i>
<b>STP</b>	<i>Shielded Twisted Pair</i>
<b>TCP</b>	<i>Transmission Control Protocol</i>
<b>UDP</b>	<i>User Datagram Protocol</i>
<b>UHF</b>	<i>Ultra High Frequency</i>
<b>UTP</b>	<i>Unshielded Twisted Pair</i>
<b>VHF</b>	<i>Very High Frequency</i>
<b>HTTP</b>	<i>Hipertext Transfer Protocol</i>

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	15
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
1.1. Meios de transmissão de dados.....	17
1.1.1. Meios de transmissão guiados – Cabos metálicos.....	17
1.1.2. Meios de transmissão não guiados – Ondas de Rádio .....	22
1.2. Tecnologia RFID .....	22
1.2.1. Contexto histórico.....	22
1.2.2. Princípios de funcionamento da tecnologia RFID .....	23
1.2.3. Frequências de operação.....	25
1.2.4. Componentes de um sistema RFID .....	29
1.2.4.1. Etiquetas RFID ( <i>Tags ou Transponders</i> ).....	29
1.2.4.2. Tag ativo SAAT-T505.....	32
1.2.4.3. Leitor ( <i>Reader</i> ) .....	33
1.3. Leitor RFID SAAT F527 .....	35
1.3.1. Especificações técnicas do leitor SAAT F527 .....	37
1.3.1.1. Conexões do leitor SAAT F527 .....	38
1.4. Banco de dados .....	40
1.5. Linguagem estruturada SQL .....	41
1.6. Sistema gerenciador de banco de dados MySQL .....	41
1.7. Linguagem de programação PHP .....	42
2. MÉTODOS E TÉCNICAS.....	43
2.1. Detalhamento do projeto .....	44
2.1.1. Configuração dos dispositivos.....	44
2.1.2. Desenvolvimento da interface de software.....	46
2.1.2.1. Processos de identificação e tratamento das informações .....	48
2.1.2.2. Banco de dados .....	49
2.1.2.3. Software de integração do leitor com o banco de dados.....	51
2.1.3. Ambiente monitorado .....	57
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
3.1. Procedimentos de realização dos ensaios .....	58
3.2. Ambiente de testes em laboratório.....	58
3.3. Realização dos ensaios em laboratório.....	60
3.4. Realização de ensaios com o sistema completo.....	63
CONCLUSÃO.....	67
Sugestões para trabalhos futuros.....	68
REFERÊNCIAS.....	70

## INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos dos computadores e da automação, assim como suas diversas funcionalidades quando dispostos em rede, tem criado cada vez mais uma integração dessas tecnologias nas atividades cotidianas, despertando o desejo de utilizar esses recursos como forma de simplificar as operações e o controle de forma autônoma e totalmente remota.

Como afirma Ribeiro (2001), pode-se definir os processos de automação como a substituição da execução de uma atividade manual por uma similar baseada na aplicação de computadores ou sistemas. Este processo automatizado ainda pode ser gerenciado de forma remota sem interferência dos usuários (RIBEIRO, 2001).

Como a tecnologia está tomando um caminho onde os sistemas estão cada vez mais automáticos e independentes, se faz necessário à utilização dessas tecnologias também em funções consideradas simples, mas que podem ter um impacto considerável no ambiente de trabalho, facilitando as atividades cotidianas.

O sistema proposto nesse projeto tem o objetivo de monitorar e informar em tempo real, a localização de cada funcionário dentro de uma empresa. Tendo essas informações de forma rápida, o administrador pode controlar sem sair de sua sala, se os funcionários estão em seus setores correspondentes, se alguém acessou uma área que não tem o acesso permitido ou simplesmente poupar o tempo de procurar um funcionário, seja se deslocando pela empresa a sua procura ou telefonando para os setores.

Sendo assim, um sistema de automação que possibilite a localização de funcionários dentro de uma empresa auxiliará aos gerentes e administradores a controlar e monitorar as atividades dentro da empresa de uma maneira mais rápida, confiável e totalmente automatizada.

## 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Tanenbaum (2003, p.1) “Cada um dos três séculos anteriores foi dominado por uma única tecnologia. O século XVIII foi a época dos grandes sistemas mecânicos que acompanharam a Revolução Industrial. O século XIX foi a era das máquinas a vapor. As principais conquistas tecnológicas do século XX se deram no campo da aquisição, do processamento e da distribuição de informações”. Essa afirmação nos mostra que tivemos uma grande evolução no último século, e cabe a nós agora, utilizar essas informações para elaborarmos tecnologias que ajudem e facilitem o dia a dia das pessoas. Parte do interesse de pesquisa tem recentemente se direcionando para as áreas e ambientes inteligentes. Utilizando sistemas que facilitem as tarefas do cotidiano. Com a evolução das redes de computadores, e do acesso e distribuição da informação, ficou mais viável o desenvolvimento de sistemas destinados a automação de ambientes.

Segundo Petterson e Davie (2007, p.2), “Provavelmente, a característica mais importante de uma rede de computadores é a sua generalidade”. Isso nos mostra que as redes são capazes de transportar vários tipos diferentes de dados, e apoiar uma ampla e sempre crescente gama de aplicações. Essa fácil adequação permite que uma aplicação possa ser desenvolvida através de uma rede de várias maneiras diferentes, facilitando o desenvolvimento de sistemas que precisem se interconectar.

Segundo Ogata (2003, p.1) “O controle automático representa um papel um vital no avanço da engenharia e da ciência.” Observando a afirmação do autor acima, tornasse evidente que a área que compreende o controle automático está avançando cada vez mais, e o mundo caminha para uma direção onde a automação não será uma coisa distante, restrita a grandes empresas e centros de pesquisa, mas vai fazer parte do cotidiano de cada um de nós.

Para o desenvolvimento deste trabalho de estudo e desenvolvimento de um sistema automatizado de monitoramento, com possibilidade de controlar de forma fácil e rápida a localização dos funcionários dentro de uma empresa, foi necessária a avaliação de diferentes tecnologias de identificação e de comunicação. Para iniciar os trabalhos, foi verificada a necessidade de realizar uma pesquisa bibliográfica com

objetivo de fornecer suporte à escolha da melhor tecnologia de identificação e também de comunicação dos dados.

Foram avaliadas as possibilidades de utilização de sistemas cabeados para a redução de custos com interfaces, e também da utilização de sistemas sem fio, para uma maior flexibilidade e dinamismo no projeto. O referencial teórico deste trabalho visa fornecer os subsídios técnicos e teóricos necessários sobre as tecnologias empregadas neste trabalho, proporcionando um entendimento facilitado das mesmas, a viabilidade de execução do projeto e sua aplicabilidade em um cenário real.

### **1.1. Meios de transmissão de dados**

Toda a comunicação entre dispositivos envolve uma codificação de dados em uma forma de energia, para depois enviar essa energia através de um meio de transmissão. Como exemplo, uma corrente elétrica pode ser usada para transferir dados através de um fio, ou ondas de rádio podem ser usadas para carregar dados através do ar. Como os dispositivos de hardware ligados aos dispositivos executam a codificação e decodificação dos dados, detalhes de como ocorre à transmissão passam de forma transparente por programadores e usuário (COMER, 2007).

Vários meios físicos podem ser utilizados para realizar uma transmissão. Cada meio tem seu próprio nicho em termos de largura de banda, atraso, custo e facilidade de instalação e manutenção. Os meios físicos são definidos como meios guiados, que podem ser fios de cobre e fibras ópticas, e em meios não guiados, representadas pelas redes sem fio, satélites e outros meios de transmissão que utilizam o ar. A seguir, serão expostos alguns conceitos básicos sobre os meios de transmissão utilizados no projeto em questão.

#### **1.1.1. Meios de transmissão guiados – Cabos metálicos**

Redes de computadores convencionais usam fios como meio primário de comunicação, entre computadores, porque são mais baratos e fáceis de instalar. Muitas redes ainda usam quase que exclusivamente fios de cobre devido sua baixa resistência à corrente elétrica, o que permite que os sinais viajem por uma distância

maior (COMER, 2007). Os três tipos básicos de fiação utilizados são:

- Par trançado descoberto (UTP);
- Cabo coaxial;
- Par trançado coberto (STP).

Um dos meios de transmissão mais comuns é o par trançado. Nesse tipo de cabo os fios são entrelaçados de forma helicoidal semelhante a uma molécula de DNA. O trançado dos fios é feito porque dois fios paralelos formam uma antena simples, gerando interferências em outros sinais. Quando os fios são trançados, as diferentes partes dos fios se cancelam, gerando assim uma menor interferência. Os pares trançados são usados na transmissão de sinais analógicos ou digitais e a largura de banda depende da espessura do fio e da extensão do cabo em si.

Um cabo coaxial, segundo Comer (2007), fornece uma proteção maior contra a interferência comparado ao par trançado, seu protetor de metal pesado isola o fio interno, criando uma barreira às interferências. O cabo coaxial é formado por um condutor de cobre que percorre a parte central do cabo, protegido por um material isolante. Esse isolante é coberto por um condutor cilíndrico, composto por uma malha sólida entrelaçada. O condutor externo possui um revestimento plástico resistente. A construção e a blindagem do cabo coaxial proporcionam a ele uma combinação de grande largura de banda e boa resistência a ruídos.

O método de usar um protetor para os cabos metálicos também foi aplicado ao par trançado. O par trançado coberto (STP) também utiliza um protetor de metal que reveste seus fios, formando uma barreira que impede a radiação eletromagnética de entrar ou sair. Essa proteção adicional geralmente é utilizada quando os fios de uma rede passam perto de equipamentos que geram campos elétricos ou magnéticos muito fortes (COMER, 2007).

#### a) Padrão de rede *Ethernet*

Segundo Souza (2009) a tecnologia *Ethernet* é normalizada com o padrão 802.3 do *IEEE*, e define a sinalização elétrica e a forma de acesso ao meio de uma LAN (rede local). A *Ethernet* foi criada em 1972, inicialmente com uma largura de banda de 10 Mbps e foi desenvolvido pela Xerox, DEC (*Digital Equipment*) e Intel. Esta tecnologia engloba vários padrões que definem como deve ser realizada a

instalação física e as conexões lógicas entre os dispositivos dentro de uma rede.

A *Ethernet*, basicamente, consiste de três elementos: o meio físico, as regras de controle de acesso ao meio e o quadro *Ethernet*. O modo de transmissão é uma característica relevante na tecnologia *Ethernet*, podendo ser *Half-duplex*, onde as estações transmitem ou recebem informações sem permitir a transmissão simultânea; ou *Full-duplex*, onde as estações transmitem e recebem as informações podendo ocorrer as transmissões simultâneas.

Segundo Moraes (2008), o padrão 802.3 é especificado em duas topologias:

- a) Barramento: a rede é constituída por cabos coaxiais, que permitem que todas as estações compartilhem o meio.
- b) Estrela: para criar uma topologia em estrela se faz necessário o uso de um equipamento de concentração podendo ser um *hub* ou um *switch*. As estações conectadas ao equipamento de concentração por cabos UTP, respeitando a distância limite da norma de 100 metros.

O Frame *Ethernet* é dividido em diversos campos delimitados segundo suas especificações, e estes são:

- Preâmbulo: é formado por 8 *bits*, e serve para a marcação do sincronismo. Essa marcação é formada por uma sequência de *bits*, que assegura a sincronização de relógio usada na codificação Manchester (MORAES, 2008).
- Delimitador de início de frame (SFD): sinaliza o início do frame (MORAES, 2008).
- Endereço MAC destino: esse campo é formado por 6 *bytes* que correspondem ao endereço MAC da estação de destino (MORAES, 2008).
- Endereço MAC origem: esse campo também é formado por 6 *bytes* que correspondem ao endereço MAC da estação transmissora (MORAES, 2008).
- Comprimento do campo de dados: Esse campo determina o tamanho total do campo de dados. Um pacote *Ethernet* pode transportar de 64 a 1500 *bytes*, conforme for configurada na MTU (*Maximum Transfer Unit*) (MORAES, 2008).
- Campo de dados: Neste campo está a informação que realmente será transmitida. Apesar de a norma estabelecer um tamanho mínimo de 46 *bytes*, os

fabricantes adotaram um tamanho mínimo de 64 *bytes*, e o máximo de 1500 *bytes*. Quando há a necessidade de transmitir informações de camadas superiores, com mais de 1500 *bytes*, é realizada a fragmentação dos quadros na origem e a remontagem no destino (MORAES, 2008).

- FCS (*Frame Check Sequence*): é um código de redundância cíclica, usada para a verificação de possíveis erros no quadro (MORAES, 2008).

Na Figura 1 pode-se observar a montagem de um quadro de dados compostos pelos campos descritos.

Preâmbulo	SFD	MAC Destino	MAC Origem	Tamanho	Dados	FCS
-----------	-----	-------------	------------	---------	-------	-----

Figura 1 – Montagem de um quadro de dados *Ethernet*.  
Fonte: Próprio Autor.

Atualmente o padrão *Ethernet* se divide em várias sub padrões, onde dentre estes, se destacam o *Fast Ethernet* e o *Gigabit Ethernet*.

b) *Fast Ethernet*:

O sub padrão *Fast Ethernet* refere-se a um conjunto de especificações desenvolvidas pelo comitê IEEE 802.3 para oferecer uma *LAN* de baixo custo, compatível com *Ethernet*, onde esta opera a 100 Mbps. A designação geral para esses padrões é conhecida como 100BASE-T (STALLINGS, 2005). Esta tecnologia manteve o padrão *Ethernet* no que diz respeito ao endereçamento, formato e tamanho do pacote e o mecanismo de detecção de erro. A mudança mais significativa em relação ao padrão *Ethernet* é o aumento de velocidade que foi para 100 Mbps.

As especificações *Fast Ethernet* para IEEE 802.3 incluem as seguintes alternativas para a camada física:

- 100BASE-T -- Designação para qualquer dos três padrões para 100 Mbit/s *Ethernet* sobre cabo de par trançado. Estão inclusos os padrões 100BASE-TX, 100BASE-T4 e 100BASE-T2.
- 100BASE-FX -- 100 Mbit/s *Ethernet* operando sobre uma rede de fibra

óptica. Nesta taxa, geralmente utilizando uma fibra ótica multimodo.

c) *Gigabit Ethernet*:

A estratégia para o *Gigabit Ethernet* é a mesma que foi elaborada para o *Fast Ethernet*. Embora defina uma nova especificação de meio de transmissão, ela mantém o mesmo protocolo e formato de quadro que seus predecessores com 10BASE-T e 100BASE-T (STALLINGS, 2005). A compatibilidade de dispositivos dos padrões *Ethernet* e *Fast Ethernet* é conhecida e não necessitam de conversões de quadro dos dados para operar em conjunto. No geral, possuem taxas de transmissão de 1 Gbps (1.000 Mbps) e seguem o padrão *Ethernet*.

As especificações 1 Gbps para *IEEE 802.3* incluem as seguintes alternativas para a camada física:

- 1000BASE-T - 1 Gbit/s sobre cabeamento de cobre categoria 5e ou 6.
- 1000BASE-SX - 1 Gbit/s sobre fibras ópticas.
- 1000BASE-LX - 1 Gbit/s sobre fibra. Otimizado para distâncias maiores com fibra monomodo.
- 1000BASE-CX - Uma solução para transportes curtos (até 25 m) para rodar *Ethernet* de 1 Gbit/s num cabeamento especial de cobre. É obsoleto, porque antecede o 1000BASE-T.

Segundo Stallings (2005), com o surgimento dos produtos *gigabit*, voltou-se a atenção para a necessidade de um aumento da capacidade para 10 Gbps *Ethernet*. O principal motivo para se desenvolver a *Ethernet* a 10 *Gigabit* é o aumento no tráfego da internet e intranet. Alguns fatores que contribuíram para esse aumento de tráfego são: Aumento no número de conexões; aumento na velocidade de conexão de cada estação final; aumento na utilização de aplicações com uso intensivo de largura de banda; aumento no tráfego de hospedagem *Web* e hospedagem de aplicações.

As especificações 10 Gbps para *IEEE 802.3* incluem as seguintes alternativas para a camada física:

- 10GBASE-SR - projetado para suportar distâncias curtas sobre cabeamento de fibra multímodo.

- 10GBASE-LX4 - usa multiplexação por divisão de comprimento de ondas para suportar distâncias entre 240 m e 300 m em cabeamento multímodo. Pode suportar até 10 km com fibras ópticas monomodo.
- 10GBASE-LR e 10GBASE-ER - Suporta de 10 km e 40 km respectivamente sobre fibras ópticas monomodo.

### **1.1.2. Meios de transmissão não guiados – Ondas de Rádio**

Além de seus usos para a transmissão pública de rádios e televisão, a radiação eletromagnética pode ser usada para transmitir dados entre computadores. Uma rede que usa ondas eletromagnéticas de rádio opera na “frequência de rádio”, e essas transmissões são chamadas de transmissões RF. Ao contrário dos meios guiados, fios ou fibras ópticas, as transmissões RF não requerem uma conexão física direta entre os elementos da rede, e sim uma antena, que pode tanto transmitir como receber RF (Comer, 2007).

Segundo Moraes (2008), Para as transmissões RF, são utilizadas faixas de frequência conhecidas como ISM (*Industrial Scientific Medical*), que são livres para o uso e não existe necessidade de autorização para transmitir sinais nessas frequências. O ISM foi padronizado na maioria dos países em três faixas de frequência: 900 MHz, 2,4 GHz e 5 GHz.

## **1.2. Tecnologia RFID**

### **1.2.1. Contexto histórico**

A tecnologia RFID surgiu na segunda guerra mundial, com a invenção dos radares pelo físico Robert Alexander Watson-Watt, para detectar aeronaves inimigas, que avaliava as modificações do sinal emitido pelo radar para descobrir a localização dessas aeronaves. O primeiro sistema ativo de RFID foi desenvolvido pelos Britânicos, o IFF (*Identify Friend or Foe*), onde as aeronaves emitiam um sinal ao serem captados pelo radar, realizando assim a sua identificação. Nos anos 60 houveram muitos avanços nas áreas de telecomunicação através da utilização de

dispositivos de radiofrequência para a identificação remota de objetos, principalmente nos sistemas antifurto. Nos anos 70 surgem as primeiras patentes RFID e os sistemas ativos e passivos, abrindo um novo leque de possibilidades para a aplicação da tecnologia RFID. Nos anos 80 a tecnologia RFID começou a ser comercializada nos Estados Unidos (RFID JOURNAL, 2005).

Nos anos 90 a IBM (*internacional Business Machines*) desenvolveu o UHF (*Ultra High Frequency*), que permite um alcance maior de leitura e transferência de dados mais ágil. Em 1999 a utilização do RFID em frequências da faixa do UHF teve seu desempenho potencializado com a criação do *Auto-ID center*, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, unindo a UCC, o EAN, a Procter & Gamble e a Gillette. Este grupo começou a desenvolver suas comunicações logísticas com base na tecnologia RFID utilizando UHF, e logo após várias outras empresas se associaram ao grupo, entre essas estão: Wal-Mart, Metro, Target, HP, Unilever, etc., e mais tarde a EPC, finalizando a especificação da rede de informação padronizada. Em 2003 a tecnologia EPC foi licenciada e criou-se o *EPCglobal*, para assim começar a comercializar a tecnologia EPC (RFID JOURNAL, 2005).

### **1.2.2. Princípios de funcionamento da tecnologia RFID**

Segundo Finkenzeller (2010) a abreviatura RFID significa identificação por radiofrequência, ou seja, informações transportadas por ondas de rádio. Devido as vantagens desses sistemas em comparação com outros sistemas de identificação, está permitindo ao RFID conquistar novos mercados antes inexplorados por essa tecnologia.

RFID (*Radio-Frequency Identification*) consiste em uma tecnologia voltada para a identificação eletrônica, que pode ser usada na identificação de produtos, animais, pessoas e etc. No sistema RFID, os dados são transmitidos através de ondas de rádio, podendo abranger pequenas ou grandes distâncias.

Um sistema RFID utiliza etiquetas (*tags*) e leitores (*readers*) para realizar a troca de dados. Quando um *tag* entra no campo de interrogação de um *reader*, eles são identificados e seus dados são transmitidos para um sistema de gerenciamento.

O RFID pode ser combinado com várias tecnologias de identificação, e algumas das vantagens de se utilizar essa tecnologia são:

- Não é necessário o contato direto do *tag* com o *reader* para a leitura.
- Itens podem ser identificados mais rapidamente.
- Muitos processos podem ser automatizados.
- Realizar identificações com mais segurança.

A Figura 2 demonstra de forma simplificada como ocorre a comunicação entre um *tag* e um *reader*, dentro se um sistema de identificação por radiofrequência.

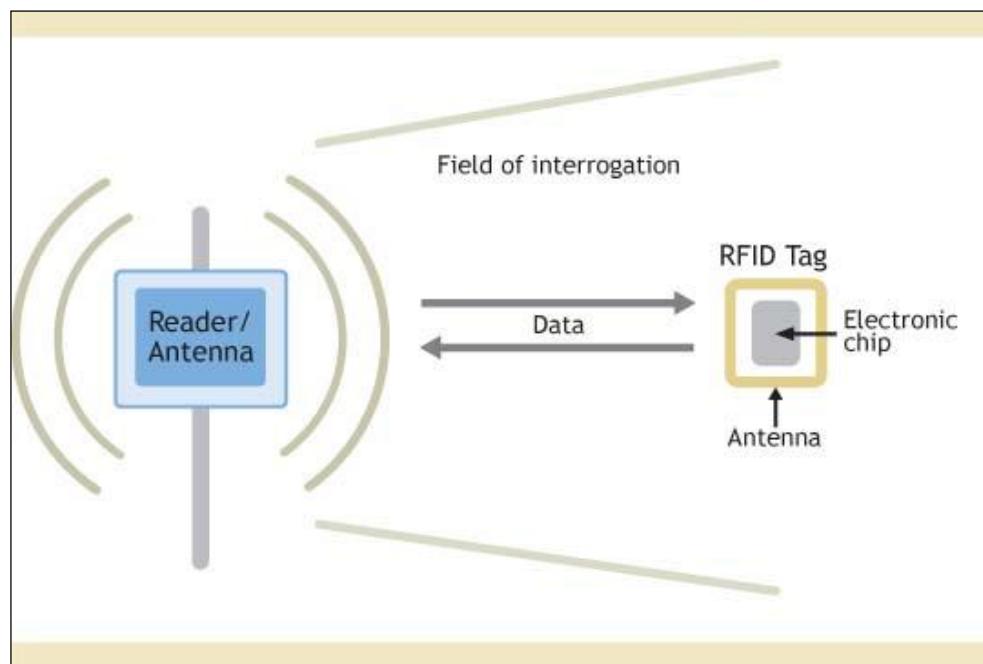


Figura 2 – Princípio de funcionamento de um sistema RFID.  
Fonte: [http://www.rfidbr.com.br/index.php/definindo\\_rfid.html](http://www.rfidbr.com.br/index.php/definindo_rfid.html).

Em um sistema de identificação RFID de estrutura simples, basicamente a leitora (*reader*) lê o ID de uma etiqueta (*tag*) via radiofrequência, e utiliza algum sistema de gerenciamento para tratar as informações recebidas, de acordo com a aplicação que está sendo usada.

Segundo Sweeney II (2005) a tecnologia RFID é uma ferramenta muito valiosa e mantém a promessa de substituição de tecnologias de identificação manual ou visual existentes no mercado.

### 1.2.3. Frequências de operação

Como sistemas RFID tem sua funcionalidade baseada em radiofrequência, e desta forma se faz necessária a determinação de faixas de frequências para sua operação, para que não haja interferência de outros sistemas de rádio no sistema RFID. Em contrapartida, o sistema RFID também não pode interferir em outros sistemas, como rádio, televisão ou celular. As faixas de operação de sistemas RFID podem ser classificadas como:

Sistemas de Baixa Frequência (30 a 500 kHz): Em geral operam em curtas distâncias e possuem baixos custos. Nota-se uma certa limitação de taxa de dados e dimensões quando comparados com as outras tecnologias RFID disponíveis. Utilizado em larga escala no controle de acesso e identificação de animais devido ao baixo custo, sendo que não se aplica neste projeto (SANTANA, 2014).

Sistemas de Alta Frequência (13,56 MHz a 400 MHz): Representam um avanço sobre os sistemas de baixa frequência, oferecendo maiores distâncias de leitura e maior velocidade. Suas aplicações são mais indicadas para veículos e coleta automática de dados em médias distâncias (SANTANA, 2014).

Sistemas de Frequência Ultraelevada (850 a 950 MHz e 2.4 a 2.5 GHz): Cada uma das faixas de frequência tem vantagens e desvantagens para a operação. As escalas de frequência mais elevadas têm controles rígidos e mudam de país a país. A frequência exata é controlada pelo Órgão Regulador de Comunicações de cada país, que no caso do Brasil é a Anatel (SANTANA, 2014).

Para a implementação deste projeto de rastreamento, fez-se necessário analisar o espectro de frequência de outros possíveis sistemas que operam em radiofrequência no ambiente, pois podem reduzir a dinâmica de operação e causar problemas. Foi optado por utilizar as frequências reservadas exclusivamente para aplicações industriais, científicas ou médicas. Estas faixas de frequências são conhecidas como faixa de frequência ISM (*Industrial Scientific Medical*) que também são utilizadas para aplicações em RFID.

Ainda segundo [www.congressorfid.com.br](http://www.congressorfid.com.br), cada faixa de frequência tem seus prós e contras devido ao tamanho da onda, tendo impacto em atributos como alcance do sinal, qualidade e utilização.

a) Frequências entre 9 kHz e 135 kHz:

Esta faixa de frequências abaixo de 135 kHz possui características de propagação incomuns, onde a propagação pode alcançar grandes áreas, tornando não favorável para a utilização em sistemas RFID, e também por se tratar de uma faixa de frequências que não possui licença livre de operação. Para minimizar as interferências, na Europa foi definida uma faixa de frequências destinada para as aplicações entre 70 kHz e 119 kHz. Esta faixa é utilizada principalmente por dispositivos militares e marítimos (OLIVEIRA, 2006, p.43).

b) Frequências entre 6,765 MHz e 6,795 MHz:

Na faixa de frequências conhecida como ondas curtas, é conhecido que a propagação dos sinais pode atingir mais de 100 km, e desta forma também não é a mais recomendada para sistemas RFID. A interferência pode ser grande, observando que especialmente a noite, outras fontes de radiação nesta frequência, podem assumir uma propagação transcontinental. Esta faixa é utilizada por uma grande quantidade de serviços de rádio comunicação. Existem estudos para definição de uma faixa para ISM neste intervalo (OLIVEIRA, 2006, p.43).

c) Frequências entre 13,553 MHz e 13,567 MHz:

Ainda dentro das ondas curtas, em uma região central desta faixa, também encontra-se uma destinação a tecnologia RFID. Em condições ideais, esta faixa permite as comunicações intercontinentais até durante o dia. Possui em geral uma grande quantidade de serviços governamentais e militares do tipo ponto a ponto (*P2P - Peer To Peer*). Não limitado a estas aplicações, encontram-se também sistemas de controle remoto de modelos em escala, *pgers* e sistemas RFID indutivos (OLIVEIRA, 2006, p.43).

d) Frequências entre 26,565 MHz e 27,405 MHz:

Conhecida como Faixa do Cidadão (*CB – Citizens' Band*) na Europa, EUA, Canadá e Brasil, esta faixa é reservada para radiocomunicação de uso privativo, onde podem ser utilizados serviços recreativos ou profissionais de baixa potência, sendo regulamentada no País pelo Decreto-Lei n° 47/2000. Como é uma faixa muito

popular para utilização em serviços de comunicação, torna-se muito suscetível a interferência por sistemas de alta potência, tornando a utilização em RFID mais restrita a ambientes isolados. Comercialmente, é muito difícil encontrar dispositivos operando nestas frequências, embora seja uma faixa ISM (OLIVEIRA, 2006, p.43).

e) Frequências entre 40,660 MHz e 40,700 MHz:

Embora seja uma faixa de frequências menos utilizada comercialmente, estas frequências que pertencem as mais baixas na faixa do VHF, não são adequadas para a construção e utilização de *transpoders* RFID devido ao grande comprimento de onda. Sua propagação obedece as propriedades das ondas de superfície, fazendo as atenuações menos perceptíveis pelos obstáculos. Devido as estas características, é comum encontrar sistemas móveis de comunicação mais antigos e analógicos, tornando o espectro relativamente disputado por sistemas coexistentes, como as transmissões de enlaces de televisão, telemetria e rádio controle para aplicações em modelismo (OLIVEIRA, 2006, p.43).

f) Frequências entre 430,000 MHz e 440,000 MHz:

Pertencendo à faixa de frequências do UHF, torna-se uma boa opção de espectro para a utilização em sistemas RFID em ambientes *indoor*. Do ponto de vista das interferências, é natural verificar uma grande quantidade de aplicações para esta faixa, tornando o projeto um pouco mais elaborado para garantir a boa distância de leitura sem muitas interferências. Constitui uma das poucas faixas mundiais de comunicação para serviços de radioamadorismo, e desta forma para a aplicação neste projeto seria necessária uma maior preocupação com as propagações de longas distâncias. Nesta faixa os problemas de atenuação por obstáculos e reflexões começam a se tornar marcantes, podendo comprometer o bom funcionamento do sistema como um todo (OLIVEIRA, 2006, p.43).

g) Frequência de 869 MHz:

Nesta faixa de frequências, é comum encontrar operações de sistemas de curto alcance para comunicações, conhecidos como SRDs (*Short Range Devices*). Nesta faixa, encontram-se alguns sistemas de telefonia móvel, tornando a interferência uma preocupação. (OLIVEIRA, 2006, p.43).

h) Frequência de 915 MHz:

Pelas características de propagação destas ondas e o relativo comprimento de onda pequeno, a construção e utilização de sistemas RFID passivos é favorecida. Desta forma, existem diversos fabricantes de produtos de baixo custo comerciais nesta faixa de frequências, utilizando sistemas passivos pelo princípio de espalhamento do sinal (*backscatter*). Para utilização no Brasil, deve-se observar que esta faixa é reservada para os sistemas de comunicações móveis celulares. Embora possa coexistir com serviços primários de comunicação reservados aos celulares, a tecnologia RFID é capaz de operar com pouca interferência devido aos efeitos de campo próximo para a excitação e leitura dos transponders passivos, princípio fundamental de interrogação de leitura (OLIVEIRA, 2006, p.43).

i) Frequências entre 2,4 GHz e 2,4835 GHz:

De particular interesse neste projeto por se tratar de uma faixa de frequências mais altas, dentro das micro-ondas, possui uma excelente capacidade de estabelecer um enlace de dados entre o leitor e os transponders com baixo consumo de energia e boa taxa de transmissão. Embora esta faixa seja uma das mais utilizadas pelos serviços que operam nas frequências ISM, como roteadores *wi-fi*, *Bluetooth*, telefonia móvel, fornos de micro-ondas, entre outros, sua aplicação espacialmente desenvolvida para ambientes *indoor* favorece a boa performance.

Durante utilização destes sistemas pode-se observar a grande atenuação do sinal para potências menores, tornando importante a boa caracterização do ambiente e posicionamento dos equipamentos para incrementar a performance.

j) Frequências entre 5,725 GHz e 5,875 GHz:

Embora esta faixa de frequências possua características de propagação e utilização muito semelhantes à faixa de 2,4 GHz, atualmente a sua utilização por outros serviços de comunicação ainda é bastante restrita comercialmente. Nesta faixa é comum encontrar serviços de telefonia residencial móvel, *Wimax*, enlaces de micro-ondas comerciais, entre outros. A aplicação neste projeto poderia ser muito interessante principalmente no ponto de vista da miniaturização dos *transponders*.

pela diminuição da área da antena, mas devido as restrições desta tecnologia atualmente, o custo de desenvolvimento de um hardware específico é muito alto.

#### **1.2.4. Componentes de um sistema RFID**

##### **1.2.4.1. Etiquetas RFID (*Tags ou Transponders*)**

A etiqueta é o dispositivo pelo qual se é possível fazer a identificação em um sistema RFID. Nela está contido o ID do objeto, e dependendo pode até armazenar outras informações. A etiqueta pode apresentar diversas formas, se adequando a sua aplicação ou ao objeto que se deseja identificar. Os avanços da eletrônica e das fontes de energia, como baterias, viabilizaram de forma definitiva o desenvolvimento de etiquetas RFID cada vez menores, eficientes e de baixo custo, possibilitando também a adequação de modelos e perfis de usuários no método de utilização e fixação dos mesmos nos objetos ou pessoas que se deseja identificar. As Figuras 3 e 4 apresentam alguns modelos e formatos de *tags* que podem ser utilizados.



Figura 3 – Exemplos de *tags* RFID encontrados no comércio.  
Fonte: <http://www.rfidbr.com.br/index.php/tags-rfid.html>

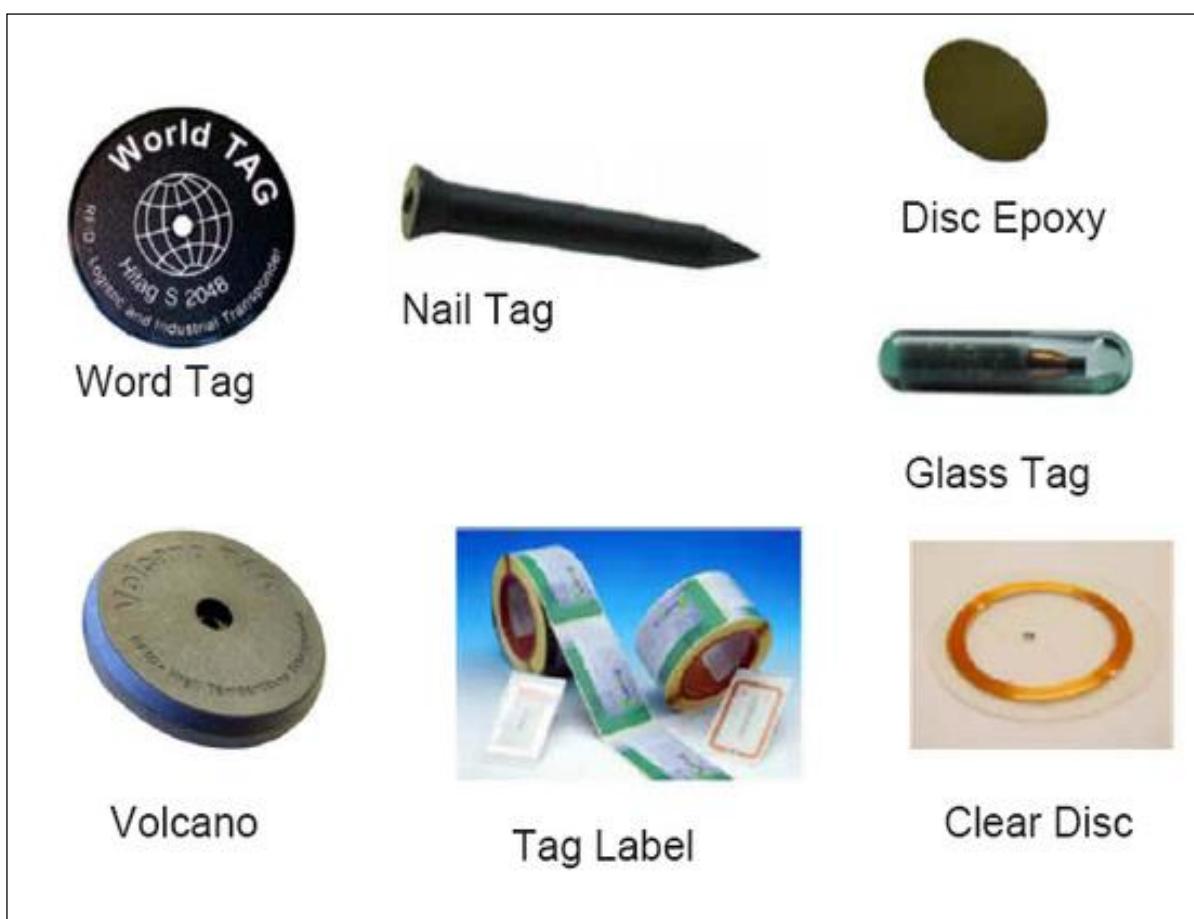


Figura 4 – Modelos de *tag* RFID para aplicações especiais.  
Fonte: <http://www.rfidbr.com.br/index.php/tags-rfid.html>

Segundo Finkenzeller (2010) um critério importante para a distinção de diferentes sistemas RFID é como o fornecimento de energia da etiqueta funciona, ou seja, a classificação é atribuída de acordo com o ponto de vista de alimentação da etiqueta. Nessa linha, pode-se classificar as etiquetas como passivas e ativas.

Etiqueta passiva não possui qualquer fonte de alimentação. Através da antena da mesma, o campo eletromagnético do leitor fornece toda a energia necessária para o funcionamento do *tag*. Isso significa que a energia emitida pelo leitor é utilizada para a transmissão de dados tanto a partir do leitor para a etiqueta e vice versa. Porém, se a etiqueta está localizada fora do campo de leitura do leitor, a mesma não possui nenhuma fonte de energia e, por conseguinte, não vai ser capaz de enviar sua identificação. A Figura 5 demonstra o funcionamento de um *tag* passivo, no momento da comunicação com o leitor.

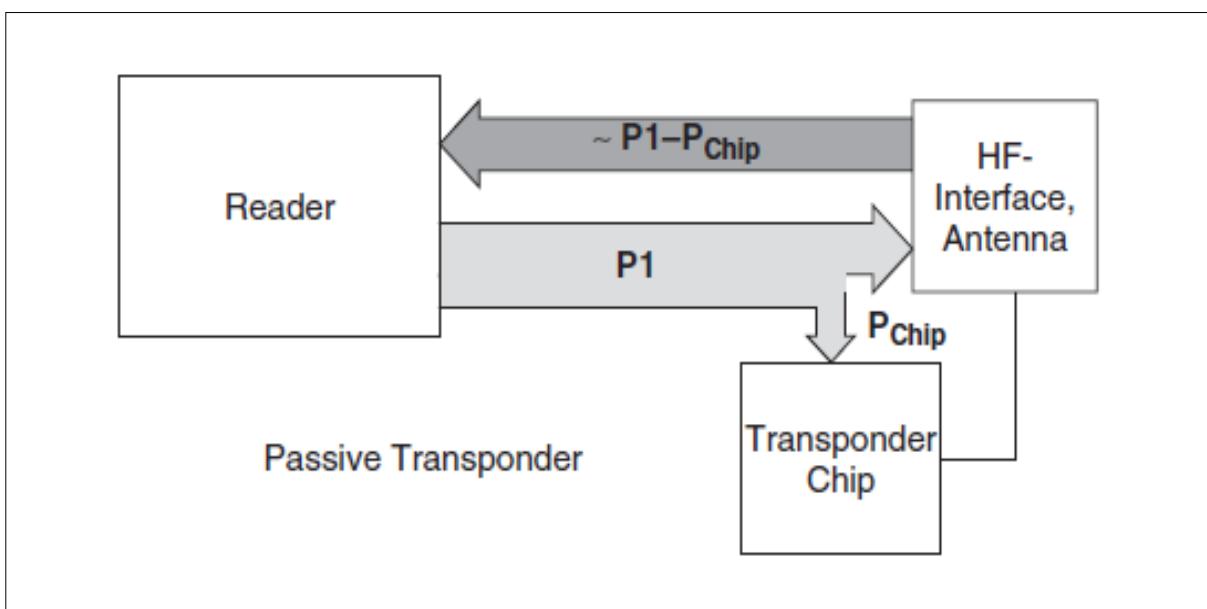


Figura 5 – Princípio de funcionamento de *tag* RFID passivo.  
Fonte: Finkenzeller 3.ed.(2010).

Etiquetas ativas têm sua própria fonte de energia interna, por exemplo, na forma de uma bateria ou de uma célula solar, e a fonte de alimentação é utilizada para proporcionar uma tensão de operação mínima no interior do *tag*. Nesse tipo de etiqueta o campo eletromagnético de excitação não precisa ser enviado pelo leitor, portanto, não é necessário o fornecimento de energia externa para o *tag*.

Sendo assim campo emitido pelo leitor pode ser muito mais fraco do que o campo necessário para a operação normal de um *tag* passivo, e esta condição pode aumentar substancialmente a gama de comunicação, porque a etiqueta é capaz de detectar o sinal mais fraco do leitor, e desta forma aumentar consideravelmente a dinâmica de leitura.

Em um modelo especial de *tag* ativo, no entanto, este mesmo *tag* RFID não é capaz de gerar um sinal de alta frequência própria, só pode modular o campo do leitor, a fim de transmitir os dados entre a etiqueta e o leitor, semelhante ao procedimento de *tags* passivos. A energia a partir de fonte de alimentação própria da etiqueta não contribui para a transmissão de dados partindo da etiqueta para o leitor.

A Figura 6 demonstra o funcionamento de um *tag* ativo, no momento da comunicação com o leitor, onde pode-se perceber que ele não necessita obrigatoriamente ser excitado para iniciar a comunicação.

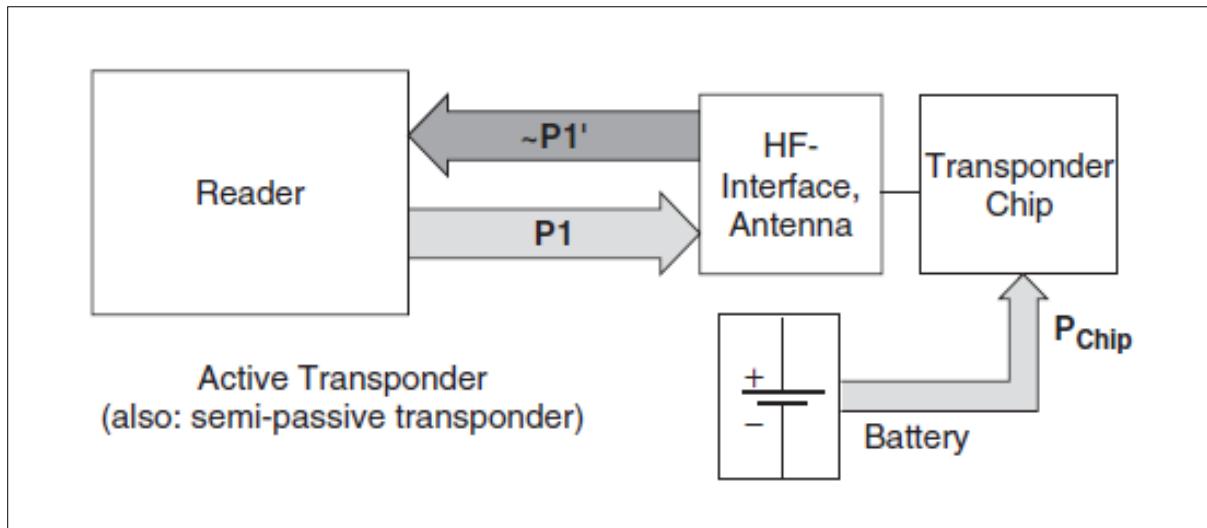


Figura 6 – Princípio de funcionamento de *tag* RFID ativo.

Fonte: Finkenzeller 3.ed. (2010).

Na literatura, este tipo de etiqueta é muitas vezes chamado de "semi-passiva", pelo fato de não ser capaz de gerar um sinal de alta frequência. Como ambos os modelos (ativos e passivos), dependem do campo eletromagnético do leitor para a transmissão de dados, há limitações físicas que restringem substancialmente o alcance de leitura. Levando-se em conta a potência permitida aos leitores RFID, a distância máxima atingível é 100 metros, dependendo da faixa de frequência utilizada.

Os *tags* também podem ser classificadas de acordo com seu modo de operação, nesse sentido elas podem ser distinguidas como:

- Somente leitura – Possuem ID exclusivo e não podem ser alterados.
- Leitura/escrita – Permitem a gravação de dados personalizados pelo usuário.

#### 1.2.4.2. *Tag* ativo SAAT-T505

Para a operação deste sistema proposto, foi definida a seleção de um *tag* compatível com a tecnologia do leitor aliado as especificações do projeto, como o baixo consumo e emissão de radiação, longo alcance e custo acessível. O *tag* RFID ativo modelo SAAT-T505, que opera na faixa de 2,45 GHz é o que mais se adequa

para esta operação, pois pode ser usado diretamente na forma de um crachá de identificação *printable* ou inclusive montado no para-brisas de algum veículo, conforme demonstrado na Figura 7. O *tag* RFID SAAT-T505 pode ser amplamente utilizado em ambientes industriais ou comerciais para a gestão de pessoal e de posicionamento dos mesmos, identificação automática de pessoas e veículos, gestão de estacionamentos e utilização de veículos, certificação de entrada, etc.

Estes transponders oferecem um consumo baixa potência, mesmo durante a operação, apresentam um suporte básico de identificador de 4 bytes permanente, modo de leitura ativa e invólucro de plástico PVC rígido com impermeabilização IP67.

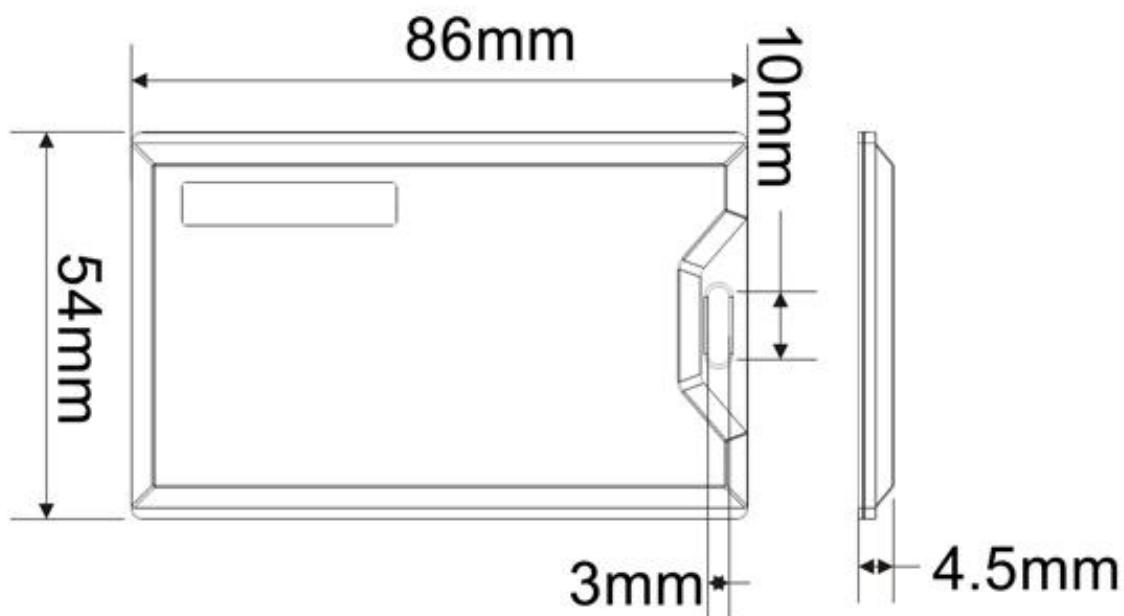


Figura 7 – Transponder SAAT-T505 compatível com o leitor SAAT F527.  
Fonte: <http://www.szaat.com/>

#### 1.2.4.3. Leitor (*Reader*)

Os leitores são os equipamentos responsáveis por ler e escrever nos *tags*. Através dos leitores são processadas as informações recebidas, bem como enviadas informações para o *tag*. Existem vários tipos e formatos de leitores, que geralmente variam de acordo com a frequência de operação e o protocolo usado para a comunicação. A Figura 8 demonstra alguns tipos de leitores comerciais encontrados no mercado.



Figura 8 – Modelos de leitores RFID comerciais.

Fonte: <http://www.rfidbr.com.br/index.php/leitora-reader.html>

As operações de leitura e escrita de dados sem contato físico são realizadas utilizando um princípio de funcionamento do tipo mestre-escravo. Isto significa que todas as atividades do leitor são iniciadas pelo *software* aplicativo. Em uma estrutura de sistema hierárquico o *software* de aplicação representa o mestre, enquanto o leitor, como o escravo, só é ativado quando recebe comandos de ler/escrever a partir do *software* de aplicação (FINKENZELLER, 2010).

Para executar um comando de leitura de dados de identificação a partir do *software* aplicativo, o leitor entra primeiro em comunicação com um *tag*. O leitor agora desempenha o papel de mestre em relação ao *tag* que só responde a comandos do leitor (FINKENZELLER, 2010).

Segundo Finkenzeller (2010), um comando de leitura simples do *software* aplicativo para o leitor pode iniciar uma série de passos de comunicação entre o leitor e um *tag*. No exemplo da Figura 9, um primeiro comando de leitura leva a

ativação de um *tag*, seguido pela execução da sequência de autenticação e finalmente a transmissão dos dados solicitados.

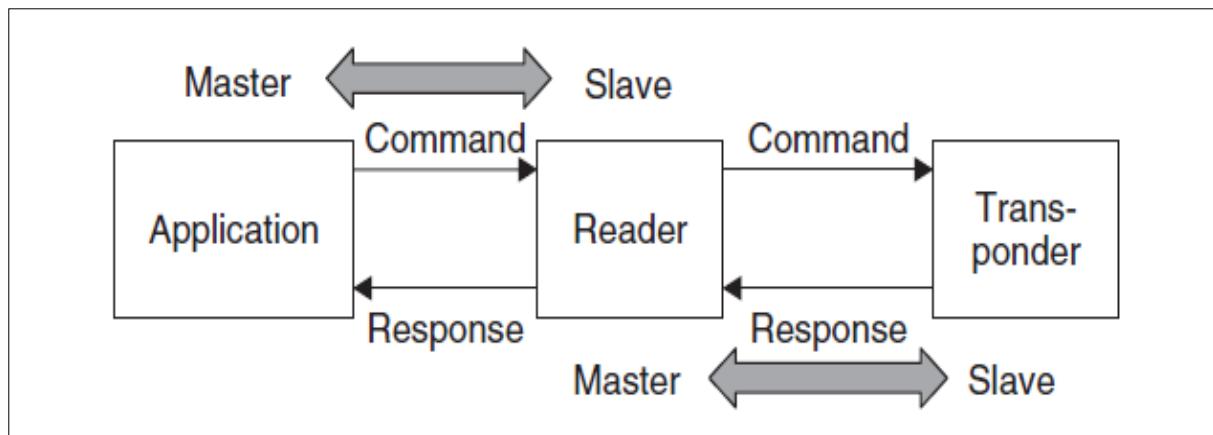


Figura 9 – Sequência de comandos para leitura dos dados RFID.

Fonte: Finkenzeller 3.ed. (2010).

Sendo assim, as principais funções do leitor são: ativar o suporte de dados (*tag*); ativar a sequência de comunicação com o suporte de dados e a transferência de dados entre o *software* de aplicação e um suporte de dados sem contato físico. Essa tecnologia visa disponibilizar todos os recursos da comunicação sem contato, ou seja, fazer a conexão, e execução de procedimentos anticolisão e de autenticação sem linha de visada ou contato físico entre os componentes do sistema utilizado (FINKENZELLER, 2010).

### 1.3. Leitor RFID SAAT F527

Para o desenvolvimento deste projeto foi definido o leitor SAAT F527, que é um leitor de baixo custo com antena omnidirecional, sendo um produto independente produzido pela HT RFID. Este leitor opera na faixa de frequências de 2,4 a 2,48 GHz, a qual é amplamente utilizada por diversos sistemas de comunicação sem fio por apresentar características de alto-reconhecimento a longo alcance. Entre suas características estão a alta confiabilidade, escalabilidade, etc. Os leitores de série F527 possuem interfaces RS-232, RS-485, rede *Ethernet*, bem como a expansão GPRS e outros módulos digitais sem fio. O leitor utiliza um protocolo privado, capaz de identificar *tags* da série T50X desenvolvidos também pela HT RFID.

As especificações técnicas do leitor SAAT F527 são apresentados na tabela 1:

Tabela 1 – Relação da distância de leitura com frequência.

<b>parâmetros de RF</b>	
Frequência de operação	2,40 ~ 2,48 GHz
Pontos de frequência	120
Modulação	GFSK
Taxa de comunicação	1 Mbps
Potência de saída	-14dBm ~ +16dBm
Sensibilidade	-95 dBm
Ângulo de identificação	Omni-direcional
<b>Interfaces de comunicação</b>	
Interfaces de comunicação	RS-232, 10/100 Mbits <i>Ethernet</i>
Interfaces de expansão	RS-485 interface, <i>Wiegand</i> 26/34 interfaces
Módulos de expansão wireless	Módulos GPRS/GSM, Bluetooth, 802.11
Portas I/O	2 canais de saída de relés (opcional), 2 canais de saída de gatilho (opcional)
Atualização do firmware	Suporte a porta serial
Plataforma de software aplicativo	API fornecida pelo desenvolvedor (C ++ e C #)
<b>Operação do Tag</b>	
Protocolo Tag	Protocolo privado
Suporte a modelo de operação de Tag	Modo ativo e passivo
Faixa de leitura	0 ~ 100m (depende da potência tag)
Velocidade de identificação	200 / s (somente para o número de ID)
Anti-colisão	300 tags de leitura simultaneamente
<b>Desempenho da mecânica e da elétrica</b>	
Tamanho (excluindo a antena)	186 milímetros x 148 milímetros x 39 milímetros
Peso	0,6 kg
Fonte de energia	DC 5 V
Consumo de energia	300 mW
Isolamento de energia	1 kV (exceto <i>Ethernet</i> e portas I/O)
Temperatura de funcionamento	-40°C ~ +70°C
Temperatura de armazenamento	-40°C ~ +80°C
Umidade / Impermeabilização	5% ~ 95% (sem condensação) / IP55
Resistência a choque	10 ~ 500Hz,100mm/15g, Triaxial
Instalação	Aparafusado, pregado ou amarrado

Fonte: Manual de operação do leitor RFID SAAT F527.

Na Figura 10 pode-se observar este leitor que também oferece suporte de aplicações através de portas I/O, com relação de entrada que pode detectar os sinais em nível TTL ou de um pulso de dispositivos conectados, podendo ser utilizado para controlar o estado de funcionamento do leitor. A Interface de saída pode controlar outros dispositivos de acordo com sinais TTL ou por emissões de pulsos através de condições predeterminadas pelo usuário. Suporta a leitura ativa, com identificação passiva, gatilho de comando, temporizados, *trigger* externo e outros modos, para atender às diversas necessidades de integração dos usuários.



Figura 10 – Invólucro do leitor RFID SAAT F527.

Fonte: Manual de operação do leitor RFID SAAT F527.

### 1.3.1. Especificações técnicas do leitor SAAT F527

Para instalação em campo dos dispositivos leitores RFID deste projeto, é importante observar suas características técnicas, principalmente no que se refere à acessibilidade, robustez e prevenção de incidentes. Neste leitor, o invólucro externo é composto por uma estrutura sólida de alumínio extrudado em forma de perfil, assim o modelo F527 da SAAT possui uma maior resistência, capacidade de

operação em diferentes temperaturas e boa compatibilidade eletromagnética. Da mesma forma, também possui a interface de RF e a interface de comunicação em diferentes painéis, facilitando a passagem e organização da fiação de comunicações e operação. Sua estrutura física e dimensões extrernas estão demonstrados na Figura 11. O leitor F527 é composto de placa de controle principal, placa de interface, antena e gabinete.

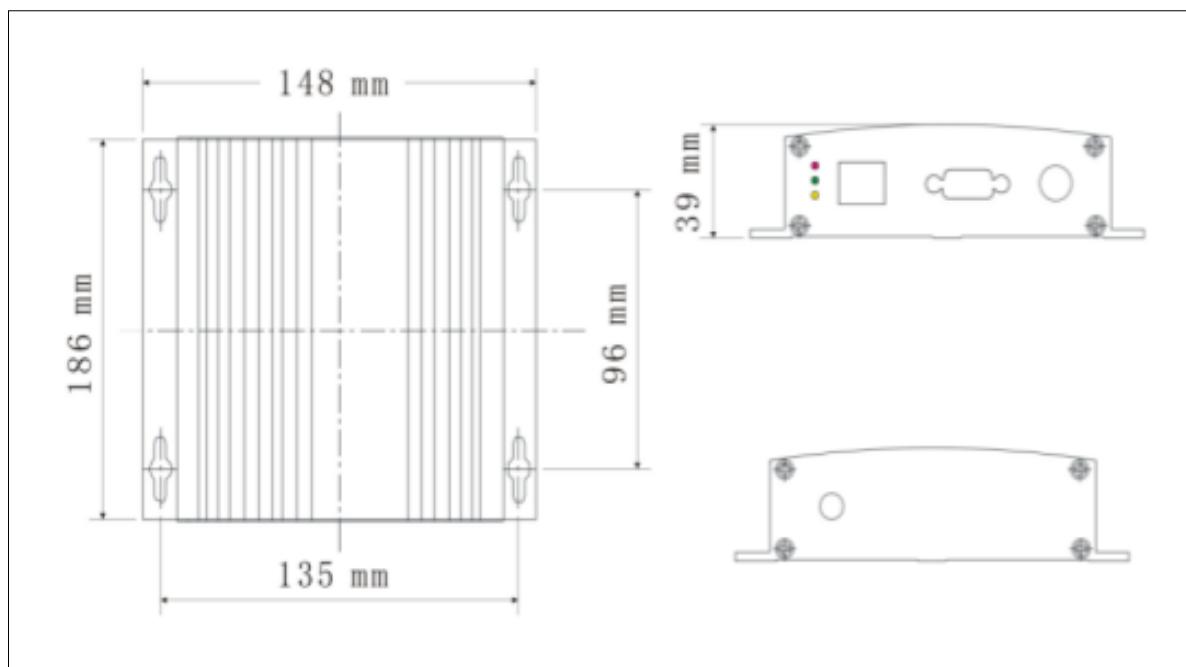


Figura 11 – Dimensões e estrutura do leitor utilizado.  
Fonte: Manual de operação do leitor RFID SAAT F527.

### 1.3.1.1. Conexões do leitor SAAT F527

O leitor F527 oferece um ambiente de aplicações completo, quando conectado a um computador. O leitor sem fio comunica-se com a etiqueta, recebe o número de identificação do *tag* e envia para o computador através da interface de gerenciamento, que pode ser conectada através de uma rede *Ethernet*.

O painel frontal apresenta um conector de alimentação e várias interfaces de comunicação, sendo estas utilizadas para troca de dados com um terminal ou computador, como demonstra a Figura 12.

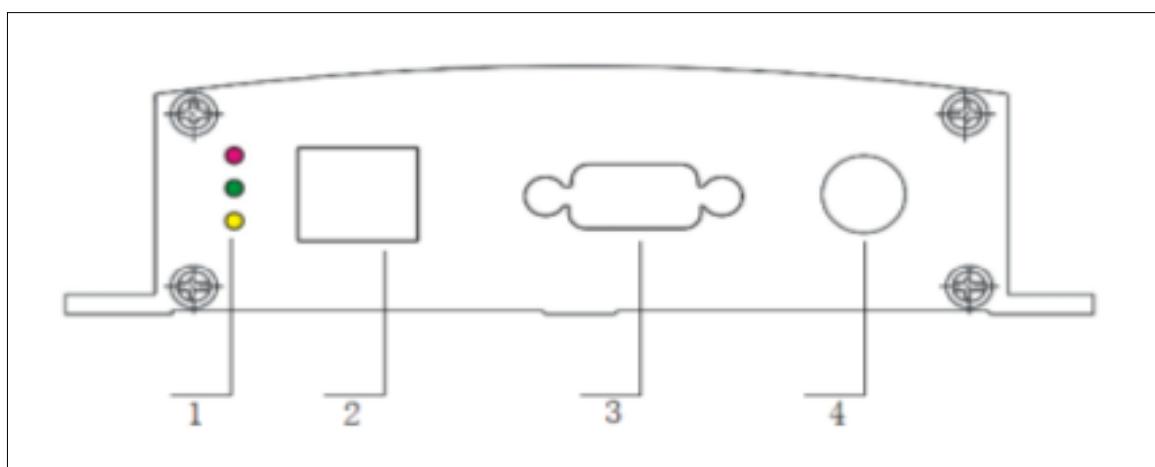


Figura 12 – Painel dianteiro do leitor F527.  
Fonte: Manual de operação do leitor RFID SAAT F527.

De acordo com a função específica de cada interface deste painel, é definido:

- "1" - Status de trabalho através do *LED* indicador
- "2" - Porta de rede *Ethernet*, no padrão tipo RJ-45.
- "3" – Conector serial padrão tipo DB9 feminino - *socket RS-232*.
- "4" – Alimentação de energia DC, com padrão XS-12 aero-conector.

No painel traseiro encontra-se uma porta de saída para uma antena de RF, com a norma de conectorização RP-SMA, como demonstrado no Figura 13.

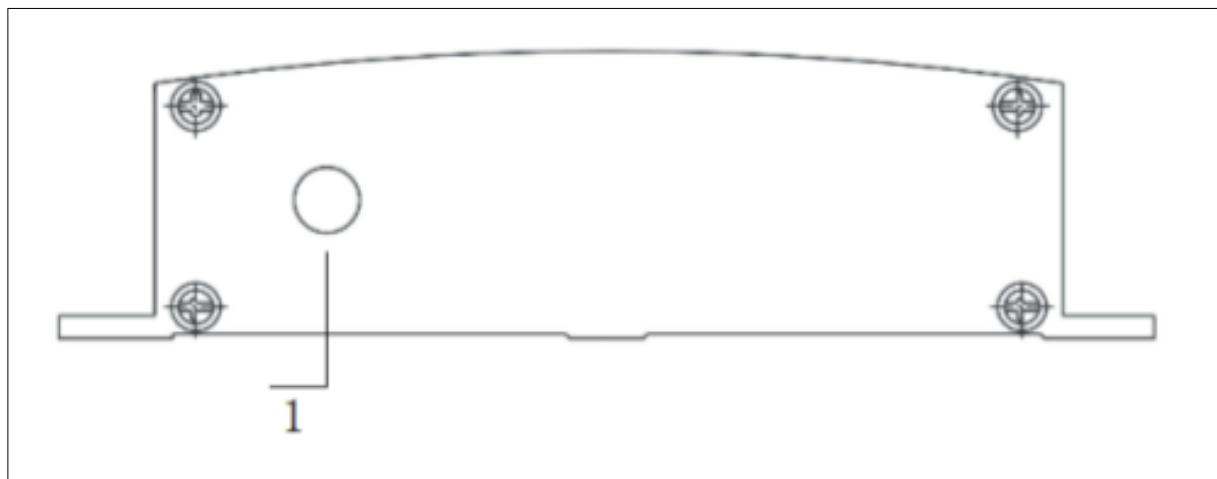


Figura 13 – Painel traseiro do leitor F527.  
Fonte: Manual de operação do leitor RFID SAAT F527.

#### 1.4. Banco de dados

Consiste em um sistema de armazenamento de dados ou um conjunto de registros com a finalidade de organizar e preservar as informações. Um banco de dados pode ser comparado a um armário de arquivamento, só que utilizando um sistema computadorizado para armazenar os registros.

Referente a linguagem de um banco de dados, Silberchatz descreve que um sistema de banco de dados fornece uma linguagem de definição de dados para especificar o esquema de bancos de dados, e uma linguagem de manipulação de dados para expressar as consultas e atualizações de banco de dados (SILBERCHATZ, 2006).

Para a construção de um banco de dados adequado à aplicação que se está desenvolvendo, deve-se construir o modelo E-R (Entidade-Relacionamento). No modelo ER devem estar expostas todas as funções que o Banco de dados irá prover para os usuários dentro do aplicativo. Após esse passo, existe a definição do modelo lógico do BD, que será responsável por fazer a tradução de todos os dados expostos no modelo relacional.

Geralmente os bancos de dados atuais se utilizam de SGBDs (Sistemas de Gerenciamento de Base de Dados), que são softwares responsáveis pelo gerenciamento e controle dos dados contidos BD, ou seja, um conjunto de programas que permitem definir, construir e manipular em uma base de dados. As principais finalidades de um SGBD segundo Silberchatz (2006), são tratar redundância e inconsistência de dados, considerando-se que um BD é normalmente criado para aplicações de longo prazo, e nesse meio tempo pode haver duplicação de dados, o SGBD tem a função de evitar esses problemas.

a) Vantagens do uso de SGBD:

- Velocidade de acesso.
- Facilidade de acesso.
- Redução da redundância.
- Controle de integridade.

- Controle de concorrência.

- Maior segurança.

b) Desvantagens do uso de SGBD:

- *Hardware* adicional.

- Necessidade de operação por usuário especializado.

## 1.5. Linguagem estruturada SQL

SQL significa “*Structured Query Language*”. Todo SGBD oferece aos seus usuários e administradores meios de criar definições de dados e como manipular esses dados armazenados. Desse modo, a linguagem SQL, ou Linguagem de Consulta Estruturada, é uma espécie de padrão adotado por vários SGBDs para facilitar a comunicação e a integração dos sistemas. O SQL busca acessar, de forma estruturada e declarativa, elementos contidos nas tabelas do BD. Ela, portanto, cria e mantém objetos, manipula e recupera dados do BD, além de administrar os dados e manter a segurança.

A linguagem SQL é um grande padrão de banco de dados, devido sua simplicidade e facilidade de uso. A linguagem SQL se destaca das outras linguagens de consulta a BD porque em uma consulta SQL, se especifica a forma do resultado esperado e não o caminho para chegar até ele. Isso reduz em muito, o tempo de aprendizado para quem está iniciando na linguagem.

## 1.6. Sistema gerenciador de banco de dados MySQL

O MySQL é um sistema gerenciador de banco de dados relacional de código aberto utilizado por muitas aplicações para gerenciar seu BD. O serviço é baseado na linguagem SQL, que é a linguagem mais popular para inserir, acessar e gerenciar o conteúdo armazenado num BD.

Principais características do MySQL:

- Portabilidade (suporta praticamente qualquer plataforma atual).

- Compatibilidade (existem *drivers* ODBC, JDBC e .NET e módulos de interface para diversas linguagens de programação, como Delphi, Java, C/C++, Python, Perl, PHP e Ruby)
- Excelente desempenho e estabilidade;
- Não requer grandes recursos de *hardware*;
- Facilidade de uso;
- É um *software* livre;
- Suporte vários tipos de tabelas (como MyISAM, InnoDB e Maria).

Uma grande vantagem do MySQL é o fato de ter seu código aberto e rodar em um grande número de sistemas operacionais como: Windows, Linux, FreeBSD, BSDI, Solaris, Mac OS X, SunOS, SGI, etc. É reconhecido pelo seu desempenho e robustez além de ser multitarefa e multiusuário.

## 1.7. Linguagem de programação PHP

O PHP é uma linguagem de programação que foi criada por Rasmus Lerdorf em 1994. No seu início era formada por *scripts* voltada a criação de páginas dinâmicas, mas à medida que essa ferramenta foi crescendo em funcionalidades, Rasmus escreveu uma implementação em C, que facilitou o desenvolvimento de aplicações web (DALL'OGLIO, 2009).

Esta linguagem de programação está preparada para realizar vários tipos de aplicações web devido a sua extensa livraria de funções, que cobrem desde cálculos matemáticos complexos até tratamento de conexões de rede.

## 2. MÉTODOS E TÉCNICAS

O Desenvolvimento deste projeto foi dividido em etapas para a melhor organização e sequência das atividades propostas, sendo que na etapa inicial foi realizado um estudo da problematização e a pesquisa bibliográfica necessária para a construção do sistema proposto. Foi definido um esboço do funcionamento geral do sistema e a disposição dos elementos dentro da rede.

Em uma segunda etapa, foi definido o fluxograma de operação da rede, que é responsável pela comunicação remota entre os componentes do sistema em escala reduzida, além de serem definidos os equipamentos necessários no projeto.

Na terceira etapa, foi elaborado o *software* que é responsável pela comunicação e tratamento das informações, sendo desenvolvido na linguagem PHP. Também foi definida a utilização do MySQL na elaboração do banco de dados, sendo este utilizado para armazenagem das informações pertinentes do sistema.

Na quarta etapa, foram realizados os ensaios em um ambiente controlado para a eliminação de variáveis de propagação não especificadas, com objetivo de obter informações sobre o desempenho do sistema e correção de prováveis erros.

A quinta e última etapa foi realizada a integração de todos os resultados obtidos nesse projeto. Estes dados foram utilizados para a avaliação do desempenho do sistema como um todo e também para a elaboração de um relatório de documentação final. O referencial teórico foi essencialmente baseado em publicações de editoras conhecidas, monografias, dissertações e websites que disponibilizam documentações associadas ao conteúdo do projeto. Todas estas fontes estão devidamente referenciadas no final deste trabalho.

Este projeto aplicado visa o desenvolvimento de um sistema automatizado de monitoramento de indivíduos que possibilite controlar de forma fácil e rápida a localização de pessoas dentro de um determinado local, como por exemplo, funcionários dentro de uma empresa. O monitoramento está sendo realizado através da implantação de uma rede constituída por dispositivos RFID ativos (Leitor SAAT F527 e Tags) e um servidor que tem por objetivo armazenar um *software* que integra os dispositivos RFID a um banco de dados especialmente desenvolvido.

A comunicação entre os dispositivos foi implementada através de uma rede *Ethernet*, possibilitando identificar um funcionário instrumentado e informar quando ele

acessar algum setor da empresa, demonstrando essas informações de forma organizada em uma página web especialmente desenvolvida para esta finalidade.

## 2.1. Detalhamento do projeto

Neste capítulo serão detalhadas a terceira e a quarta atividades que foram delimitadas na metodologia deste trabalho, que correspondem a implementação, configuração, montagem dos equipamentos, definição dos procedimentos e a realização dos ensaios práticos com um sistema de identificação RFID operacional.

### 2.1.1. Configuração dos dispositivos

Uma vez definidas todas as tecnologias, equipamentos e recursos para o desenvolvimento do projeto, e após a disponibilização e montagem dos mesmos, foi realizado o início das atividades práticas do trabalho. Para os primeiros contatos com a tecnologia e a aquisição de conhecimentos, foi inicialmente realizada a comunicação direta entre o leitor SAAT e um computador, como mostra a figura 14.

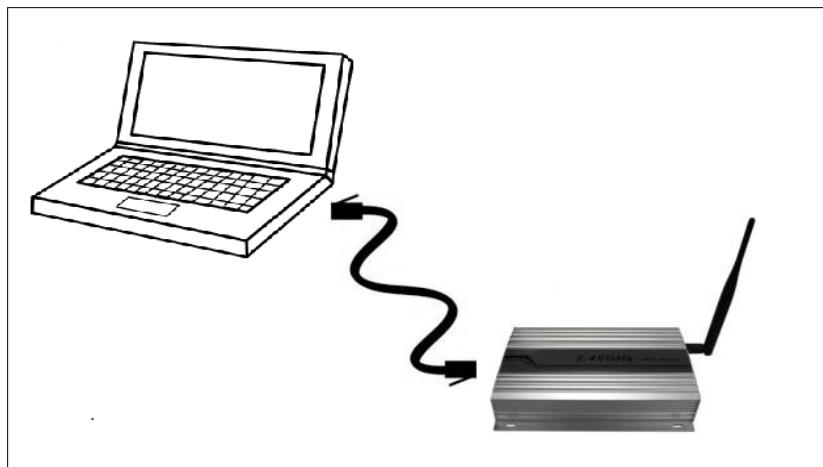


Figura 14 – Comunicação do servidor com o leitor F527 via rede *Ethernet*.  
Fonte: Próprio Autor.

Seguindo as instruções do manual do fabricante do equipamento, foram instalados todos os *drivers* e *softwares* disponibilizados, bem como a bibliografia específica do equipamento para futuras consultas durante o desenvolvimento. A comunicação pela porta *Ethernet* não foi possível em um primeiro momento,

mostrando que a conexão dos dois dispositivos estava com algum problema de configuração. Como uma forma alternativa de controlar e operar o equipamento, o fabricante também disponibilizou o acesso via RS-232.

Ao acessar o leitor pela porta serial, observou-se que o computador e o leitor estavam configurados com IPs em faixas distintas. Desta forma, a configuração foi alterada manualmente para o IP do leitor como 10.0.0.90, com sua respectiva máscara 255.0.0.0, e a placa *Ethernet* do computador foi configurada com o IP 10.0.0.95 e a máscara também para 255.0.0.0.

Desta maneira a comunicação pela porta *Ethernet* foi estabelecida, tanto por TCP como UDP. A Figura 15 mostra a interface do servidor que acompanha o leitor. Com ela pode-se configurar os parâmetros do *reader*, como configurações gerais, de potência, de comunicação, de leitura, etc. Com essa aplicação é possível visualizar de forma simples e clara o ID dos *tags* que estão ao alcance do sinal do leitor.

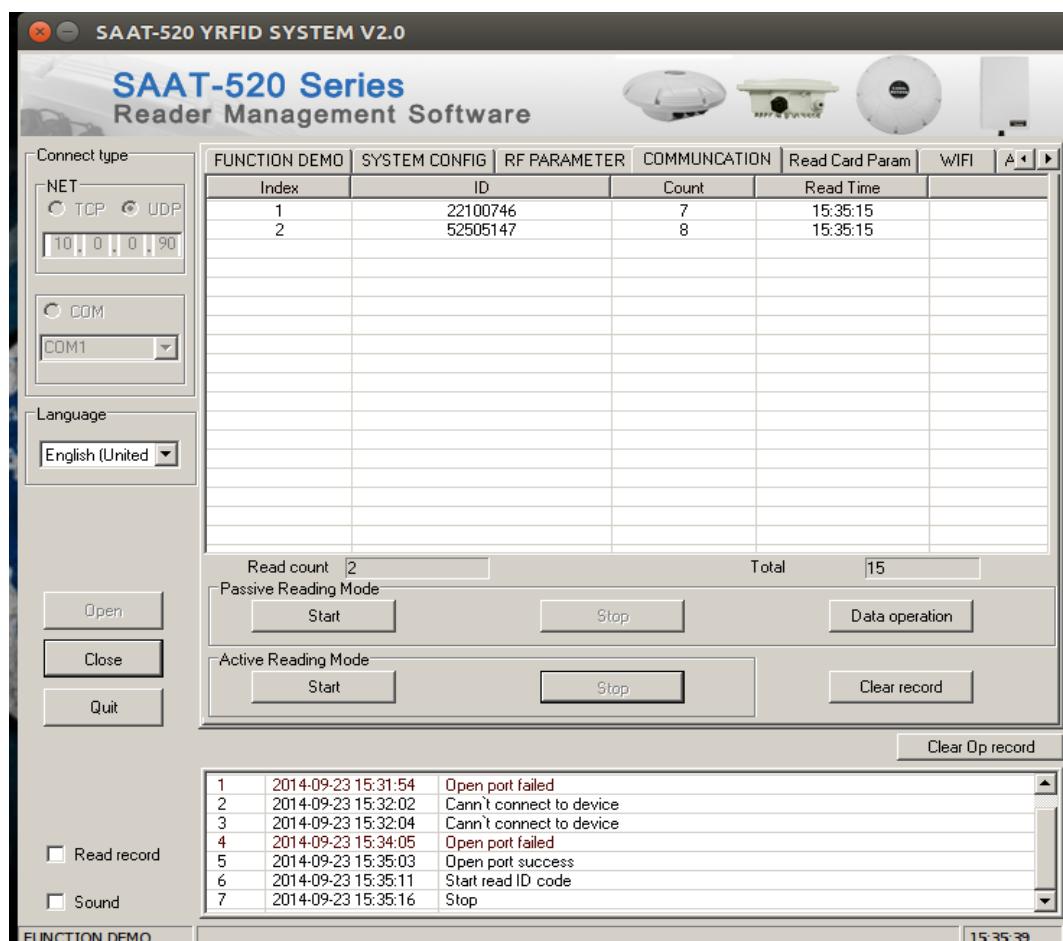


Figura 15 – Interface do servidor de dados oferecida pelo desenvolvedor.  
Fonte: Próprio Autor.

Embora a rede montada diretamente entre o leitor dos ensaios e o computador estivesse operando perfeitamente, esta configuração não corresponde a realidade do ambiente que se pretende monitorar as pessoas. De acordo com essa ideia, foram alteradas as configurações da topologia da rede para permitir o acesso remoto de qualquer local. Para a realização desta comunicação, foi realizado um teste utilizando a rede do CTISM como base, conforme demonstrado na Figura 16.

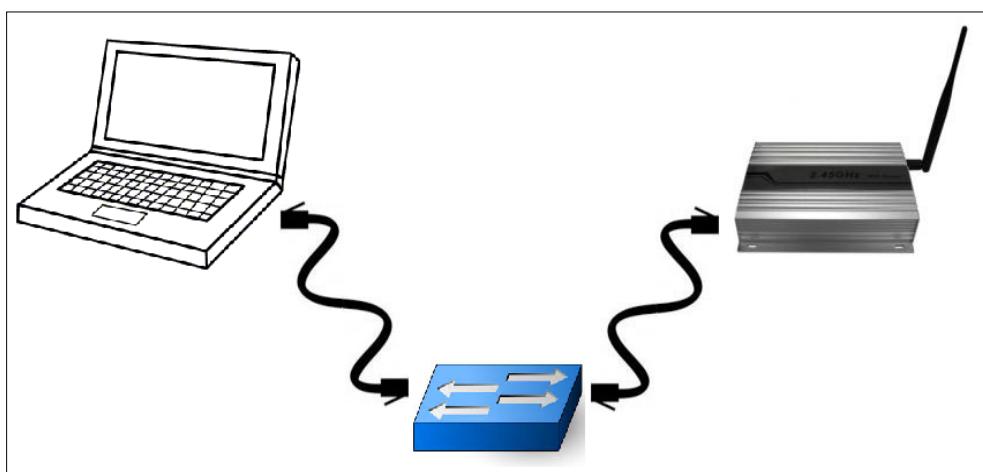


Figura 16 – Interligação do leitor F527 através da rede do CTISM.  
Fonte: Próprio Autor.

Conforme era esperado, nesse cenário a comunicação entre os dispositivos ocorreu sem nenhum problema.

### **2.1.2. Desenvolvimento da interface de software**

No processo de automação, a eliminação das etapas manuais representa uma maior eficiência e controle, porém demanda uma carga muito maior em nível de programação, onde em geral o incremento de uma variável acarreta em um aumento exponencial da complexidade do processo de tomada de decisão automatizado. Para um melhor entendimento dos processos envolvidos neste projeto, a operação geral do sistema pode ser dividida em 4 etapas simplificadas:

Etapa 1: Considerando a entrada de um usuário no ambiente monitorado, o leitor RFID instalado nesta área identifica o *tag* correspondente e envia suas informações para um servidor através da rede *Ethernet*.

Etapa 2: O servidor recebe essas informações do leitor pela rede, e uma aplicação especialmente desenvolvida em linguagem PHP extrai apenas o ID do tag e o ID do leitor.

Etapa 3: O servidor atualiza o BD com estas informações, onde o ID do tag irá identificar o indivíduo que se encontra na área monitorada e o ID do leitor irá identificar o local onde o leitor se encontra, vinculando a posição espacial que ele se encontra naquele momento.

Etapa 4: O servidor envia estas informações atualizadas para serem impressas em uma página web, que pode ser consultada de forma local ou remota para o controle dos indivíduos em tempo real.

Estas etapas descritas anteriormente podem ser melhor observadas no diagrama de processos apresentado na Figura 17.

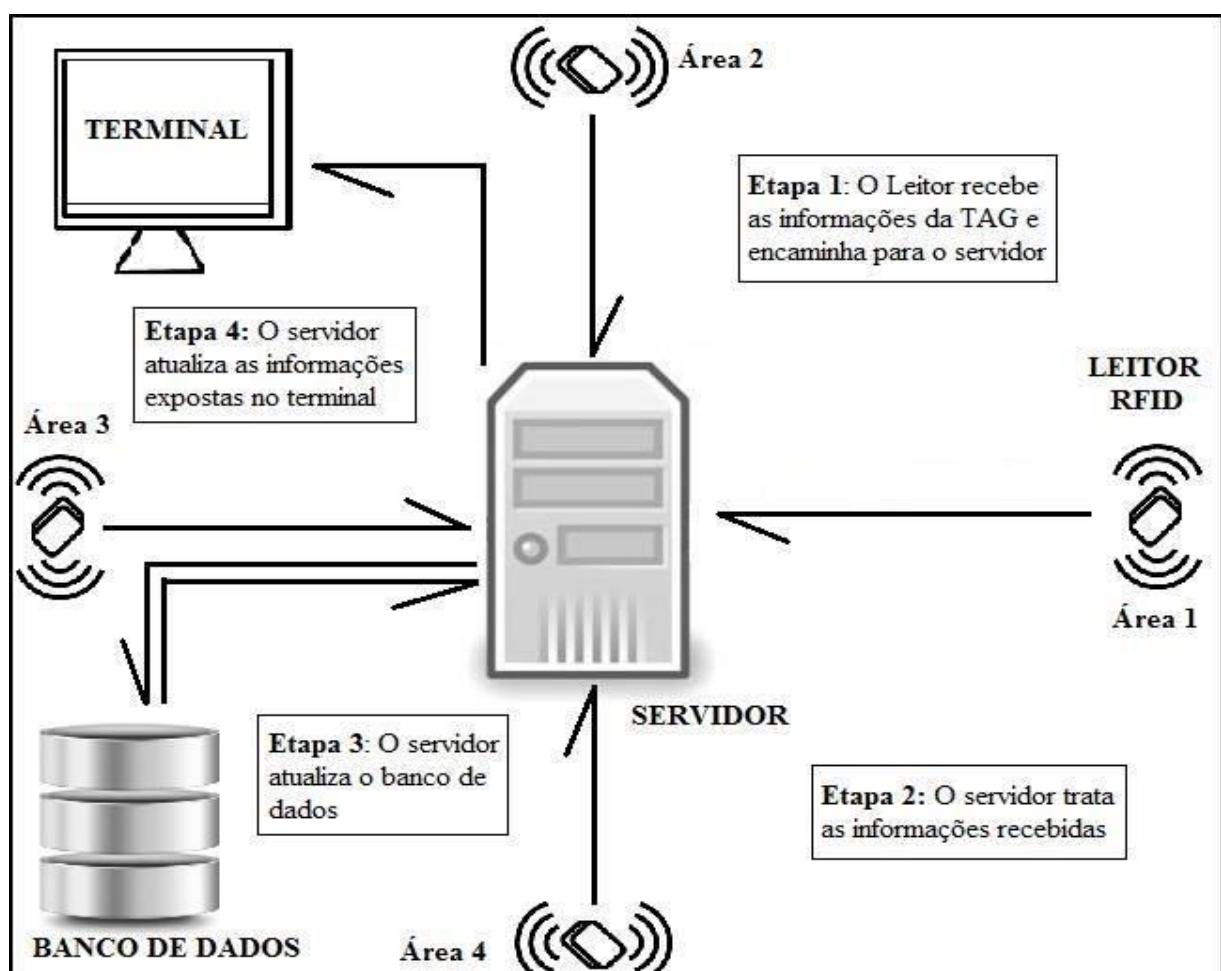


Figura 17 – Diagrama de etapas para a operação do sistema.  
Fonte: Próprio Autor.

### 2.1.2.1. Processos de identificação e tratamento das informações

Utilizando como base de mapeamento dos processos envolvidos neste projeto, foi elaborado um fluxograma para detalhar o passo a passo de como são realizados todos os procedimentos de identificação, comunicação e tratamento dos dados até as informações relevantes serem disponibilizadas em uma interface web. Esse fluxograma simplificado dos processos envolvidos neste projeto está demonstrado na figura 18.

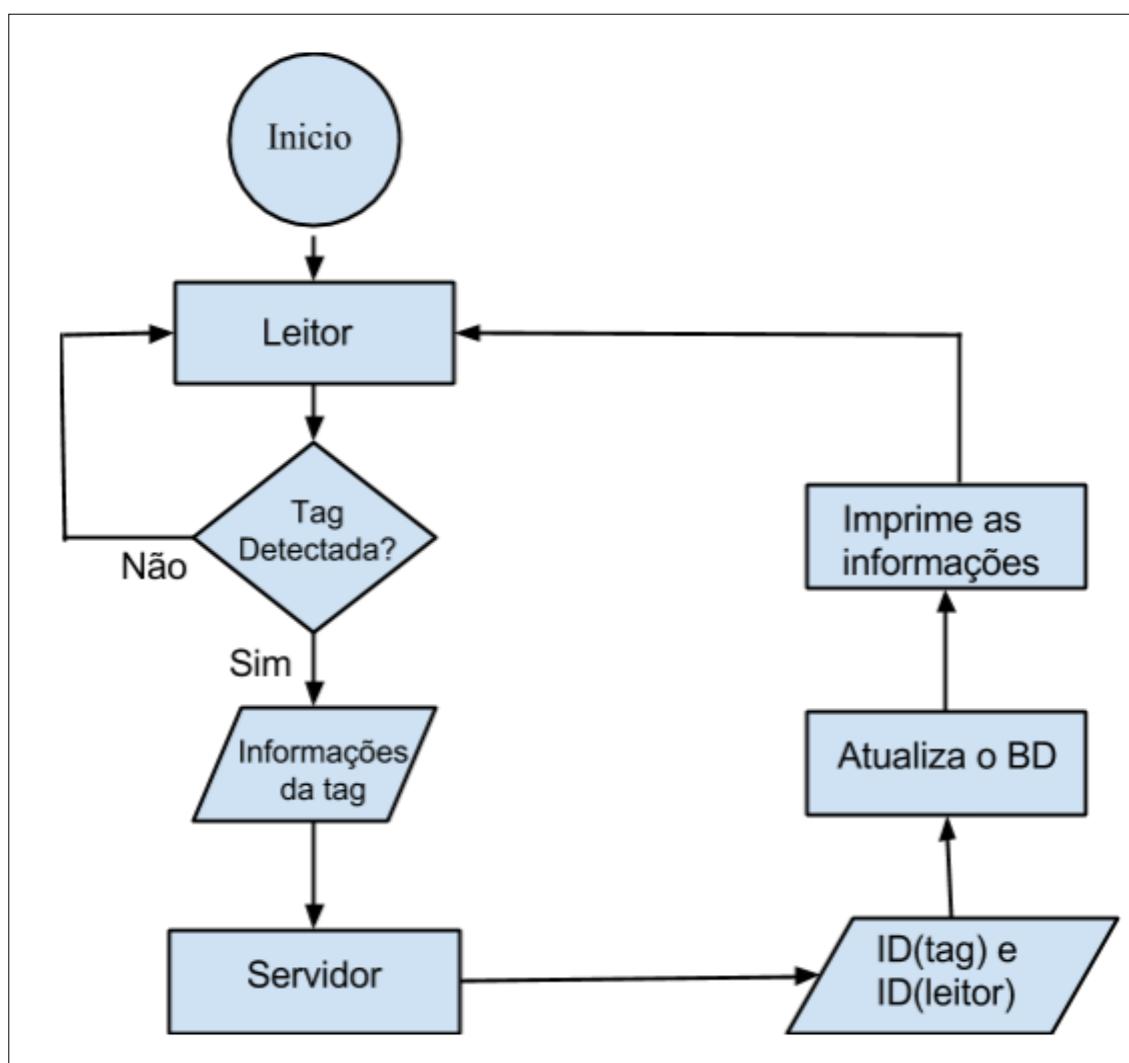


Figura 18 – Fluxograma dos processos de leitura e tratamento dos dados.  
Fonte: Próprio Autor.

Pode-se notar que o ponto de partida é a identificação do ambiente de forma contínua, onde o leitor permanece em operação para o monitoramento de qualquer

*tag* que entre em seu campo de visada. A partir deste momento, o leitor realiza a identificação do *tag* e do local em que foi detectado, e envia estes dados ao servidor para decodificação e posterior tomada de decisão. Através da conferência dos dados e o vínculo com as informações do banco de dados, esta informação é novamente organizada de forma que possa ser disponibilizada na interface web de forma a serem realizadas as consultas sobre a atual posição dos indivíduos dentro dos ambientes monitorados.

### 2.1.2.2. Banco de dados

Para este projeto foi desenvolvido um banco de dados relativamente simples quando observado exclusivamente pelo número de tabelas e entidades de relacionamento, onde foi utilizado o SGBD MySql. O BD é composto apenas por duas tabelas e o modelo ER pode ser visualizado na Figura 19. Para criar o banco foi utilizado o comando “*Create DATABASE CELSOTCC;*”.

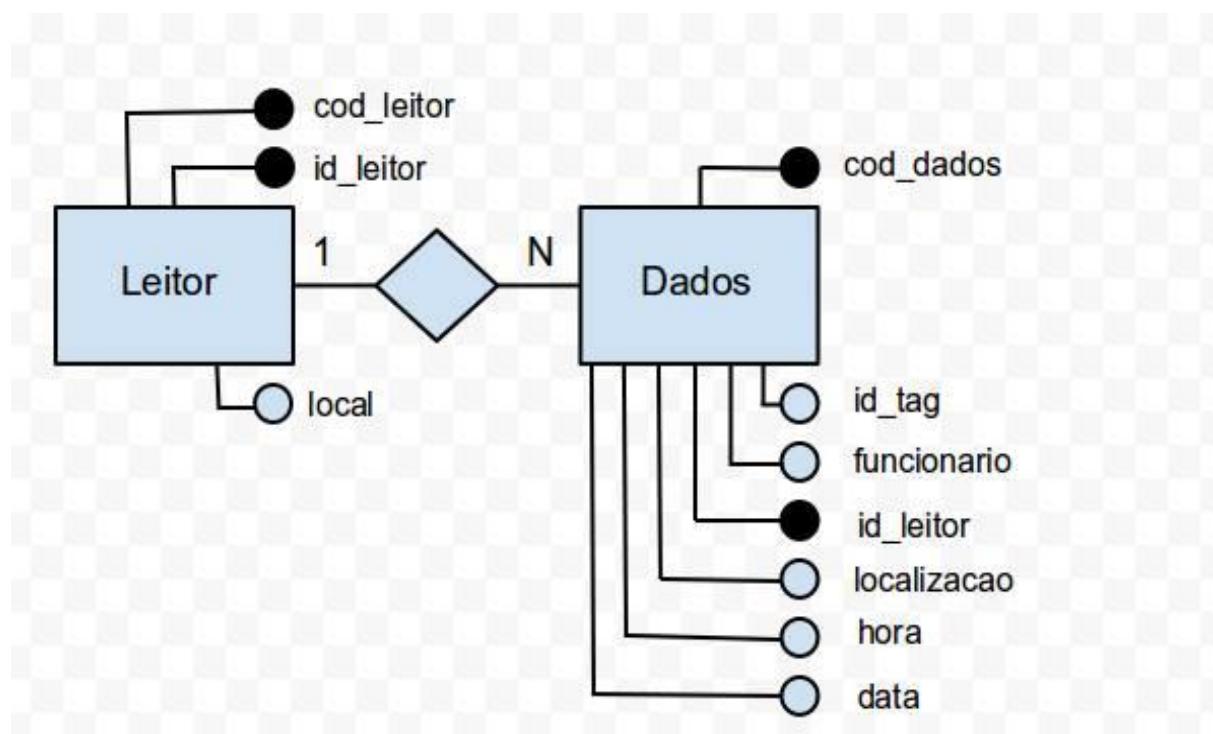


Figura 19 – Modelo ER.  
Fonte: Próprio Autor.

A tabela 2 demonstra como está sendo representado o banco de dados no SGBD. Essa informação é facilmente acessada através do comando “*show tables*;”.

Tabela 2 – Visualização do BD no MySql.

Tables_in_CELSOTCC
DADOS
LEITOR

Fonte: Próprio Autor.

A tabela chamada de LEITOR contém 3 atributos que são: *cod\_leitor*, *id\_leitor* e *local*. Para a criação desta tabela foi utilizado o comando “*CREATE TABLE LEITOR (cod\_leitor INT NOT NULL AUTO\_INCREMENT, id\_leitor VARCHAR(50) NOT NULL, local CHAR(20) NOT NULL, PRIMARY KEY (cod\_leitor));*”.

Esta tabela LEITOR possui a função de comparar o identificador único de cada equipamento de leitura de *tags* instalado no ambiente monitorado e associá-lo a sua determinada localização física, armazenando o nome do local através da utilização de uma variável. A tabela 3 demonstra como ficou constituída esta tabela chamada de LEITOR.

Tabela 3 – Tabela LEITOR.

cod_Leitor	id_Leitor	local
1	365140446050	Biblioteca
2	365140446000	Administração
3	365140446023	Secretaria

Fonte: Próprio Autor.

De forma semelhante a tabela anterior, a tabela chamada de DADOS é composta por 7 atributos que são: *cod\_dados*, *id\_tag*, *funcionário*, *id\_leitor*, *localização*, *hora* e *data*, onde o *id\_leitor* é a chave estrangeira que realiza o relacionamento com a tabela DADOS. Esta tabela foi criada através da utilização do comando “*CREATE TABLE DADOS (cod\_dados INT NOT NULL AUTO\_INCREMENT, id\_tag INT NOT NULL, funcionario CHAR(20) NOT NULL, localizacao CHAR(20) NOT NULL, hora VARCHAR(20) NOT NULL, data VARCHAR(20) NOT NULL, PRIMARY KEY (cod\_dados), FOREIGN KEY (id\_leitor) REFERENCES DADOS(id\_leitor));*”.

Esta tabela DADOS está sendo atualizada constantemente durante a operação do sistema, uma vez que o mesmo está identificando o indivíduo através do ID do *tag* e logo após inserindo o local físico onde esta pessoa foi detectada.

A tabela DADOS possui as informações que são entregues para os usuários, para que eles possam acompanhar a localização dos respectivos indivíduos. Estas informações podem ser melhor compreendidas observando a na tabela 4.

Tabela 4 – Tabela DADOS.

cod_dados	id_Tag	Id_leitor	funcionário	localização	hora	data
1	52505147	365140446050	Claiton	Biblioteca	11:43:37	2014-11-14
2	22100746	365140446050	Tiago	Biblioteca	14:40:00	2014-11-14
3	72525546	365140446050	Murilo	Biblioteca	09:23:31	2014-11-14

Fonte: Próprio Autor.

### 2.1.2.3. Software de integração do leitor com o banco de dados

Como o projeto trata de um sistema de automação de localização de indivíduos dentro de um ambiente definido, torna-se necessário o desenvolvimento de um software específico com a capacidade de integrar as funções, aquisições,

transporte, conversão, decisão e apresentação dos dados obtidos durante a operação do referido sistema. A primeira ação a ser tomada para a elaboração do código desenvolvido foi identificar como são representados os dados dentro de um pacote enviado pelo leitor. O correto desempacotamento do quadro de dados oferecido pelo leitor na rede de comunicações depende da análise do mesmo como um todo. Para a realização do primeiro tratamento do quadro de dados referente a identificação dos indivíduos foi realizada a captura destas informações da rede através de uma ferramenta de monitoramento das portas de rede do computador que está sendo utilizado como servidor. A captura de pacotes foi realizada através de um *software* comercial muito difundido chamado de *Wireshark*. A figura 20 demonstra os dados de um desses pacotes capturados.

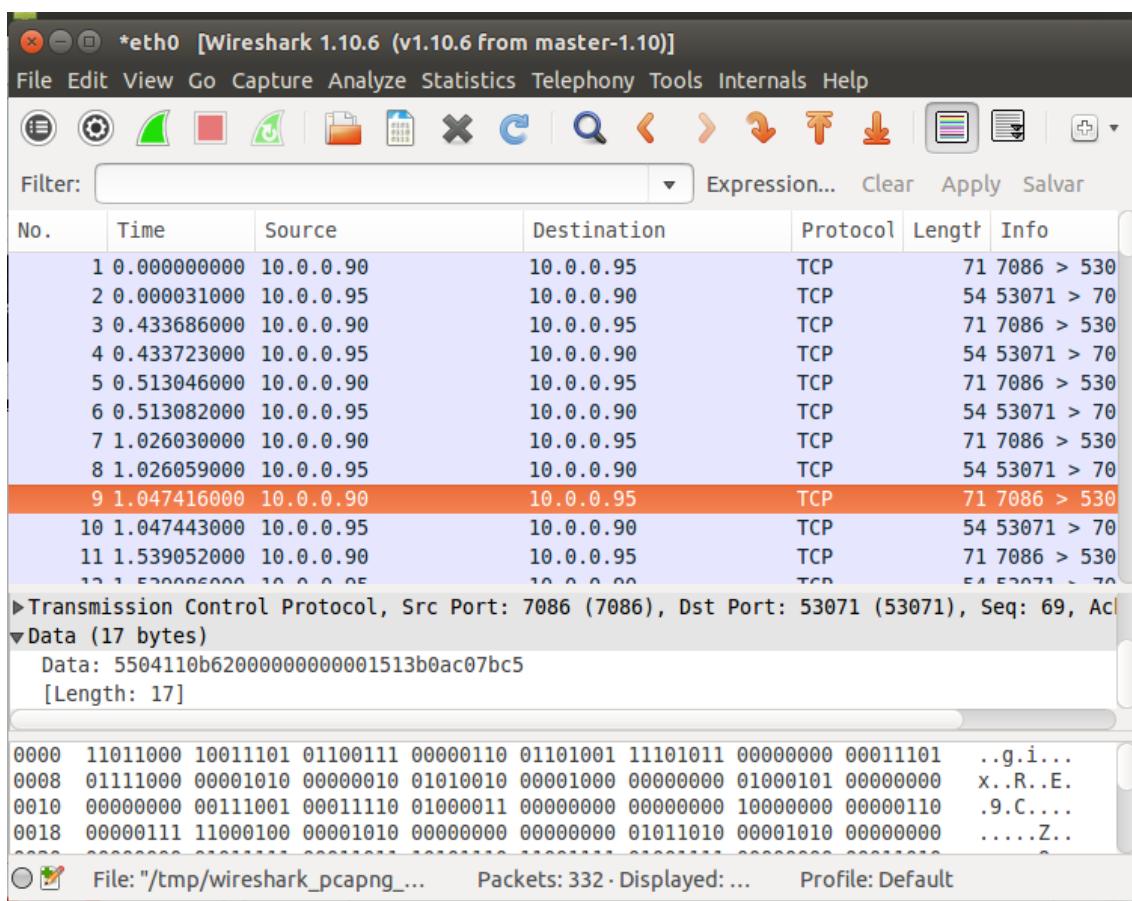


Figura 20 – Pacote de dados analisado com o *software* *Wireshark*.  
Fonte: Próprio Autor.

Para o desenvolvimento do código de desempacotamento e separação dos dados relevantes ao projeto foi utilizado um *socket* em PHP que captura os dados de

um pacote utilizando o IP do leitor e a porta por onde se recebe os pacotes. Este IP estava disponibilizado pode ser visualizado na Figura 21.

Com estas informações devidamente separadas e organizadas, foi realizada uma função para definir o IP e a porta utilizada para o leitor. Esta função retorna o dado capturado para a variável “\$dado”.

```
function executeCMD($plaintext){
    $conexao = SocketConnector::singleton();
    $address = "192.168.0.90";
    $conexao->setConnection($address,7086);
    $recv = $conexao->sendData($plaintext);
    return $recv;
}
$dado = executeCMD($plaintext);
$dado = bin2hex( $dado );
...
```

Figura 21 – Função de definição do IP e porta do leitor.

Fonte: Próprio Autor.

Os resultados retornados pelo código podem ser impressos na interface web, especialmente desenvolvida para esta aplicação. Na Figura 22 pode-se observar o pacote de dados transportado na rede no formato em que ele foi capturado pelo *socket*, e após o mesmo dado convertido para base 16, que pode ser observado na Figura 23 que apresenta apenas os valores em hexadecimal.

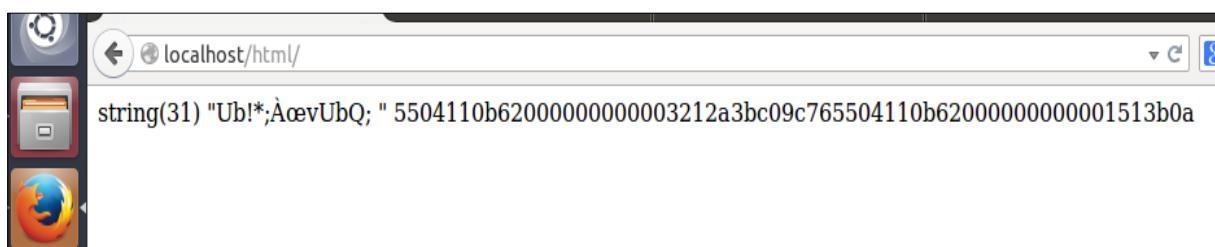


Figura 22 – Pacote capturado pelo *socket* no formato original.  
Fonte: Próprio Autor.

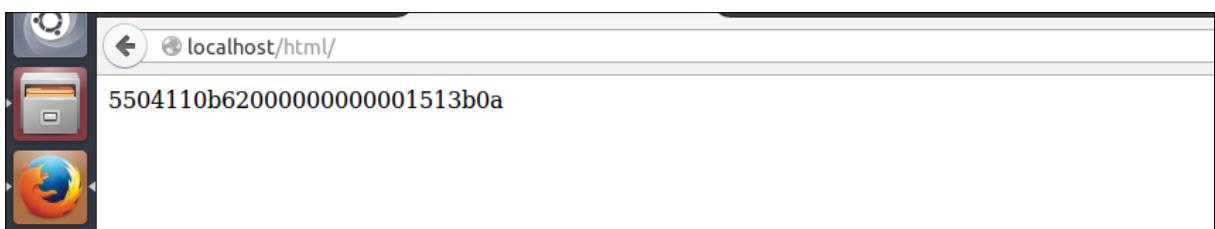


Figura 23 – Pacote capturado pelo *socket* convertido para a base 16.  
Fonte: Próprio Autor.

Observando os dados recebidos pode-se notar um padrão semelhante nos mesmos. Em todos os ensaios realizados observou-se que os dados sempre continham onze caracteres “zeros”, e os 10 caracteres anteriores eram sempre os mesmos, demonstrando que devido a essa uniformidade em todos os pacotes, tratava-se do número identificador do leitor. De forma semelhante também foi detectado que os sete caracteres que se apresentavam depois dos 11 zeros correspondem ao ID do *tag* detectado. Na Figura 24, é possível visualizar de forma mais clara a estrutura dos dados recebidos.



Figura 24 – Análise dos dados recebidos.  
Fonte: Próprio Autor.

Levando em consideração a análise dos dados, foi desenvolvido um “parse” para quebrar a *string* recebida, e armazenar o ID do *tag* e o ID do leitor em variáveis. A *string* foi quebrada nos 11 zeros, e os 10 caracteres anteriores foram armazenados na variável “\$ap”. Os 7 caracteres depois dos 11 zeros foram armazenados na variável “\$id”, além de armazenar a hora e a data atual nas

variáveis “\$hora” e “\$data” respectivamente. A Figura 25 demonstra uma parte do código responsável por essas ações:

```
$i = 0;
$x = 0;
$y = 1;
while ($i != 1){
    $dado2 = explode("000000000000", $dado);
    print_r(implode($dado2[$y]));
    $ap = substr($dado2[$x], -10);
    $ap = base_convert($ap, 16, 10);
    print_r(implode($dado2[$y]));
    $id = substr($dado2[$y], 0, 7);
    $id = base_convert($id, 16, 10);
    $x++;
    $y++;
    $data = date('Y-m-d');
    $hora = date('H:i:s');
    if ($dado2[$y] == ''){
        $i = 1;
    }
}
```

Figura 25 – Aplicação da função “parse” em linguagem PHP.  
Fonte: Próprio Autor.

O passo seguinte foi proporcionar o acesso ao banco de dados, e com as informações extraídas pelo “parse”, buscar o local onde o funcionário se encontram na tabela LEITOR, para atualizar a tabela DADOS. O trecho do código responsável por essas manipulações no BD esta demonstrado na Figura 26.

```
$conexao = mysql_connect("localhost", "root", "123") or die ("erro");
$db = mysql_select_db("CELSOTCC", $conexao);
$sql = "select local FROM LEITOR WHERE id_leitor = '$ap'";
$local = mysql_query($sql);
$local = mysql_fetch_array($local);
$localizacao = $local["local"];
$sql = "update DADOS set id_leitor='$ap',localizacao='$localizacao',hora='$hora',data='$data' Where id_tag = '$id'";
$atualiza = mysql_query($sql);
mysql_close($conexao);
```

Figura 26 – Manipulação do BD em linguagem PHP.  
Fonte: Próprio Autor.

A última parte desenvolvida na interface foi a impressão da tabela DADOS em uma página web, onde foram expostos apenas os atributos funcionário, localização, hora e data, porque os atributos *cod\_dados*, *id\_leitor* e *id\_tag* não são de muita relevância para o usuário. Na Figura 27, pode-se observar a parte do código responsável pela impressão dos dados na página web:

```
$conexao = mysql_connect("localhost", "root", "123") or die ("erro");
$bd = mysql_select_db("CELSOTCC", $conexao);
$sql = "select *FROM DADOS";
$tabela = mysql_query($sql);
while($escrever = mysql_fetch_array($tabela)){
    echo " | ";
    echo $escrever['funcionario'];
    echo " -> Localizacao: ";
    echo $escrever['localizacao'];
    echo ", Acesso as ";
    echo $escrever['hora'];
    echo " do dia ";
    echo $escrever['data'];
    echo "<br />";
}
```

Figura 27 – Impressão da tabela gerada em linguagem PHP.  
Fonte: Próprio Autor.

Os resultados preliminares podem ser visualizados na Figura 28.

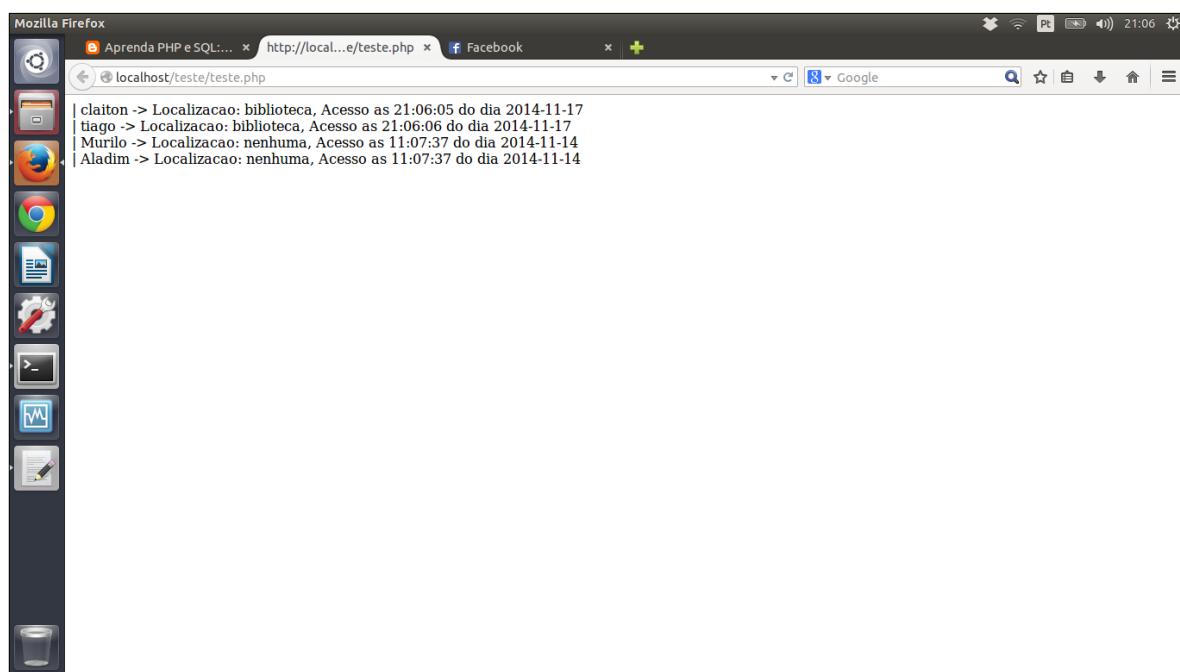


Figura 28 – Apresentação da localização dos funcionários em uma página web.  
Fonte: Próprio Autor.

### 2.1.3. Ambiente monitorado

Para finalizar os procedimentos necessário para a realização dos ensaios em laboratório, foi desenvolvida uma metodologia de medição dos sinais em ambientes indoor, onde além da atenuação normal do sinal na propagação do espaço livre, também foram testados os outros efeitos de propagação, como multipercursos e reflexões em obstáculos, muito acentuados na faixa de operação de 2,4 GHz. A Figura 29 mostra um exemplo de um ambiente onde poderia ser instalado o sistema proposto para identificação de diferentes áreas de cobertura.



Figura 29 – Exemplo de ambiente monitorado pelo sistema.  
Fonte: Próprio Autor.

Dentro do ambiente, a intenção é instalar de forma estratégica um leitor em cada sala a ser monitorada. Como o Leitor SAAT F527 utilizado possui uma amplitude de sinal e dinâmicas muito grandes, o objetivo deste experimento prático é conhecer e definir os melhores pontos de instalação dos leitores para fornecer uma boa leitura, mas respeitando a área de cobertura desejada. No ensaio se pretende limitar a propagação do sinal ao ambiente desejado através do ajuste da potência da saída do leitor, a sua posição de instalação no ambiente e a diretipividade das antenas, embora originalmente o leitor possua uma antena omnidirecional.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para a realização dos ensaios em laboratório foi definida uma sequência de testes preliminares em menor escala para eventuais correções no sistema de aquisição, rede de dados, coleta e armazenamento, tratamento e visualização dos mesmos. Resumidamente, para a comunicação e interpretação dos dados obtidos.

#### **3.1. Procedimentos de realização dos ensaios**

Para a organização dos ensaios em laboratório, priorizando a economia de recursos financeiros e de tempo, foram definidos critérios e procedimentos específicos. Por esse motivo de economia de recursos, e buscando um local com boa reproduzibilidade de condições de propagação para diferentes testes, o ambiente de ensaios foi definido como uma sala da própria universidade.

Uma vez definida a área a ser monitorada, foram estabelecidos os procedimentos de ensaios observando as restrições que o próprio projeto reivindica, como área de cobertura bem definida, limite de emissão de energia e espúrios na faixa de frequências ISM, seletividade de ambientes, operação das interfaces e aplicativos e a integração de todo o sistema. Os ensaios foram realizados em separado inicialmente com cada parte do sistema para verificação de falhas, e posteriormente foram novamente reproduzidos para a verificação dos processos de integração e do grau de automação que o sistema pode oferecer.

#### **3.2. Ambiente de testes em laboratório.**

Para a realização dos ensaios de dinâmica do sistema desenvolvido, buscou-se restringir o sinal do leitor a apenas uma sala com o máximo possível de cobertura, sem sombras ou interferências relevantes durante a identificação dos tags. É também muito relevante para a operação do sistema, o fato de que tags que não estejam no ambiente monitorado não serem identificados pelo leitor. Desta forma, o leitor RFID SAAT F527 não pode identificar as pessoas que estão transitando pelos corredores laterais ou fora do ambiente monitorado no ensaio.

O ambiente selecionado para a realização dos testes foi o laboratório de eletrônica e telecomunicações da sala 201 do prédio de tecnologia em redes de computadores da Universidade Federal de Santa Maria. O laboratório possui as dimensões de 12 m x 8 m, e foram testadas quatro posições distintas para a emissão do sinal, como está demonstrado na Figura 30.

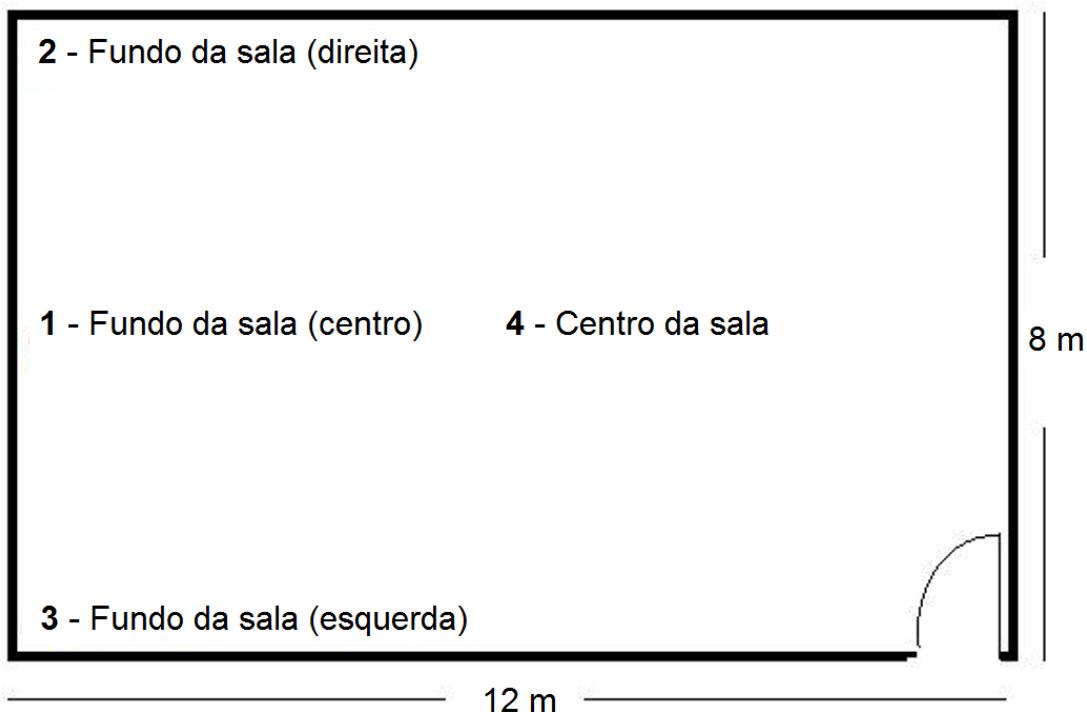


Figura 30 – Ambiente preparado para os ensaios.  
Fonte: Próprio Autor.

O laboratório em questão não é um ambiente livre de interferências e obstáculos para a realização dos ensaios, porém estas mesmas condições de propagação dos sinais de radiofrequência podem ser reproduzidas indefinidamente vezes enquanto for necessário realizar os experimentos, tornando desta forma um ambiente controlado. A reprodutibilidade das condições fornecidas pelo ambiente permitem excluir na médias os efeitos normais de um ambiente de propagação com rugosidade relativamente alta e avaliar apenas os efeitos de propagação a níveis de atenuação no espaço livre, reflexões e multipercursos em obstáculos.

Este leitor SAAT F527 possui um transmissor de radiofrequência com potência de saída de 16 dBm, ou aproximadamente 40 mW. Para a diminuição desta potência de saída para a realização dos ensaios são atribuídas atenuações em dB

relativas a potência total. Definindo o comprimento de onda para a frequência do leitor, de 2,4 GHz, tem-se que:

$$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9} = 0,125 \text{ m}$$

Onde a frequência  $f = 2,4$  GHz e a velocidade da luz é  $C = 3 \cdot 10^8$  m/s, observa-se que o comprimento de onda é da dimensão de 12,5 cm, tornando a maioria dos móveis, paredes, teto, piso e equipamentos refletores muito eficientes nesta frequência.

Utilizando apenas a propagação no espaço livre através da fórmula de Friis, pode-se verificar que a intensidade de potência deste leitor extrapola os limites desejados para a operação exclusivamente dentro do ambiente selecionado, conforme pode-se observar em:

$$d = \sqrt{\frac{40[mW] \cdot 1.1 \cdot 0,125[m]^2}{(4\pi)^2 \cdot 0,000001[mW] \cdot 1}} = 63 \text{ m}$$

Considerando que a dinâmica do leitor é equivalente a uma potência de recepção de  $1 \times 10^{-6}$  mW, as antenas transmissoras e receptoras são omnidirecionais com ganho unitário devido as suas dimensões e a perda em cabos e conectores é nula. Nota-se que este valor é muito maior que qualquer dimensão da sala do experimento, o que obrigatoriamente obriga a utilizar um atenuador na saída do leitor para delimitar o campo de cobertura de sinal apenas para o local definido.

### **3.3. Realização dos ensaios em laboratório.**

Para a realização dos ensaios em laboratório foram utilizadas as posições pre estabelecidas na caracterização do ambiente controlado. A primeira posição testada foi escolhida como a do leitor na posição 1 (Fundo da sala – posição central). Com o leitor RFID SAAT F527 operando conectado em uma antena omnidirecional de 5 dBi e o seu atenuador da saída de RF configurado para 0 dB (sem atenuação), o alcance de leitura dos tags ativos SAAT T505 foi de mais de 100 m em linha de

visada direta, e desta forma, de mais de 8 m fora dos limites físicos da sala monitorada, transpassando inclusive, embora com grande atenuação, as paredes e aberturas do ambiente de testes selecionado.

Com base nestes resultados preliminares, contatou-se a previsão de que a potência máxima do equipamento leitor é demasiadamente alta para se manter a cobertura apenas dentro dos limites da sala. Para corrigir esse efeito, reduziu-se então a potência de saída do leitor com a inserção de uma atenuação controlada. Na Figura 31 pode-se observar a realização dos testes de dinâmica de leitura dos *tags* com linha de visada direta.



Figura 31 – Exemplo de ensaios de laboratório para determinação da dinâmica.  
Fonte: Próprio Autor.

Com a necessidade de manter o leitor operando em uma configuração de potência de saída baixa, configurou-se o mesmo para transmitir utilizando a potência mínima permitida, que consiste em inserir uma atenuação do sinal de 30 dB.

A inserção de 30 dB de atenuação corresponde a uma diminuição de 1000 vezes na potência de saída do leitor, acarretando em uma perda considerável na dinâmica de leitura dos tags, de acordo com o que já era esperado nos ensaios. Com esta configuração, o primeiro fator a chamar a atenção foi que em uma potência muito baixa como esta, o leitor e o *tag* precisam estar obrigatoriamente em

linha de visada direta para realizar a identificação. Para esta condição especial, foi percebido que o leitor precisa estar posicionado em um local mais elevado que os obstáculos mais comuns do ambiente, como as mesas e outros móveis, para que os mesmos não atrapalhem a leitura dos *tags*. Nesta configuração o alcance de leitura foi reduzida para aproximadamente 6 m apenas.

Dando sequência ao experimento no laboratório, configurou-se o leitor RFID com uma atenuação do sinal de saída de 28 dB. Com o incremento na potência de saída, naturalmente o alcance de leitura e identificação do *tag* passou dos 6 metros anteriores para aproximadamente 10 m. É importante notar que em algumas tentativas de leitura foi possível realizar o reconhecimento do tag próximo à porta de saída da sala, no lado oposto da mesma. Estas leituras aconteceram de forma esporádica e sem reproduzibilidade alguma, o que provavelmente representa alguma energia residual do tag associada com uma reflexão em objetos ou pessoas que estavam posicionadas na linha de visada do sistema no exato momento da realização do ensaio.

Como próximo experimento foi utilizada uma atenuação média de 26 dB sobre o sinal original do leitor, o que representa uma perda quatro vezes menor do que foi utilizado quando o atenuador foi configurado no valor máximo. Com esta configuração o alcance médio medido foi de aproximadamente 12 m. Para este ambiente, este foi o melhor resultado obtido, sendo que para essa posição do leitor não foi registrada nenhuma leitura na área da porta e nem fora da sala. A leitura dos *tags* só foram realizadas quando o indivíduo entra cerca de 30 cm no interior da sala. Considerou-se então que a configuração de potência especificamente para este ambiente e posição do leitor é uma atenuação entre 28 dB e 26 dB. Este mesmo procedimento de ensaio de cobertura foi aplicado aos demais pontos do ambiente.

Com a conclusão dos ensaios para todos os pontos definidos no ambiente para a instalação e operação do leitor, foi criada uma tabela de recomendação de uso do mesmo para diferentes condições, observando os requisitos mínimos definidos do sistema no momento do projeto. É importante observar que diferentes pontos da sala exigem diferentes configurações da atenuação do transmissor,

dependendo com as interações do sinal com o ambiente em linha de visada com o *tag*. Um exemplo dos resultados dos os ensaios pode ser visto na tabela 5:

Tabela 5 – Tabela de resultados dos ensaios.

Local	Atenuação do sinal
Fundo da Sala (centro)	28 dB a 26 dB
Fundo da Sala (direta)	26 dB
Fundo da Sala (esquerda)	28 dB a 24 dB
Centro da Sala	30 dB

Fonte: Próprio Autor.

Em relação a área de cobertura do sinal de identificação RFID, depois de analisado todos os resultados, conclui-se que para este ambiente específico, a melhor configuração para se instalar o leitor é a posição 3 (Fundo da Sala - esquerda). Esta conclusão está sendo considerada porque nestas potências mais baixas muitas vezes para a leitura do *tag* deve ser realizada com linha de visada direta. Como o leitor está posicionado na mesma parede da porta da sala, pode-se aumentar um pouco mais a a potência do sinal e mesmo assim os *tags* não são detectadas fora do ambiente. Porém, com uma atenuação do sinal de 22 dB, os *tags* já são lidos do lado de fora da sala, junto ao local da parede que o leitor está fixado.

### **3.4. Realização de ensaios com o sistema completo**

Após os ensaios preliminares com os sistemas de indentificação por radiofrequência, e baseado nos conhecimento adquiridos com esta tecnologia, foram preparados os próximos experimentos com o objetivo de avaliar o funcionamento do sistema com um todo, verificando o grau de automação e a necessidade de efetuar eventuais correções nos processos e interfaces. A integração dos sistemas

desenvolvidos com diferentes linguagens e tecnologias, para que possam operar em conjunto de forma eficiente, representa um grande desafio para o projeto.

Desta vez os ensaios foram realizados instalando o leitor na posição física e nas configurações de operação em que foram obtidos os melhores resultados de cobertura sem interferência de ambientes. Para a condição especial de utilização dentro do laboratório da sala 201 do prédio de Redes de Computadores, a melhor posição de instalação foi definida com sendo na esquerda do fundo da sala. O leitor foi configurado com uma atenuação no sinal de saída de 24 dB conforme os ensaios anteriores demonstraram, e para realizar uma leitura de atualização de *status* a cada 100 ms. O *tag* RFID ativo utilizado foi pendurado junto ao pescoço do indivíduo para os testes, como um crachá de identificação visual normalmente utilizado em indústrias e ambientes comerciais.

A Figura 36 demonstra os pontos escolhidos dentro e fora da sala onde foram testadas a identificação do indivíduo. Neste ensaio basicamente o funcionário permanecia na posição estabelecida até a coleta das informações mais uma contagem de quantas leituras do *tag* foram realizadas no período de 1 minuto.

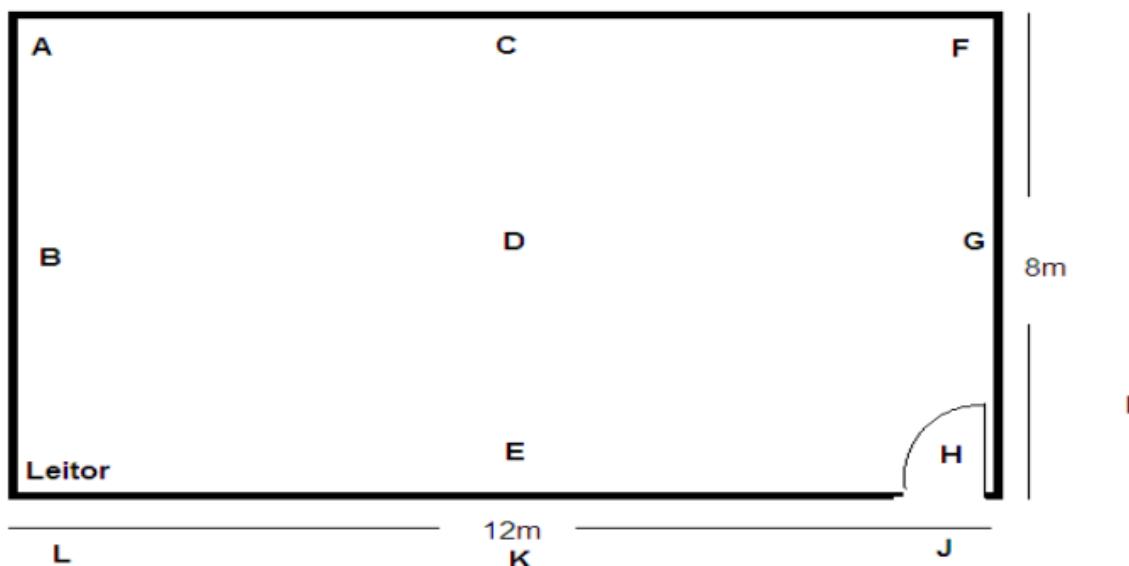


Figura 32 – Posições utilizadas para realizar o teste de identificação.  
Fonte: Próprio Autor.

Este ensaio foi reproduzido três vezes para cada ponto de medição no ambiente, e o resultado final apresentado é correspondente a média das três leituras em cada posição. Os resultados obtidos estão expressos na tabela 6.

Tabela 6 – Resultados do teste de identificação por área de cobertura.

Posição da pessoa	Identificação Positiva	Leituras por minuto
A	SIM	92
B	SIM	88
C	SIM	113
D	SIM	94
E	SIM	119
F	SIM	54
G	SIM	56
H	SIM	44
I	NÃO	0
J	NÃO	0
K	NÃO	0
L	NÃO	0

Fonte: Próprio Autor.

Claramente pode-se observar uma tendência de maior dificuldade de leitura quanto mais o tag é afastado do leitor, representado pelo menor número de leituras dentro de 1 minuto. Concluindo, as Figuras 37 e 38 apresentam as diferenças demonstradas na interface web quando um indivíduo está fora da sala e dentro da sala, respectivamente.

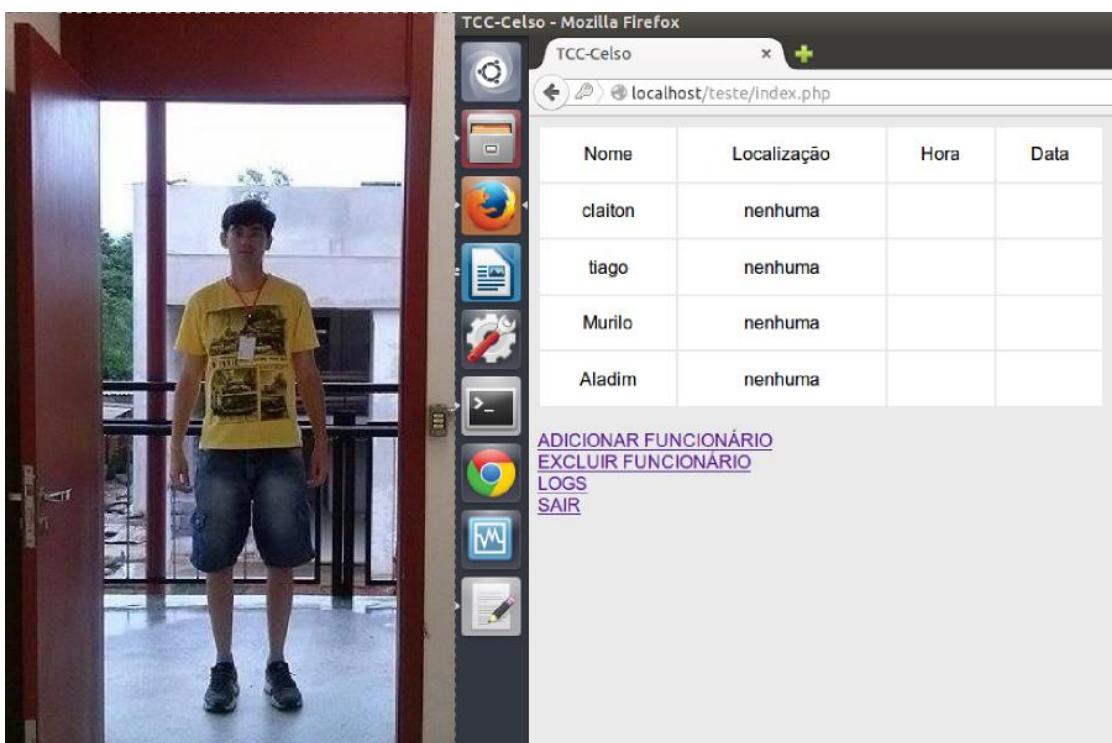


Figura 33 – Individuo do lado de fora da sala (identificação negativa).  
Fonte: Próprio Autor.

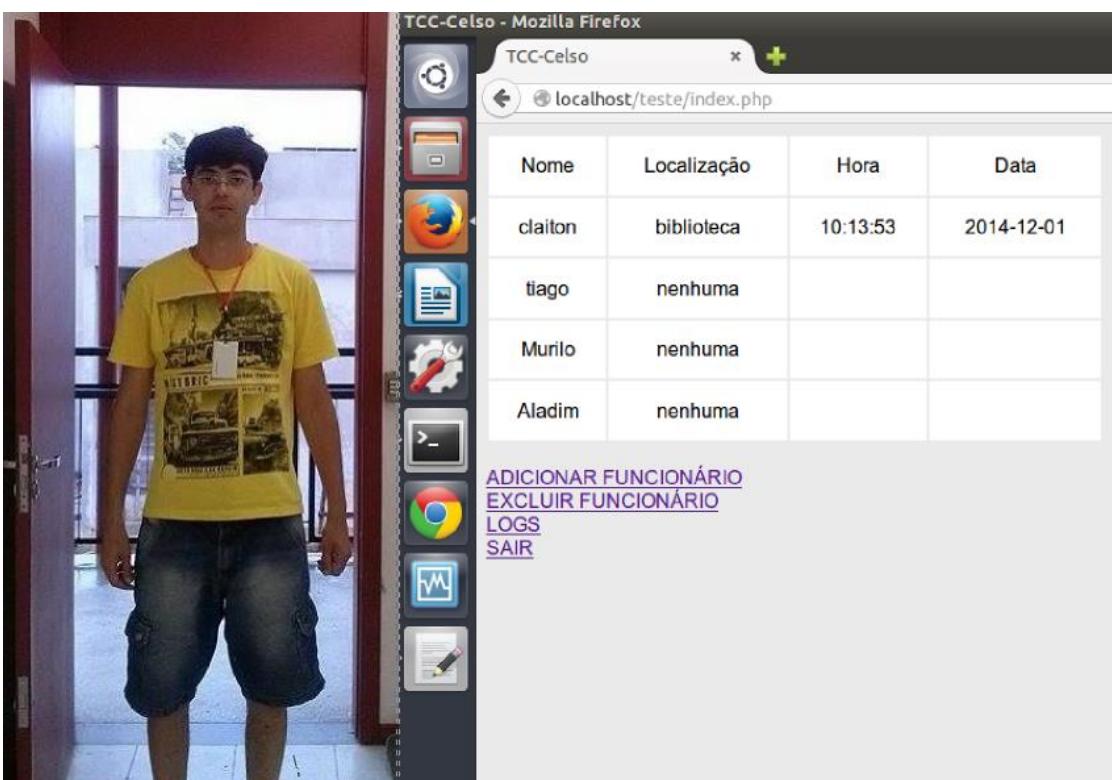


Figura 34 – Individuo do lado de dentro da sala (identificação positiva).  
Fonte: Próprio Autor.

## CONCLUSÃO

Neste projeto buscou-se utilizar as facilidades da tecnologia de identificação por radiofrequência - RFID para implementar um sistema autônomo de monitoramento de indivíduos dentro de um determinado ambiente, apresentando estas informações de localização em tempo real através de uma página web especialmente desenvolvida para este propósito. Para tornar este sistema mais funcional e com possibilidade de acesso remoto, utilizou-se adicionalmente o padrão de rede *Ethernet* para realizar a comunicação entre os dispositivos. Da mesma forma, também foram desenvolvidos um banco de dados com construção por SGBD, uma interface de decodificação dos dados da rede com programação em PHP e um servidor HTTP para hospedar a página que apresenta a localização do indivíduo.

Os resultados obtidos nos experimentos realizados em laboratório apresentaram todos os resultados positivos após alguns ajustes iniciais, e desta forma todos os objetivos propostos foram atingidos de forma satisfatória. As interfaces de software desenvolvidas também atenderam ao especificado e ofereceram excelentes recursos simplificados de controle e monitoramento.

Todos os ensaios que foram realizados em laboratório contemplaram a identificação dos indivíduos dentro de um ambiente controlado e também a restrição de sinal, e consequentemente de identificação, para pontos onde este indivíduo se encontra fora do ambiente, mesmo que estes estivessem muito próximos aos limites do local do experimento. Este sistema após todos os testes demonstrou ser completamente viável de implementação em um ambiente real, como uma empresa ou indústria. Em tempo, observa-se que para a instalação em outros ambientes, é fortemente recomendável que se realizem os mesmos ensaios de caracterização do local, podendo-se obter resultados ainda melhores caso sejam utilizados outros modelos de antenas, com ganhos e aberturas diferentes.

Na implementação prática destes experimentos foram utilizados leitores RFID comerciais com tecnologia ativa do fabricante SAAT, modelo F527 conectados a antenas omnidirecionais de 5 dBi de ganho, permitindo uma área de cobertura de sinal mais abrangente. Para a instrumentação dos indivíduos foram utilizados

*transponders* RFID ativos compatíveis com o leitor do modelo SAAT-T505, que foram pendurados na forma de crachás de identificação. O único fator que pode causar um maior impacto na implementação em larga escala está relacionado com a viabilidade econômica do projeto, pois o custo médio do leitor utilizado (SAAT F527) é de aproximadamente US\$ 1.000,00 com impostos. Uma alternativa para reduzir esse custo pode ser o desenvolvimento de um *hardware* específico para esta aplicação.

Desta forma conclui-se que apesar deste projeto demonstrar boa aplicabilidade para a implementação em ambientes comerciais e industriais reais, o sistema ainda demanda um pouco mais de desenvolvimento para realizar algumas funcionalidades mais específicas. Este desenvolvimento adicional não foi contemplado neste projeto devido ao reduzido período reservado para a execução de todas as tarefas propostas. Como trabalhos futuros recomenda-se realizar mais ensaios sob condições reais de utilização, com algumas melhorias na praticidade e usabilidade da interface da página de apresentação dos dados na web.

### **Sugestões para trabalhos futuros.**

Como este trabalho teve como objetivo implementar um projeto inicialmente experimental, o sistema ainda demanda muito desenvolvimento para que se comporte de maneira mais segura e confiável para utilização em um ambiente real. Seguem algumas dessas melhorias listadas abaixo como sugestão de trabalhos futuros:

1 – Como neste momento se teve acesso a apenas um leitor RFID, a aplicação em PHP foi construída exclusivamente para esta arquitetura. Para operar com mais leitores, deve-se modificar o código para que ele possa receber dados de vários *hardwares* simultaneamente, assim como efetuar o tratamento e correção dos eventuais erros de leitura ou superposição.

2 – A interface gráfica desenvolvida é bem simples, só possui uma tela de *login* e senha, e a página de monitoramento está pouco funcional. Sugere-se também melhorá-la, deixando-a mais amigável aos usuários e incorporando novas funcionalidades. Entre estas pode-se citar a restrição de funcionários a determinado setor, onde o aplicativo emite um alerta sobre a invasão ou impede o acesso.

3 – Como os testes foram realizados em apenas um lugar em específico, recomenda-se avaliar diferentes ambientes, a fim de observar o comportamento do sistema como um todo e corrigir possíveis problemas.

4 – Com o crescente uso de dispositivos móveis, também pode-se desenvolver um aplicativo para esta tecnologia de comunicação, utilizando a plataforma *Android* por exemplo. Desta forma o responsável pelo monitoramento não precisa estar obrigatoriamente controlando em um computador.

## REFERÊNCIAS

COMER, Douglas E., **Redes de Computadores e Internet**, BOOKMAN COMPANHIA EDITORA LTDA, 2007.

CONGRESSO RFID, Website, **RFID “Identificação por Frequência de Rádio”**. Disponível em <http://www.congressorfid.com.br/rfid/>. Acesso em 13/06/2014.

CRIARWEB, Website, **O Que é PHP**. Disponível em <http://www.criarweb.com/artigos/202.php>. Acesso em 04/06/2014.

DALL'OGIO, Pablo, **PHP - Programando Com Orientação a Objetos**, 2<sup>a</sup> ed, NOVATEC, 2009.

ESTUDO DE REDES, Website, **Meios de Transmissão Guiados**. Disponível em <https://estudoderedes.wordpress.com/tag/meios-de-transmissao-guiados/>. Acesso em 04/06/2014.

FINKNZELLER, Klaus, **RFID Handbook – Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication**, 3<sup>a</sup> ed., John Wiley & Sons, Ltd., 2010.

GIGAFLOPS, Website, **A Linguagem SQL**. Disponível em: <http://gigaflops.tripod.com/page/lp/sql/sql.html>. Acesso em 11/06/2014.

JUNIOR, Joel Andrelo, **RFID – Identificação por Radiofrequência**, Faculdade de Tecnologia de Praia Grande, 2007. Disponível em: <http://br.monografias.com/trabalhos3/rfid-identificacao-radiofrequencia/rfid-identificacao-radiofrequencia.shtml>. Acesso em 14/06/2014.

MALTA, Camila Rodrigues De Campos, **RFID: APLICAÇÕES E NOVAS TECNOLOGIAS**, Faculdade De Tecnologia Da Zona Leste, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://fatecjl.edu.br/TCC/2009-2/tcc-216.pdf>. Acesso em 14/06/2014.

MORAES, Alexandre Fernandes, **Redes de Computadores Fundamentos**, 6<sup>a</sup> ed., São Paulo: Érica Itda, 2009.

OGATA, K, **Engenharia de Controle Moderno**. 4<sup>o</sup> Ed., Editora PHB, 2003.

OLIVEIRA, Alessandro S., PEREIRA, Milene F., Estudo da Tecnologia de Identificação por Radiofrequênciā, Universidade de Brasília, Projeto de Graduação da Faculdade de Tecnologia, 2006, p.43-46.

ONIUM ENGENHARIA & AUTOMAÇÃO, Website, **História do RFID**. Disponível em: [http://www.onium.com.br/tecn\\_hist.html](http://www.onium.com.br/tecn_hist.html) 03/06. Acesso em 03/06/2014.

PETERSON, L. L.; DAVIE, B.S.: **Computer Networks – A System Approach**. 2007. 4<sup>a</sup> Ed., Editora Elsevier, 2007.

PORTAL EDUCAÇÃO, Website, **O que é MySql?** Disponível em <http://www.portaleducacao.com.br/informatica/artigos/4398/o-que-e#ixzz34XddP9vn>. Acesso em 02/07/2014.

RFID JOURNAL, **Artigo: The History of RFID Technology**. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>. Acesso em 06/06/2014.

RFIDBR, Portal Brasileiro Sobre RFID, **Definindo RFID**. Disponível em [http://www.rfidbr.com.br/index.php/definindo\\_rfid.html](http://www.rfidbr.com.br/index.php/definindo_rfid.html). Acesso em 03/06/2014.

RFIDBR, Portal Brasileiro Sobre RFID, **Leitora (Reader)**. Disponível em: <http://www.rfidbr.com.br/index.php/leitora-reader.html>. Acesso em 03/06/2014.

RFIDBR, Portal Brasileiro Sobre RFID, **Tags RFID**. Disponível em: <http://www.rfidbr.com.br/index.php/tags-rfid.html>. Acesso em 03/06/2014.

RIBEIRO, Marco Antônio, **Automação Industrial**, 4<sup>a</sup> ed., Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 2001.

SAAT- F527 READER, **User Manual**, Disponível em <http://www.htrfid.com>. Acesso em 14/11/2014.

SANTANA, Sandra R. M., **RFID – Identificação por Radiofrequência**, Disponível em: [http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra\\_santana/rfid\\_03.html](http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_03.html) Acesso em 14/11/2014.

STALLINGS, William, **Redes e Sistemas de Comunicação de Dados: Teoria e Aplicações Corporativas**, 5<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

SOUZA, Renato, **Rede de Sensores sem fio Aplicada ao Monitoramento do Campo Eletromagnético em Subestações de Transmissões de Energia Elétrica**, São Paulo: UBSP, 2009.

SWEENEY, Patrick J., **RFID for Dummies**, Indiana, Ed. Wiley Publishing, 2005.

SILBERCHATZ, Abraham, **Sistema de Banco de Dados**, 5.ed,- Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

TANENBAUM, A. S.: **Redes de Computadores**. 4<sup>a</sup> Ed., Editora Campus (Elsevier), 2003.

TECHTUDO, Website, **O Que é e Como Usar o MySQL?** Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/04/o-que-e-e-como-usar-o-mysql.html>. Acesso em 11/06/2014.

WIRELESSBR, Website, **RFID – Identificação por Radiofrequência**. Disponível em [http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra\\_santana/rfid\\_03.html](http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_03.html) Acesso em 17/06/2014.