

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ  
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Vanessa Alves dos Santos

**POTENCIAIS IMPACTOS QUE A APLICAÇÃO DO SISTEMA DE  
IDENTIFICAÇÃO DE RADIOFREQUÊNCIA (RFID) PODE GERAR NO  
CONTROLE DE ESTOQUE DE PEÇAS SOBRESSALENTES**

BambuÍ

2023

VANESSA ALVES DOS SANTOS

**POTENCIAIS IMPACTOS QUE A APLICAÇÃO DO SISTEMA DE  
IDENTIFICAÇÃO DE RADIOFREQUÊNCIA (RFID) PODE GERAR NO  
CONTROLE DE ESTOQUE DE PEÇAS SOBRESSALENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso Bacharelado em Engenharia de Produção do  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia  
de Minas Gerais – *Campus* Bambuí para obtenção  
do grau de Bacharela em Engenharia de Produção.  
Orientador: Carlos Renato Nolli

Bambuí

2023

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

S237p Santos, Vanessa Alves dos.

Potenciais impactos que a aplicação do sistema de identificação de radiofrequência (RFID) pode gerar no controle de estoque de peças sobressalentes. / Vanessa Alves dos Santos. – 2024.

64 f.; il.: color.

Orientador: Carlos Renato Nolli.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Bacharelado em Engenharia de Produção, 2024.

**POTENCIAIS IMPACTOS QUE A APLICAÇÃO DO SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DE RADIOFREQUÊNCIA (RFID) PODE GERAR NO CONTROLE DE ESTOQUE DE PEÇAS SOBRESSALENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia de Produção do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Bambuí para obtenção do grau de Bacharela em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 22 /02 / 2024 pela banca examinadora:

---

Prof.: Especialista Carlos Renato Nolli (Orientador) - IFMG

---

Prof.: Doutor Gilberto Augusto Soares (Avaliador) - IFMG

---

Prof.: Doutor Rodrigo Caetano Costa (Avaliador) - IFMG

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu namorado, Sebastiana, Marinaldo e Wendell, que sempre me apoiaram e motivaram a buscar os meus objetivos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, professor Carlos Renato Nolli, pelo apoio, disponibilidade e direcionamento adequado durante a pesquisa. Aos meus pais que sempre me motivaram a buscar novos conhecimentos e por me oferecerem suporte a todos os momentos. Aos meus colegas de trabalho, Aluani, André, Elidio, Joessi, Savio, Warley e ao gestor Flávio Guimarães que auxiliaram no aprofundamento do tema aplicado à indústria siderúrgica.

“Faça o teu melhor, na condição que você tem,  
enquanto você não tem condições melhores,  
para fazer melhor ainda!”

Mario Sérgio Cortella

## RESUMO

Em consideração à aplicação da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID), a qual atua na localização de produtos e possibilita o controle eficiente de toda a cadeia de abastecimento, pesquisa-se sobre o impacto da tecnologia RFID no controle de estoque e na redução de custo de peças sobressalentes. O objetivo do estudo consiste em analisar os impactos da implantação do sistema em uma indústria siderúrgica na cidade de Belo Horizonte. Para tanto, é necessário compreender como é realizado o processo de localização e rastreamento de peças sobressalentes, analisar os materiais ideais, bem como o custo para implantação do sistema e analisar os impactos da aplicação. Realizou-se, então, um estudo de caso utilizando a pesquisa qualitativa de natureza aplicada. Neste trabalho buscou-se compreender o problema e verificar as descobertas no campo de conhecimento do RFID através pesquisa exploratória e descritiva. A técnica de coleta de dados foi realizada por meio de dados primários. Diante do exposto, foram identificadas as dificuldades em relação à localização de materiais sobressalentes. A análise de mercado mostrou que é economicamente viável a implantação do sistema RFID na empresa estudada. Por fim, pode-se ressaltar que o retorno do investimento (ROI) mostrou que a cada R\$ 1,00 investido o projeto apresenta como perspectiva de retorno financeiro R\$1,40, considerado um retorno satisfatório. Diante desse contexto, a implantação do sistema gerará a empresa ganhos financeiros e operacionais.

**Palavras-chave:** Identificação por radiofrequência (RFID). Peças sobressalentes. Controle de estoque. Localização de materiais. Eficiente.

## ABSTRACT

Considering that the application of Radio Frequency Identification (RFID) technology acts in the location of products and enables efficient control of the entire supply chain, research is carried out on the impact of RFID technology on stock control and the reduction of cost of spare parts. The objective of the study is to analyze the impacts of implementing the system in a steel industry in the city of Belo Horizonte. To do so, it is necessary to understand how the process of locating and tracking spare parts is carried out, analyze the ideal materials, as well as the cost of implementing the system and analyze the impacts of the application. A case study is then carried out using qualitative research of an applied nature. In this work we sought to understand the problem and verify the discoveries in the field of RFID knowledge through exploratory and descriptive research. The data collection technique is done using primary data. Therefore, difficulties were identified in relation to locating spare materials. The market analysis showed that it is economically viable to implement the RFID system in the company studied. Finally, it can be highlighted that the return on investment (ROI) showed that for every R\$1.00 invested, the project presents the prospect of a financial return of R\$1.40, being considered a satisfactory return. Given this context, the implementation of the system will generate financial and operational gains for the company.

**Keywords:** Radio Frequency Identification (RFID). Spare parts. Inventory control. Location of materials. Efficient.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Funcionamento de um sistema RFID.....	19
Figura 2 - <i>Layout</i> de uma etiqueta RFID.....	20
Figura 3 - Antena da antena RFID.....	21
Figura 4 - Comunicação dos leitores com as <i>tags</i> .....	22
Figura 5 - Comunicação no sistema RFID.....	23
Figura 6 - Blocos e funções de um circuito integrado.....	24
Figura 7 - Ilustração do microcontrolador ESP32.....	26
Figura 8 - <i>Layout</i> dos pinos.....	27
Figura 9 - Representação das ondas do <i>clock</i> .....	28
Figura 10 - Diagrama da impressora RFID.....	29
Figura 11 - <i>Inlay</i> do RFID.....	30
Figura 12 - Integração de um ERP.....	31
Figura 13 - Diferença entre o RFID e os códigos de barras.....	32
Figura 14 – Fluxograma das etapas da pesquisa.....	38
Figura 15 – Depósitos do almoxarifado da unidade Barreiro.....	41
Figura 16 – Depósitos do almoxarifado da unidade Jeceaba.....	41
Figura 17 - <i>Tag</i> modelo SCC2302-005.....	44
Figura 18 - Antena modelo FA-312 US.....	45
Figura 19 - Módulo de interface ESP32-WROOM-32U.....	47
Figura 20 - Impressora RFID modelo ZT411.....	49
Figura 21 – Representação do sistema RFID.....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valor anual de aquisição de peças sobressalentes nos últimos três anos que constavam com entrada no depósito de <i>Split</i> .....	41
Quadro 2 – <i>Tags</i> candidatas.....	42
Quadro 3 – Antenas candidatas.....	43
Quadro 4 – Seleção do módulo de interface.....	45
Quadro 5 – Impressoras candidatas.....	47
Quadro 6 - Custo total para implantação do RFID.....	49
Quadro 7 – Recurso pessoal.....	50

## LISTA DE SIGLAS

Sigla 1 – RFID (*Radio Frequency Identification*)

Sigla 2 – RF (*radiofrequência*)

Sigla 3 - ESP32 (modelo *software* Espressif 32)

Sigla 4 - DPI (*dots per inch*)

Sigla 5 – PET (Tereftalato de polietileno)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO .....	16
1.2 OBJETIVO GERAL .....	17
1.2.1 <i>Objetivos Específicos</i> .....	17
1.3 ESTADO DA ARTE.....	17
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 CONCEITOS DO RFID .....	19
2.2 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DA TECNOLOGIA RFID .....	19
2.3 Etiquetas RFID .....	21
2.3.1 <i>Classificações quanto à forma de ativação</i> .....	21
2.4 Antenas de Detecção RFID.....	22
2.5 Leitor RFID.....	23
2.6 Circuito de processamento.....	25
2.7 Faixa de frequência de operação do sistema RFID.....	26
2.8 Módulo de interface <i>Software</i> ESP 32.....	27
2.9 Impressora RFID.....	30
2.10 COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE CONTROLE DE ESTOQUE.....	32
2.11 GESTÃO DE PEÇAS SOBRESSALENTES .....	34
2.12 VIABILIDADE FINANCEIRA .....	35
2.12.1 <i>Retorno sobre o Investimento (ROI)</i> .....	35
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
3.1 OBJETO DE ESTUDO .....	37
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	37
3.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....	38
3.4 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS .....	38
3.5 ETAPAS DA PESQUISA .....	39
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>41</b>
4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS NO PROCESSO DE LOCALIZAÇÃO E RASTREAMENTO DE PEÇAS SOBRESSALENTES .....	41
4.2 LOCAIS ONDE AS PEÇAS SOBRESSALENTES PODEM SER MOVIMENTADAS NA EMPRESA .....	42
4.3. ANÁLISE DOS MATERIAIS IDEAIS E O CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA RFID.....	44
4.3.1 <i>Seleção da Tag</i> .....	44

4.3.2 SELEÇÃO DA ANTENA COM LEITOR EMBUTIDO .....	45
4.3.3 MÓDULO DE INTERFACE.....	47
4.3.4 IMPRESSORA.....	49
4.4 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA RFID .....	51
4.5 <i>Recurso pessoal</i> .....	52
4.6 INDICADORES DE VIABILIDADE FINANCEIRA.....	53
4.7 IMPACTOS DA APLICAÇÃO DO SISTEMA RFID NA COMPANHIA .....	54
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>55</b>
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	56
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Manter produtos estocados é relevante para que as empresas possam atender seus clientes de forma imediata. Entretanto, o estoque excedente representa prejuízos financeiros e cria dificuldades logísticas. Diante disso, torna-se fundamental ter um controle eficiente e buscar o ponto de equilíbrio do estoque. Atualmente, isso representa um grande desafio para as empresas, uma vez que para atingir o ponto de equilíbrio é necessário alinhar a meta de venda, o giro e o *lead time* do produto. Ballou (2006) afirma que o custo de manutenção de estoques pode representar de 20 a 40% do seu valor por ano. Por isso, administrar cuidadosamente o nível dos estoques é economicamente sensato.

Como estratégia para o controle de estoque, a identificação por radiofrequência (RFID) tem por objetivo identificar de forma automática as informações acerca de um determinado objeto por meio de sinais de rádio. Segundo Santini (2008) o RFID é um sistema que transmite dados de um objeto qualquer, através de um meio não guiado, usando ondas de rádio. Para isso, é necessário que o objeto possua uma *tag* contendo suas informações e um leitor será capaz de identificar os dados do objeto.

Partindo da construção desse contexto, fundamentado na possibilidade de viabilizar o controle de estoque, rastreabilidade do produto e redução de custo com o RFID, o estudo busca responder o seguinte questionamento: **Como a tecnologia RFID pode impactar no controle de estoque e na redução de custo de peças sobressalentes?**

O presente estudo está estruturado em cinco seções. Esta primeira aborda o contexto geral do controle de estoque, bem como os objetivos, a relevância do assunto e o estado da arte do RFID. A segunda seção consiste no embasamento teórico e no funcionamento da tecnologia. A terceira seção aborda sobre a metodologia utilizada na construção do estudo. Em seguida serão apresentados os resultados e discussões com base na análise dos dados coletados e por último, serão abordadas as considerações finais.

## **1.1 Justificativa e Relevância do Trabalho**

Diante das dificuldades enfrentadas pelas organizações em manter os níveis de estoque adequado, confiável e localizar os itens de maneira rápida, ter um sistema convencional o qual a identificação do produto é realizada de forma manual, torna o processo demorado e com interferência de erros humanos.

No entanto, a aplicação do sistema RFID aperfeiçoa o controle de estoque de maneira automática e realiza a rastreabilidade do produto, bem como a facilidade de ter o controle eficiente de toda a cadeia de abastecimento. O estudo proposto é fundamental para empresas terem maior controle das informações, o que possibilita uma melhor utilização dos recursos disponíveis e redução de custo com a aquisição de novos itens. Através do histórico das informações, é possível identificar falhas no processo.

## 1.2 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo geral analisar os impactos e ganhos potenciais que a implantação do sistema de Identificação de Radiofrequência (RFID) pode agregar a uma indústria siderúrgica na cidade de Belo Horizonte.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

Etapas para alcançar o objetivo geral:

- Compreender como é realizado o processo de localização e rastreamento de peças sobressalentes;
- Analisar os materiais ideais e o custo para implantação do sistema;
- Estudar a tecnologia RFID.

## 1.3 Estado da Arte

Oliveira (2018) desenvolveu um protótipo inovador de um dispositivo que foi acoplado ao carrinho de supermercado. Esse dispositivo tem a capacidade de identificar e registrar os itens escolhidos pelo usuário, bem como calcular o valor total a ser pago. O dispositivo foi construído utilizando o microcontrolador *Raspberry Pi 3 Model B*, juntamente com o leitor *RC522*, *tags* RFID e um computador de mesa. Além disso, foi desenvolvido um banco de dados para armazenar as informações detalhadas acerca dos produtos. O sistema é complementado por uma aplicação *web* que permite acessar informações detalhadas sobre os produtos adicionados ao carrinho através de um smartphone ou *tablet*.

Batista e Oliveira (2021) desenvolveram um estudo sobre a análise de viabilidade para implantação do RFID na gestão de estoques em uma empresa de produtos eletrônicos. A empresa enfrentava dificuldades em localizar peças no armazém e atraso no tempo de separação.

O estudo propõe a utilização de portais RFID nas docas de recebimentos e expedições, com a finalidade de controlar entradas e saídas. Assim, à medida que os paletes entram no armazém, eles são contabilizados. Para a localização de produtos, foi proposta a aplicação de antenas nas hastes das empilhadeiras no sistema. Dessa forma, o processo de localização dos produtos torna-se, mais fácil e confiável.

Freitas, Silva e Branção (2019) em seu trabalho desenvolveram um sistema de controle de estoque e expedição utilizando RFID. Como resultado, a empresa obteve ganhos de confiabilidade e redução no tempo de entrega. No entanto, devido ao produto ser fabricado com matéria-prima metálica isso se tornou um fator limitante da pesquisa considerando que o material interfere no sinal das antenas RFID. Além disso, a angulação das antenas impacta diretamente a leitura das *tags*. Ao longo dos anos houve uma evolução notável nos modelos de *tags* RFID, possibilitando a aplicação em ambientes distintos. No entanto, para que o sistema seja eficiente é necessário realizar testes com o intuito de encontrar a melhor configuração dos equipamentos para o ambiente o qual será aplicada.

Em busca de novas maneiras de rastrear e localizar seus produtos que possuem alto valor agregado, a empresa estudada desenvolveu uma *tag* capaz de ser acoplada aos tubos usados na produção de petróleo e gás que atendessem as condições de pressão e ambientais. A finalidade era de acompanhar a vida útil do produto até a aplicação. Entretanto, devido ao alto custo para implantação e a inviabilidade para acoplar a *tag* ao tubo, a mesma não é utilizada.

A empresa desenvolveu novos estudos para implantação do sistema RFID em sondas de perfuração de poços de petróleo. No primeiro momento, verificaram se os materiais estavam disponíveis no mercado e em seguida, selecionaram os que melhores se adequavam a sua realidade. Esse estudo encontra-se na fase dois, na qual foram realizados testes para avaliar o desempenho de cada elemento do sistema e o custo financeiro.

O presente trabalho se destaca pela aplicação de *tags* em peças sobressalentes, utilizando o microcontrolador ESP32 para desenvolver a tecnologia. Um fator fundamental e decisivo é a criação de um sistema com baixo custo, ao mesmo tempo em que busca garantir um bom desempenho. Ao proporcionar um retorno do investimento satisfatório, esse trabalho é relevante como uma solução econômica e funcional para a gestão e rastreamento de peças sobressalentes, agregando valor e eficiência aos processos envolvidos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentados os autores que contribuíram com o entendimento do funcionamento da tecnologia de identificação por radiofrequência. Como embasamento na construção deste trabalho serão abordados aspectos sobre a conceituação do sistema RFID e o funcionamento, bem como conceitos sobre peças sobressalentes e sistemas para controle de estoque.

### 2.1 Conceitos do RFID

A tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification – Identificação por radiofrequência*) consiste na identificação e rastreamento automático de itens através de sinais de rádio. O sistema é capaz de recuperar e armazenar dados remotamente através de etiquetas ou *tags* RFID.

Neto (2008) define a RFID como uma tecnologia de identificação que utiliza a radiofrequência para o intercâmbio de dados, permitindo realizar remotamente o armazenamento e recuperação de informações usando um dispositivo chamado de etiqueta de rádio identificação, um pequeno objeto que poderá ser afixado a ou incorporado em um produto, bem ou até em um ser vivo.

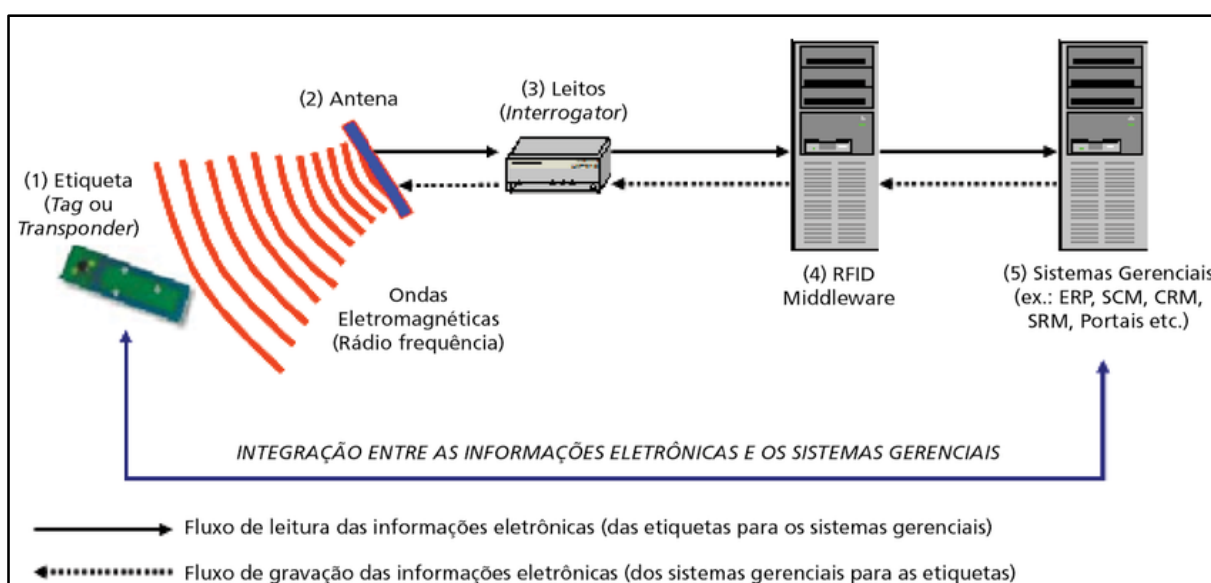
O RFID vem ampliando o seu campo de aplicação como a nova geração de sistemas de identificação, pois substituem os códigos de barras, cartões de crédito com leitura magnética, crachás de identificação, entre outros. Dentre as inúmeras vantagens do RFID destaca-se o menor tempo para identificação, menor ocorrência das falhas e maior controle na segurança e no fluxo das informações (OLIVEIRA; PEREIRA, 2006).

### 2.2 Princípios de funcionamento da tecnologia RFID

A tecnologia RFID utiliza etiquetas que contém um microchip (o transponder) e uma antena; o microchip guarda os dados do item a ser identificado, permitindo que, uma vez fixadas a um objeto, possam ser ativadas ao passarem por um campo de ativação eletromagnética enviando seus dados para um leitor RFID (VIERA; VIERA; VIERA, 2007).

O princípio de funcionamento da identificação por radiofrequência é a radiação eletromagnética. Ela pode ser definida como uma forma de transferência de energia através de um meio em que os campos elétricos ou magnéticos irradiam na forma de ondas. Segundo a teoria das ondas, a radiação eletromagnética se comporta de maneira previsível. A radiação eletromagnética é composta por um campo elétrico e um campo magnético, o campo elétrico altera sua dimensão, sendo orientado perpendicularmente à direção de propagação da radiação.

Figura 1 - Funcionamento de um sistema RFID



Fonte: Pedroso; Zwicker e Souza, 2009.

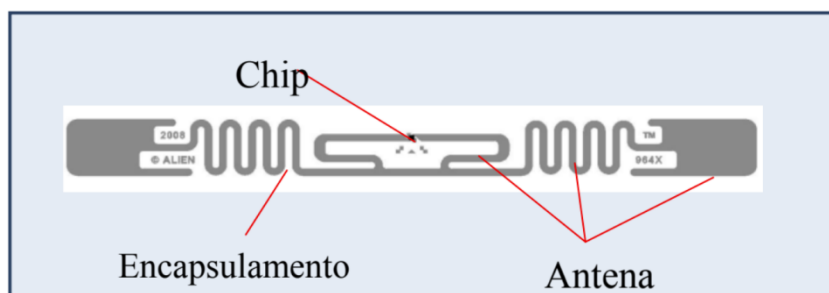
A Figura 1 apresenta o funcionamento do sistema RFID, na qual um dispositivo de leitura, por meio de uma antena, emite um campo eletromagnético em busca de etiquetas a serem identificadas. Quando as etiquetas recebem a energia do campo, elas respondem ao dispositivo de leitura com o conteúdo armazenado em sua memória. Os dados da etiqueta são encaminhados para o computador, onde é realizado o processamento de acordo com a aplicação em questão.

Existem diversos modelos e aplicabilidades para a RFID, diante disso é importante destacar que a implementação depende da necessidade da aplicação, custo, velocidade e alcance da leitura. Outro fator importante é a seleção da frequência de operação utilizada entre a antena e o leitor que impacta diretamente na velocidade de leitura. Além disso, as condições ambientais ao qual a tecnologia será exposta auxiliam a programar um sistema adequado à necessidade dos usuários.

## 2.3 Etiquetas RFID

As etiquetas são dispositivos eletrônicos que contêm um código que pode ser lido por um leitor remoto. A leitura ocorre quando um leitor específico envia ondas de radiofrequência à etiqueta, que repassa seus dados armazenados de volta ao leitor (PIZZETTI, 2007). As etiquetas, também são conhecidas como transponder ou *tag*, possuem um identificador que é vinculado ao item que será identificado. Essas etiquetas contêm um microchip capaz de ser identificado por ondas de radiofrequência. Os microchips podem incluir informações como: serial de produto, data validade, lote, nome do produto, nome da empresa, entre outros.

Figura 2 - *Layout* de uma etiqueta RFID



Fonte: Wanderley; Holanda e Oliveira, 2014.

As etiquetas RFID possuem pequenos microchips semicondutores e uma pequena antena no seu interior, é identificada de maneira única e podem ser usadas de várias formas, em objetos, em seres humanos para serem rastreados e entre outros (WANDERLEY; HOLANDA; OLIVEIRA, 2014).

### 2.3.1 Classificações quanto à forma de ativação

De acordo com Viera, Viera e Viera (2007), as *tags* podem ser classificadas em dois tipos principais. As etiquetas passivas que não possuem fonte de energia própria. Pois assim, precisam entrar num campo eletromagnético gerado por uma antena leitora para serem ativadas e transmitirem ou gravarem informações. Enquanto as etiquetas ativas possuem uma bateria interna que oferece maior alcance, porém possuem um custo elevado.

Outra forma de classificação é de acordo com o modo de aplicação. As etiquetas que podem ser fixadas em superfície metálica, as que não podem e as híbridas, alterando apenas a maneira como a etiqueta lida com a interferência. Para Marcon (2023) as etiquetas

metálicas são projetadas com uma camada isolante, protegendo a antena de interferência de sinais metálicos. A radiação do sinal de rádio da antena é direcionada para evitar a interferências de sinais metálicos.

## 2.4 Antenas de Detecção RFID

Em um sistema RFID, a antena atua como um radar, que emite ondas de rádio frequência e as capta formando pequenos pacotes de dados, com base nas informações contidas nas *Tags*. Elas podem ser instaladas em postes, piso, portais veículos, entre outras possibilidades. Os dados captados pelas antenas são enviados diretamente ao módulo, que tem o papel de estabelecer a interface de comunicação (VIAONDA, 2023). A Figura 3 representa a imagem de uma antena RFID.

Figura 3 - Antena da antena RFID



Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Tapia *et al.* (2007) afirmaram que as antenas compõem a camada física dessa tecnologia e são usados para transferir informações entre leitores e *tags*. O design das antenas afetam, em grande parte, o desempenho e o comportamento de um sistema RFID.

A polaridade de uma antena pode ter um impacto significativo no alcance de leitura de um sistema RFID, pois se trata da direção em que as ondas eletromagnéticas são irradiadas. Pode ser linear ou circular. Uma antena linear irradia ondas eletromagnéticas em

uma direção, enquanto uma antena circular irradia ondas eletromagnéticas em todas as direções. Caso, não haja o alinhamento com a polaridade da etiqueta RFID, o alcance de leitura será severamente reduzido (STORE, 2022).

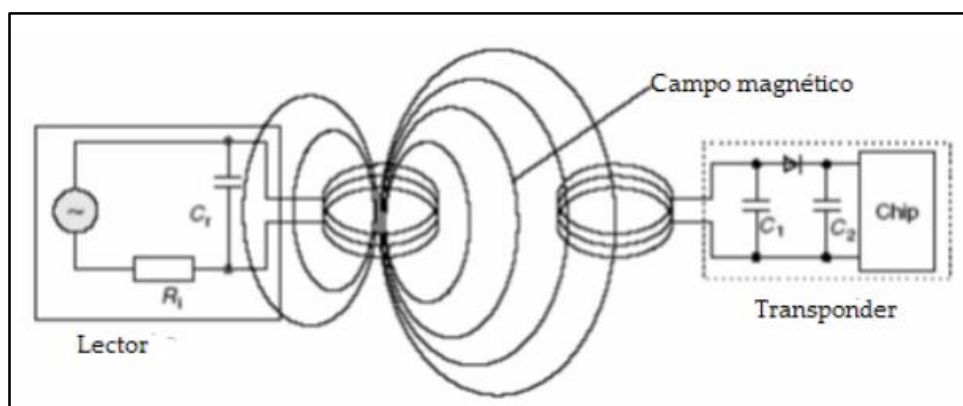
Para Yan *et al.* (2019), é comum usar antena de leitura polarizada circularmente para evitar problemas de orientação de *tags* linearmente polarizadas com perda de 3dB devido à incompatibilidade de polarização, o que reduz o alcance de leitura de *tags* RFID.

## 2.5 Leitor RFID

O leitor do sistema RFID, tem como função comunicar com as etiquetas, através da antena e transmitir as informações contidas nos microchips para um *software*. O campo eletromagnético emitido pela antena energiza a etiqueta, dispositivo que recebe um sinal com uma determinada frequência, podendo esse sinal possuir uma frequência diferente da recebida – permitindo a comunicação com o dispositivo leitor, que repassará os dados do produto para um *software* (QUEIROZ; ARAUJO; HORTA, 2014).

Segundo Tapia *et al.* (2007) os leitores transmitem continuamente pulsos de energia por meio de ondas de rádio, que são recebidas pelas etiquetas. As *tags* detectam energia e retornam um sinal de resposta, que é captado pelo leitor. O sinal de resposta contém as informações armazenadas no chip do *tag*, geralmente um número de série. A Figura 4 representa a comunicação entre o leitor e uma *tag* RFID.

Figura 4 - Comunicação dos leitores com as *tags*

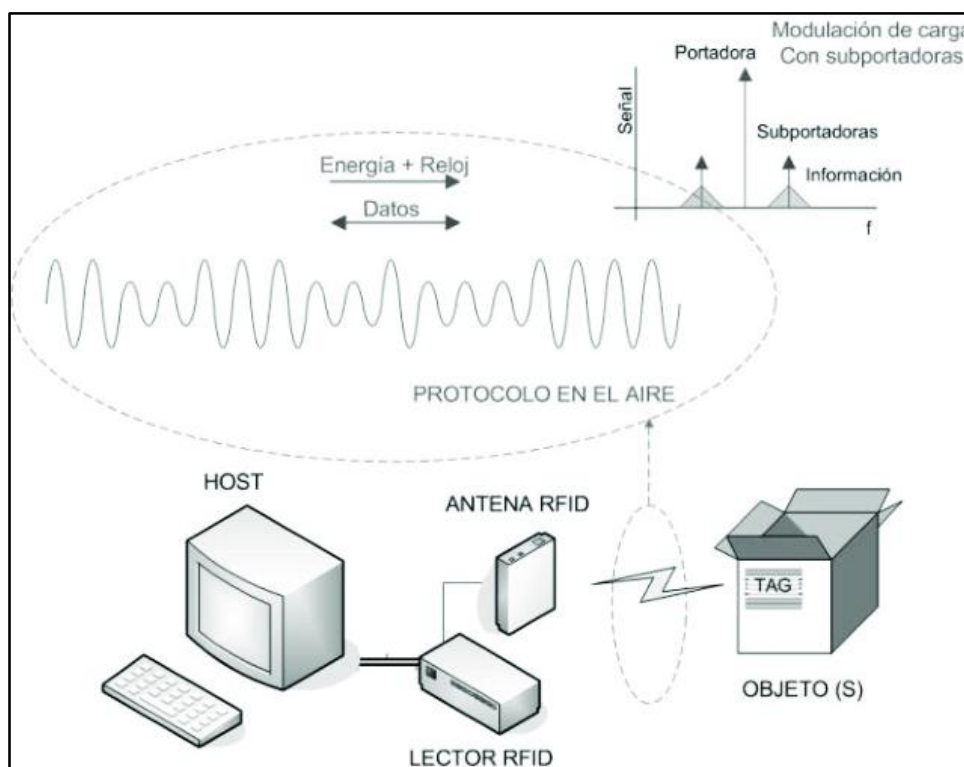


Fonte: Santos, 2023.

Os leitores RFID são compostos por uma antena e um módulo eletrônico. A antena é usada para comunicação sem fio com *tags* RFID. O leitor é mais frequentemente

conectado em rede ao computador *host* por meio de cabos e retransmite mensagens entre o computador *host* e todas as *tags* dentro do alcance de leitura da antena. A Figura 5 mostra como ocorre a comunicação no sistema RFID.

Figura 5 - Comunicação no sistema RFID



Fonte: Guerrero, Martínez e Aranda, 2015.

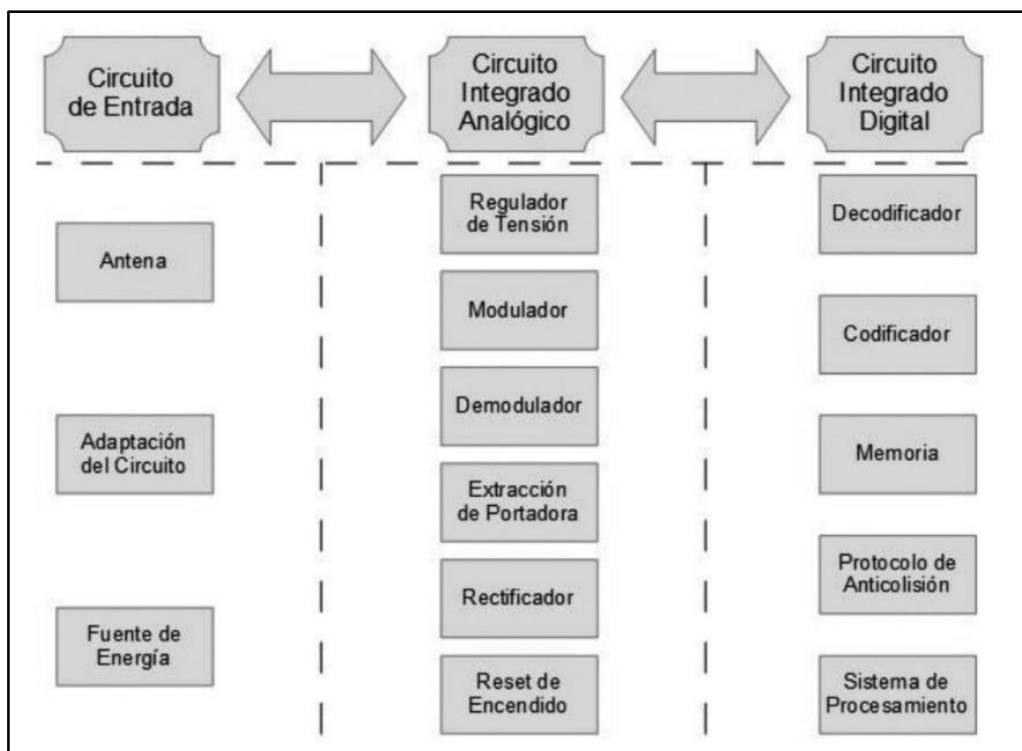
Os leitores podem ser encontrados em três classes, como: Leitores RFID integrados, leitores RFID fixos e leitores RFID portáteis. Um leitor RFID integrado é um leitor que possui em seu interior uma antena. Geralmente esse tipo de leitor apresenta uma porta reservada para o caso de uma instalação de uma antena extra. É uma solução de baixo custo adequada para sistemas que exigem no máximo duas antenas.

Enquanto um leitor RFID fixo é instalado em uma local estratégico em que as condições de leitura dos *tags* são favoráveis para a comunicação do sistema RFID. Esse tipo de design de leitor é próprio para ambientes que exigem uma cobertura de sinal mais ampla, oferecendo flexibilidade em termos de organização das antenas, permitindo a adição de múltiplas e diferentes modalidades de antenas (SENNA; SOARES, 2017).

## 2.6 Circuito de processamento

O circuito de processamento de um leitor RFID é responsável por receber e processar os sinais de radiofrequência (RF) emitidos pelas *tags* RFID. Cerro *et al.* (2018) afirma que esse subsistema é encarregado de todas as tarefas relacionadas com a leitura das informações, interpretação e geração de uma resposta correspondente. A Figura 6 apresenta os blocos e funções de um circuito integrado.

Figura 6 - Blocos e funções de um circuito integrado



Fonte: Guerrero, Martínez e Aranda, 2015.

O circuito é composto por uma série de componentes eletrônicos, Cerro *et al.* (2018) os descreve como:

- a) Antena e adaptação de circuito: são elementos essenciais para a sintonia do circuito na frequência de trabalho e para a quantidade de energia que pode ser absorvida pelo chip;
- b) Fonte de energia: libera a energia do portador para que este funcione. Não se utiliza em portadores RFID passivos;

- c) Regulador de tensão: mantém o fornecimento de energia em um determinado nível. De esta maneira previne mau funcionamento e possíveis excitações que podem danificar o chip;
- d) Modulador: é o último passo na transmissão antes de ser enviada a mensagem através da antena;
- e) Demodulador: é o primeiro passo na recepção após ser captado pela antena;
- f) Extração da portadora: é quem gera o sinal de *clock* para o funcionamento do chip através da frequência da portadora recebida;
- g) Retificador: transforma a corrente alternada em corrente contínua;
- h) *Reset* de encendido: gera um sinal para o reinício do circuito digital no instante em que este está energizado;
- i) Decodificador: é quem interpreta o sinal que foi demodulado para que possa ser processado subsequentemente;
- j) Codificador: prepara a informação que vai ser transmitida para que possa ser compreendida pelo leitor RFID. Memória: armazena informações sobre instruções válidas, identificador numérico e outros dados que são relevantes para a correta operação;
- k) Protocolo anticolisão: execute as tarefas correspondentes a uma leitura correta quando vários dispositivos estão presentes no mesmo intervalo de leitura.

## 2.7 Faixa de frequência de operação do sistema RFID

O sistema RFID funciona através de ondas eletromagnéticas, por isso a frequência de operação é um parâmetro relevante, que determina as características como alcance de leitura e o tipo de *tag* e leitor. Junior (2010) mostra na Tabela 1 a faixa de frequência usada no sistema RFID.

Tabela 1 - Frequência utilizada no sistema RFID

<b>Banda</b>	<b>LF Baixas Frequências</b>	<b>HF Altas Frequências</b>	<b>UHF Ultra Altas Frequências</b>	<b>Microondas</b>
Frequências	30-300khz	3-30mhz	300M-3GHz	2-30ghz
Frequências típicas para RFID	125-134khz	13.56MHz	433MHz ou 865-956mhz 2,45GHz	2.45GHz
Distância de leitura média	de 0.5m	Até 1,5m	433mhz, até 100 m	Até 10 m

Taxa de transmissão típica	Abaixo de 1kbps	25kbps	433-956M, 30kbps 2,45G,100kbps	Até 100kbps
Usos Típicos	Identificação de animais, carro	Rótulos inteligentes, cartões de viagem sem contato, acessos e segurança	Logística de rastreamento	Veículos em movimento

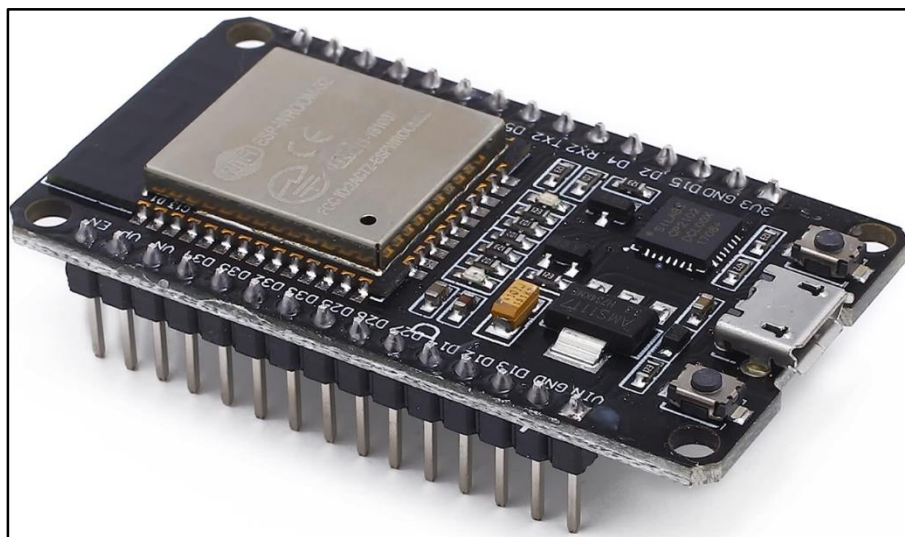
Fonte: Júnior, 2010.

## 2.8 Módulo de interface Software ESP 32

O ESP 32 é um tipo de microcontrolador, o qual é programável e incorpora uma unidade central de processamento (CPU), memória e periféricos de entrada e saída em um único chip.

Segundo Cardoso (2020) os microcontroladores contêm núcleo integrado que possui um núcleo de processador, bem como, memórias voláteis e não voláteis e diversos periféricos de entrada e de saída de dados. Isto é, trata-se de um computador pequeno que realiza determinadas tarefas de maneira eficaz e sob um tamanho altamente compacto. Ele é projetado para controlar funções específicas em sistemas eletrônicos e utilizado em uma variedade de aplicações, como automação industrial, eletrônica de consumo, automóveis, dispositivos médicos e muitos outros.

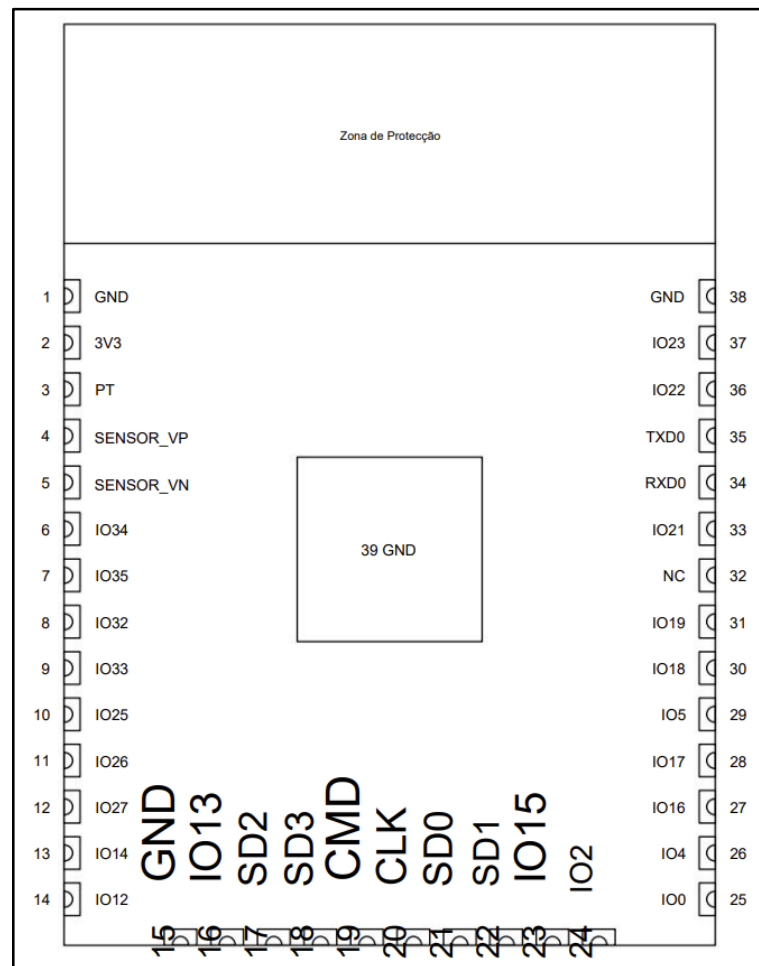
Figura 7 - Ilustração do microcontrolado ESP32



Fonte: dados da pesquisa, 2023.

A empresa responsável pela fabricação do ESP 32 é a Espressif Systems que possui alto desempenho, baixo consumo de energia, conexão *Wireless Fidelity* (WI-FI) e *Bluetooth*. Aliado a isso, o CPU é *Dual-Core 32-bit LX6*, a memória *flash* externo possui 4MB, com capacidade de 448 KBytes de memória ROM e 520 de memória RAM. A velocidade do *Clock* pode ser ajustável entre 80 e 240 MHz, 38 portas usadas para entrada analógica e digital. A tensão de operação pode variar entre 4,5 e 9V (SYSTEMS, 2019). A seguir, a Figura 8 ilustra o *layout* e a especificação de cada pino.

Figura 8 - Layout dos pinos



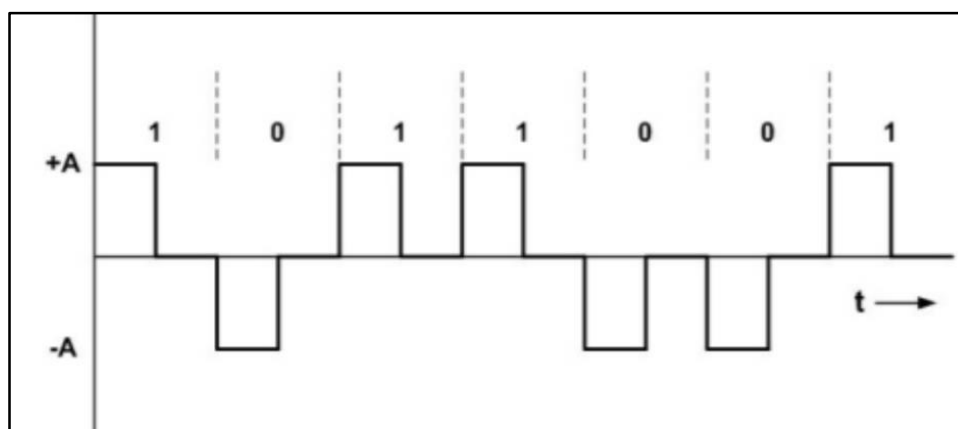
Fonte: Systems, 2019.

Ao escolher um microcontrolador para um projeto, é importante considerar alguns fatores. Isso inclui o processador, a velocidade do *clock*, tamanho da memória, e o número de entradas/saídas. Aguayo (2004) define que a unidade central de processamento (CPU) é responsável por endereçar a memória de instruções, receber o código OP da instrução em

execução, realizar a decodificação, executar a operação correspondente, procurar os operandos necessários e armazenar o resultado final.

O *clock* se trata de um circuito oscilador que gera uma onda quadrada de alta frequência a Figura 9 representa o *clock*. Essa onda é utilizada pelo núcleo e periféricos para o seu funcionamento. Para Nerys (2018) à medida que a frequência do *clock* aumenta, maior será a velocidade de processamento das instruções que serão executadas. No entanto, isso implica em um aumento do consumo de energia e calor gerado afirma Aguayo (2004). Assim, ao avaliar essas características garante que o microcontrolador seja capaz de executar as necessidades do projeto.

Figura 9 - Representação das ondas do *clock*



Fonte: Sarac, Absi e Dauzère-Pérés, 2010.

Segundo Oliveira (2023) outra característica fundamental é a quantidade de *General Purpose Input/Output* (GPIO) que são as portas programáveis de entrada ou saída de dados digitais binários 0 ou 1. O 0 (zero) lógico é fisicamente representado como 0V no pino do microcontrolador e o 1 (um) lógico é representado como 5V ou 3.3V nos microcontroladores. Para avaliar esses e outros periféricos é importante definir quais são os requisitos específicos do projeto.

Conforme mencionado por Nerys (2018), a memória de armazenamento do microcontrolador desempenha um papel crucial no método de armazenamento do programa (código). A memória RAM permite a leitura e gravação de dados, possibilitando o armazenamento temporário de informações durante a execução do programa. Por outro lado, a memória ROM (*Read Only Memory*) permite apenas a leitura e não pode ser alterada após a gravação feita pelo fabricante. Quanto à memória Flash, ela pode ser modificada eletricamente, permitindo que seja reprogramada várias vezes. Isso possibilita que o código

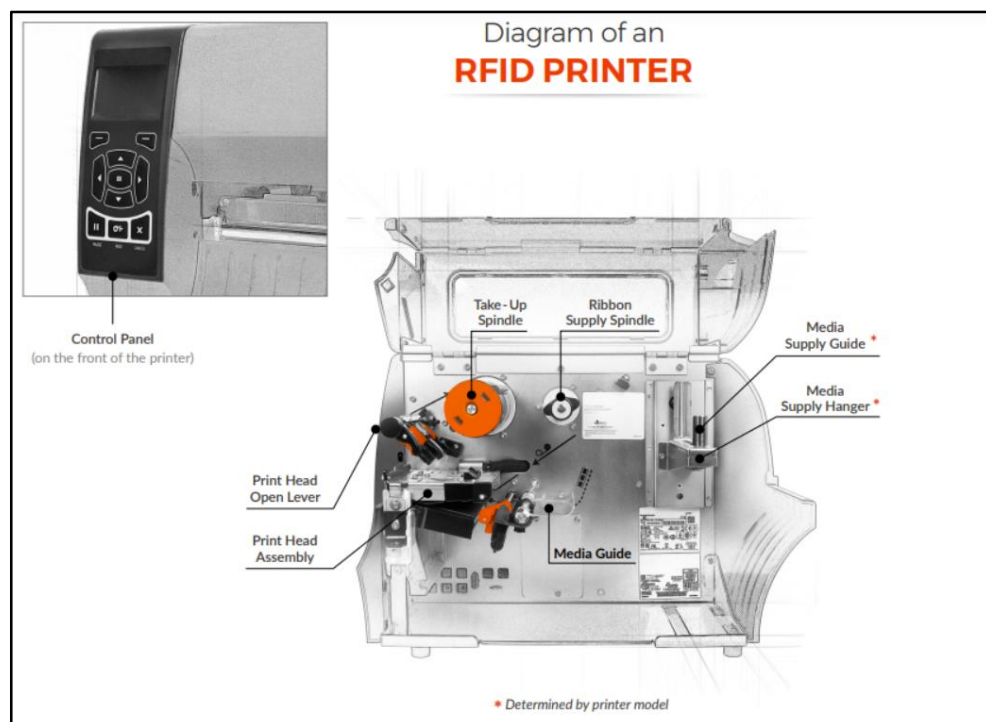
seja alterado e atualizado conforme necessário. Aguayo (2004) afirma que as memórias EEPROM e FLASH são muito úteis, pois permitem que os microcontroladores que as incorporam sejam reprogramados em circuito, ou seja, sem a necessidade de retirar o circuito integrado da placa.

O protocolo de comunicação do microcontrolador com outros dispositivos é crucial para evitar incompatibilidades. É por meio dessa comunicação que o microcontrolador pode trocar informações e comandos com outros componentes do sistema. A escolha das interfaces de comunicação apropriadas garante uma integração eficiente entre o microcontrolador e os dispositivos externos.

## 2.9 Impressora RFID

Para Borges (2022) as impressoras RFID são definidas como os dispositivos que fazem a impressão das etiquetas com identificação por rádio frequência. As impressoras convencionais utilizam uma cabeça RFID para fazer a impressão através de transferência térmica. A impressora RFID é responsável por codificar dados em etiquetas RFID, podendo ser o número de identificação do item, data de fabricação ou outras informações. A Figura 10 representa o diagrama da impressora RFID.

Figura 10 - Diagrama da impressora RFID



Fontes: Store, 2022.

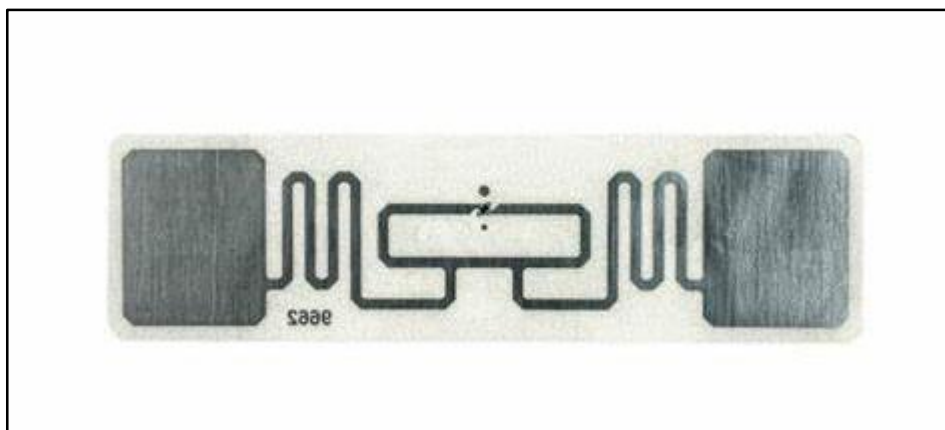
A Figura 10 mostra o painel de controle representado por *Control Panel* localizado na frente da impressora. Enquanto no diagrama apresenta os elementos para o funcionamento da impressora como: *Print Head Assembly* que o conjunto de cabeça de impressão, *Print Head Open Lever* mostra a alavanca de abertura de cabeça de impressão. O *Take-Up Spindle* refere-se ao eixo e o *Ribbon Supply Spindle* é o eixo de suprimento da fita. Já o *Media Supply Guide* trata-se do guia de suprimento de mídia e o *Media Supply Hanger* e o Suporte de Suprimento de Mídia.

Ao projetar um sistema RFID existem características da impressora RFID que são importantes e devem ser analisadas como: interface de dados, resolução de impressão (DPI), dimensão de impressão e o código suportado. Ao considerar esses aspectos tornar-se mais assertivo selecionar uma impressora RFID que seja adequada para um sistema específico, garantindo a comunicação e funcionalidade.

A interface de dados e o modo como a impressora se comunica com outros dispositivos sendo por meio de USB, Wi-Fi, RS-232, Ethernet e Bluetooth, permitindo que um ou mais computadores possam ter acesso a impressora. A resolução de impressão RFID refere-se à qualidade da imagem que será impressa que é medida em DPI (*dots per inch*). Obter alta qualidade de resolução pode ser relevante dependendo do sistema que está sendo implantado. Enquanto a velocidade de impressão é a capacidade de imprimir um número de *tags* em determinado período de tempo. Um exemplo disso são as impressoras industriais que são capazes de imprimir 10.000 *tags* por dia. Os códigos suportados por uma impressora RFID são os formatos de dados que ela pode codificar (STORE, 2022).

As impressoras que imprimem *tags* RFID utilizam mídia que contém um *inlay* RFID (chip e antena de alumínio, cobre ou prata ligada a uma camada de tereftalato de polietileno (PET)) embutido no material da etiqueta. A Figura 11 apresenta o *inlay* de uma *tag* RFID.

Figura 11 - Inlay do RFID



Fonte: Sarac, Absi e Daut re-P r s, 2010.

No processo de converter o *inlay* em *tag* RFID, o encarte   enviado ao fabricante da etiqueta sem adesivo (“seco”) ou preso a um forro sensível   pressão (“molhado”). Os processos de “etiqueta convertida” incorporam o *inlay* RFID em uma etiqueta de papel autoadesiva. Uma vez que o *inlay* está acoplado a *tag*, um codificador RFID dentro da impressora grava dados pré-determinados na etiqueta RFID usando transmissão de radiofrequência (RF). Em seguida, a impressora imprime códigos de barras, texto e gráficos usando o processo de impressão térmica padrão (TECNOLOGIES, 2013).

Para Senna e Soares (2017) os *inlays* apresentam baixo custo por *tag* e são classificadas de acordo com o material, funcionalidade e em qual tipo de material será anexado. Podem ser encontradas em 18 formas de papel adesivo ou material laminado. São vendidos em grandes quantidades e em formatos de rolo.

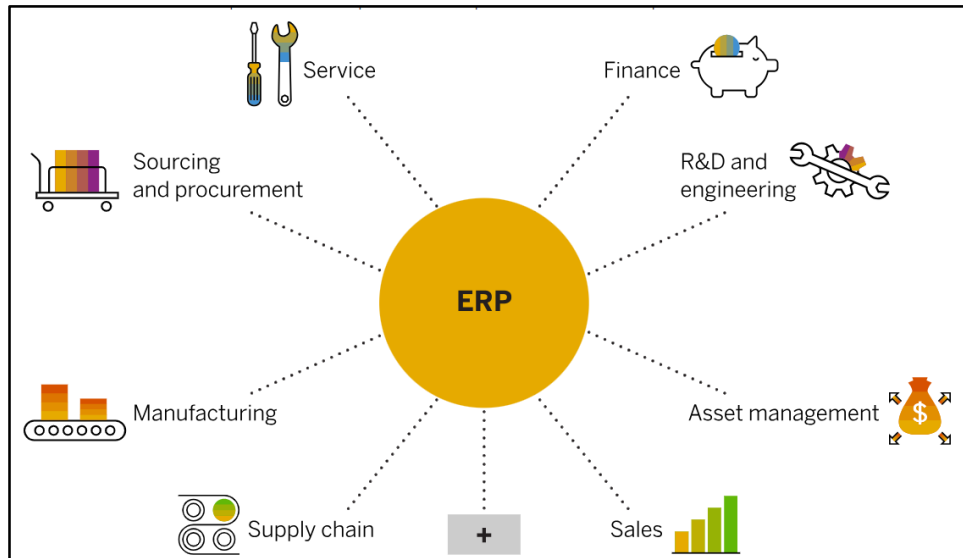
## 2.10 Compara o entre métodos de controle de estoque

O sistema *Warehouse Management Systems* (WMS) consiste em um sistema de gerenciamento de armazém que auxilia o controle de estoque. Os WMS podem recorrer a códigos de barras para identificar as mercadorias e fiscalizar a entrada e saída dessas mesmas mercadorias do estoque, controlando informa es como prazo de validade, número do lote e outras informa es diversas (COBLI, 2020).

O sistema WMS pode ser integrado a um recurso empresarial ERP resultando em um compilado de informa es. Em seu nível mais básico, o ERP ajuda a gerenciar eficientemente todos esses processos em um sistema integrado. Ele costuma ser chamado de

sistema de registro da organização (SAP). A Figura 12 representa a integração de um ERP com diversas áreas de uma empresa.

Figura 12 - Integração de um ERP



Fonte: SAP, 2023.

Enquanto o SAP ERP - Planejamento de Recursos Empresariais – trata-se de um *software* que é utilizado para integrar as funções dos principais processos de negócios de uma organização em um sistema unificado (SAP).

Outra forma de identificar os materiais em estoque e por meio da utilização do código de barras. Um código de barras tradicional consiste em uma sequência de barras impressas em uma embalagem que, quando escaneadas com um *scanner a laser*, fornecem informações cruciais a respeito do produto (GS1 BR, 2023).

Ahuja e Potti (2010) afirmam que o RFID substitui a tecnologia de código de barras e tem a grande vantagem de ser independente dos problemas de linha de visão e escanear os objetos à distância. Ele oferece a promessa de níveis reduzidos de mão de obra, visibilidade aprimorada e gerenciamento de estoque aprimorado. A Figura 13 mostra a diferença entre o sistema RFID e os códigos de barras.

Figura 13 - Diferença entre o RFID e os códigos de barras

<b>Tecnologia RFID vs. Código de Barras</b>	
<b>RFID</b>	<b>Código de Barras</b>
A leitura das etiquetas RFID pode ser feita mesmo que se encontrem dentro de diversos materiais (papel, madeira, plásticos, entre outros)	Para a leitura, as etiquetas com código de barras devem estar expostas sem nenhum obstáculo entre elas e o leitor.
Permite a leitura simultânea de diversas etiquetas RFID. (leitura simultânea de vários itens)	Leitura seqüencial das etiquetas. (item por item)
Não necessita que as etiquetas estejam numa posição específica em relação ao leitor RFID (precisa simplesmente que esteja no campo de ação da antena de detecção)	Requer alinhamento das etiquetas ao campo de visão do leitor de código de barras.
Transmissão de dados por rádio frequência.	Não se aplica
Permite inserir ou alterar os dados que foram salvos na etiqueta (etiquetas RFID com capacidade de leitura/escrita)	Não se aplica
Etiquetas resistentes a diversos agentes ambientais (atrito, poeira, luz, umidade e temperatura)	As etiquetas não podem ser lidas se molhadas, rasuradas ou se possuem depósito de poeira sobre elas.
As etiquetas RFID podem ter um bit de segurança que permite identificar objetos que estão sendo furtados.	Precisa a implementação de um sistema antifurto.
Maior alcance de leitura das etiquetas	Menor alcance de leitura das etiquetas
Menor uso do tempo e de quantidade de recursos humanos.	Maior uso do tempo e de quantidade de recursos humanos.
Permite a leitura das etiquetas RFID em movimento	Não se aplica
Permite realizar inventario sem mover os objetos de sua posição.	Não se aplica
Permite rápida localização de materiais extraviados.	Não se aplica
Utilizável com equipamentos automatizados de classificação.	Não se aplica

Fonte: Viera, Viera e Viera, 2007.

Apesar de ser necessário um investimento maior para estruturar o sistema RFID, ele oferece muitos benefícios que os códigos de barras não podem oferecer. No entanto, antes de realizar o investimento é importante avaliar a necessidade do projeto.

## 2.11 Gestão de peças sobressalentes

Branco Filho (2004) define o termo sobressalente como uma peça, componente ou conjunto que está susceptível a substituição e que deverá estar disponível em um almoxarifado para uso imediato, quando necessário. As peças sobressalentes também são conhecidas como *Spare Parts*, ela contribui com a manutenção do processo de uma indústria. Esses componentes são armazenados no estoque, visto que tê-los diminui o tempo de parada do equipamento e aumenta a capacidade de suporte e manutenção.

Segundo Sondalini (2017) uma peça de sobressalente crítica é um componente ou conjunto mantido em estoque baseado na justificativa de que tê-lo reduz muito as

consequências operacionais e o risco. Essas justificativas são pautadas em uma análise de criticidade de cada item, considerando que cada componente possui características e ambiente de aplicações diferentes. É importante ressaltar que as peças sobressalentes crítica podem afetar a empresa de forma negativa, uma vez que a quebra ou a falta desse item resulta em inatividade excessiva da linha de produção e impacta financeiramente.

A gestão de peças sobressalentes é fundamental para reduzir o número de quebras e tempo de paradas do equipamento. Quando ocorrem quebras ou falhas o processo de produção é interrompido. Assim, é necessário realizar a manutenção corretiva e o sistema de produção tornando-se dependente do tempo de reparo ou da disponibilidade do equipamento no estoque. Para Bounou (2020) a manutenção corretiva possui um custo elevado, falta das peças de reposição e provoca uma extensão do tempo de parada do equipamento. Por outro lado, o estoque excessivo de peças sobressalentes resulta em enorme capital parado e custo de propriedade.

## **2.12 Viabilidade Financeira**

Ao analisar a viabilidade financeira de um projeto existem diversos indicadores os quais podem ser utilizados. Para esse estudo analisou-se o retorno financeiro sobre o investimento (ROI).

### **2.12.1 Retorno sobre o Investimento (ROI)**

A avaliação de um investimento estabelece parâmetros de viabilidade, com o objetivo de proporcionar o retorno adequado aos proprietários desse capital, permitindo avaliar alternativas (SOARES, 2006). O Retorno sobre o Investimento (ROI) é um dos indicadores de rentabilidade que indica quanto a empresa obteve de retorno sobre o investimento realizado. A fórmula abaixo representa o cálculo do ROI:

$$ROI = \left( \frac{\text{Receita líquida} - \text{Investimento inicial}}{\text{Investimento inicial}} \right) * 100$$

A receita refere-se ao lucro que o projeto está retornando, ou seja, o lucro obtido após as deduções com impostos e outros custos. O investimento inicial trata-se do valor investido para a construção do projeto.

Dinis (2015) afirma que o de rentabilidade do ativo é uma medida de retorno de todo o capital investido. O custo do capital provido de terceiros refere-se ao custo de adquirir esse recurso emprestado. À medida que o custo de capital próprio está relacionado ao ganho que a empresa e os sócios possuem. Assim, o índice de rentabilidade do ativo pode ser considerado uma medida de retorno global de determinada empresa e deve ser comparada com o custo total do capital investido.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado a metodologia utilizada no trabalho e o método de coleta de dados. A primeira etapa aborda o objeto de estudo, a segunda etapa busca caracterizar a pesquisa, em seguida e contemplado os instrumentos de coleta de dados. Por fim, serão abordadas as fases de construção da pesquisa.

#### 3.1 Objeto de estudo

A empresa estudada fabrica tubos e componentes estruturais para o mercado automotivo, industrial, construção civil e infraestrutura. Além disso, atua no setor petrolífero e oferece serviços *onshore* e *offshore*. A companhia, fundada na França em 1952, possui operações em 20 países e emprega aproximadamente 17 mil funcionários. No Brasil há oito unidades que são responsáveis pela produção de carvão vegetal, produção de tubos estirados a frio de aço e serviços para indústrias, para o setor de óleo e gás, bem como serviços de revestimento anticorrosivo. O estudo de caso foi desenvolvido no segundo semestre de 2022 e primeiro semestre de 2023, na unidade industrial localizada em Belo Horizonte em Minas Gerais, a qual é focada em produzir tubos de aço sem costura.

#### 3.2 Caracterização da pesquisa

Para Oliveira M. (2011) as escolhas metodológicas podem ser classificadas em relação ao objetivo da pesquisa, à natureza da pesquisa, e à escolha do objeto de estudo. Essa classificação pode ser subdividida em:

Objetivo da pesquisa: Descritiva, exploratória, explicativa e exploratório-descritiva.

Natureza da pesquisa: Qualitativa, quantitativa e qualitativo-quantitativa.

Escolha do objeto de estudo: Estudo de caso único, estudo de casos múltiplos, amostragens não probabilísticas, amostragens probabilísticas e estudo censitário.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória e descritiva. Lakatos e Marconi (2010) afirmam que a pesquisa exploratória tem como finalidade aumentar

a familiaridade do pesquisador com o tema de pesquisa. Segundo Ribeiro e Cruz (2004) a pesquisa descritiva analisa e interpreta as características de uma determinada população.

No que se refere à natureza da pesquisa, trata-se de uma abordagem qualitativa. Oliveira M. (2008) *apud* Gil (1999) afirma que a pesquisa qualitativa permite uma investigação aprofundada do fenômeno em estudo, visto que valoriza o contato direto com a situação e busca identificar padrões e tendências comuns.

A classificação da pesquisa em relação à escolha do objeto de estudo, consiste em um estudo de caso. Segundo Severino (2008) o estudo de caso investiga um fenômeno particular, isto é, um único caso que pode ser representado por casos análogos.

Utilizou-se a pesquisa bibliográfica como fonte de informações acerca do tema da pesquisa. Para Lakatos e Marconi (2010) a finalidade da pesquisa bibliográfica é reunir dados que já foram publicados e permitir que o pesquisador acesse diretamente o que foi escrito sobre o tema.

### **3.3 Instrumento de coleta de dados**

A técnica de coleta de dados foi realizada através de dados primários a partir de entrevistas semiestruturada com o intuito de identificar o problema. O questionário foi composto por questões abertas relacionadas à gestão das peças sobressalentes desde a solicitação pela área produtiva até o momento que ocorre a quebra. Os colaboradores foram selecionados a partir do seu envolvimento em projetos e estudos relacionados ao RFID na companhia ou pelo conhecimento referente à gestão de peças sobressalentes. A fim de obter perspectivas diferentes, foram entrevistados quatro colaboradores, pois três do setor de *Supply Chain* e 1 do setor de petróleo e gás.

Para extrair relatórios sobre as peças sobressalentes de alto valor agregado e o número de armazéns da empresa utilizou-se o programa de Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados (SAP). Após a obtenção dos relatórios, as informações foram tratadas no programa *Excel* resultando a quantidade de peças sobressalente e o valor monetário.

### **3.4 Método de análise de dados**

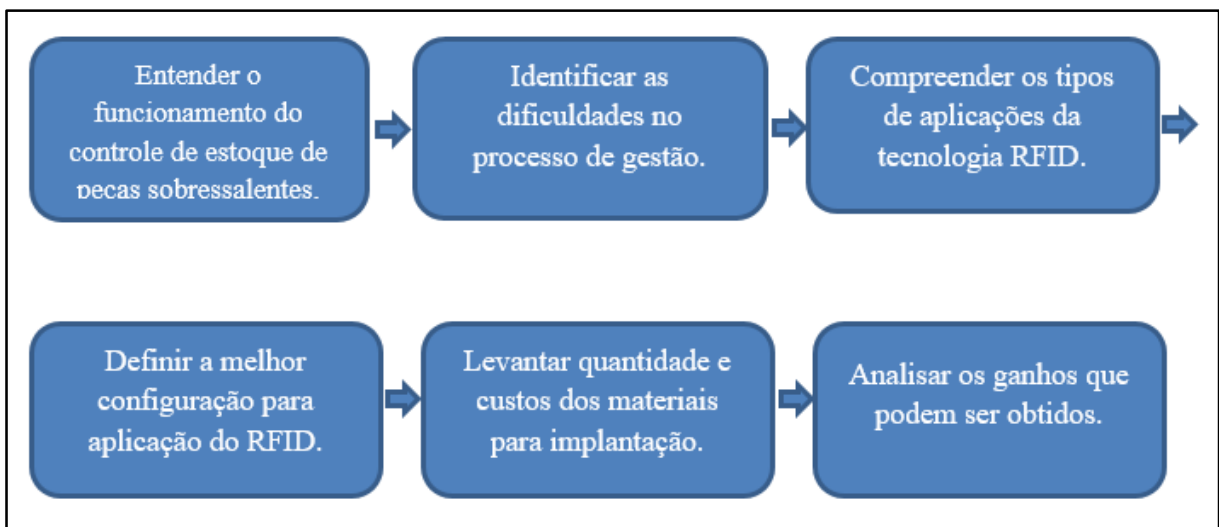
A técnica de análise de dados foi baseada no hipotético-dedutivo o qual parte de um problema e na formulação de hipóteses que devem ser testadas. Assim, pode-se identificar

a hipótese que pode solucionar o problema. Lakatos e Marconi (2004) afirmam que o método hipotético-dedutivo, proposto por Popper parte de um problema (P1), ao qual se oferecesse uma espécie de solução provisória, uma teoria-tentativa (TT), passando-se depois a criticar a solução, com vista à eliminação do erro (EE) e, tal como no caso da dialética. Esse processo se renovaria a si mesmo, dando surgimento a novos problemas (P2).

### 3.5 Etapas da pesquisa

As fases da pesquisa consistem em: pesquisa bibliográfica, entender o funcionamento do processo do controle de estoque das peças sobressalentes, identificar as dificuldades do setor, identificar a melhor configuração para aplicação do RFID, levantar o custo do projeto e analisar os ganhos com a implantação do projeto.

Figura 14 - Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: elaborado pela autora, 2023.

- a) **Entender o funcionamento do controle de estoque de peças sobressalentes:** foram realizadas observações em campo para compreender o controle de peças sobressalentes;
- b) **Identificar as dificuldades no processo de gestão:** a aplicação de entrevista auxiliou a compreender o problema e os impactos gerados para empresa;
- c) **Compreender os tipos de aplicações da tecnologia RFID:** para compreender como a tecnologia pode ser aplicada, foi feito *benchmarking* com o setor de petróleo e gás que já

utilizava a tecnologia RFID. Além disso, o levantamento dos tipos de materiais e o custo foram fundamentais para definir a melhor configuração do sistema;

**d) Definir a melhor configuração para aplicação do RFID:** nessa fase, consideraram-se os recursos que a empresa disponibiliza e as condições ambientais as quais o sistema será submetido;

**e) Levantamento da quantidade e custos dos materiais para implantação:** consultou-se ao sistema o número de peças sobressalentes com valor agregado e a quantidade de locais onde as peças são armazenadas. Assim, foi possível dimensionar a quantidade de materiais que serão utilizados;

**f) Analisar os ganhos que podem ser obtidos:** a partir dos gastos atuais que a empresa possui para atender a demanda de peças sobressalentes das áreas produtivas, analisaram-se os ganhos financeiros que podem ser obtidos com a implantação do sistema RFID.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem como finalidade apresentar os resultados da pesquisa que foram obtidos pelo instrumento de coleta de dados. Além disso, esses resultados serão discutidos com base no referencial teórico. Esta seção inicia-se pelos problemas na identificação e rastreamento de peças sobressalentes, análise dos materiais ideais e o custo para implantação do sistema. Em seguida serão abordados os impactos que o sistema pode gerar na empresa.

### 4.1 Identificação dos problemas no processo de localização e rastreamento de peças sobressalentes

Para compreender sobre o processo de localização e rastreamento de peças sobressalentes, foram conduzidas entrevistas e conversas exploratórias com colaboradores do setor do *Supply Chain*. Durante essa interação foi possível identificar que a empresa utiliza um sistema chamado *Warehouse Management System* (WMS) para gerenciar os materiais do almoxarifado. Esse sistema realiza a identificação dos itens a partir do alinhamento do *QR code* do material ao leitor.

No processo de entrega dos materiais, os fornecedores entregam os itens na área de recebimento localizada no almoxarifado central. Esses itens e as notas fiscais são verificados em relação ao que foi solicitado e fornecido. Em seguida, os materiais são estocados em local designado ou enviados para a área produtiva que fez a solicitação. Entretanto, um problema enfrentado consiste na alocação incorreta de peças pelo recebimento do almoxarifado ou devido o fornecedor entregando materiais diretamente na área produtiva. Isso causa a retenção da nota fiscal pela área produtiva e dificuldades no registro do item como recebido pelo almoxarifado. Como resultado ocorre inconsistência das informações do estoque e falta de pagamento aos fornecedores.

No que se refere à localização dos materiais, todos os itens são cadastrados no sistema SAP com um código de identificação específico e são armazenados de acordo com a classificação do desses códigos. O sistema SAP permite acompanhar a movimentação de materiais a partir da data da aquisição, entrada e saída do estoque.

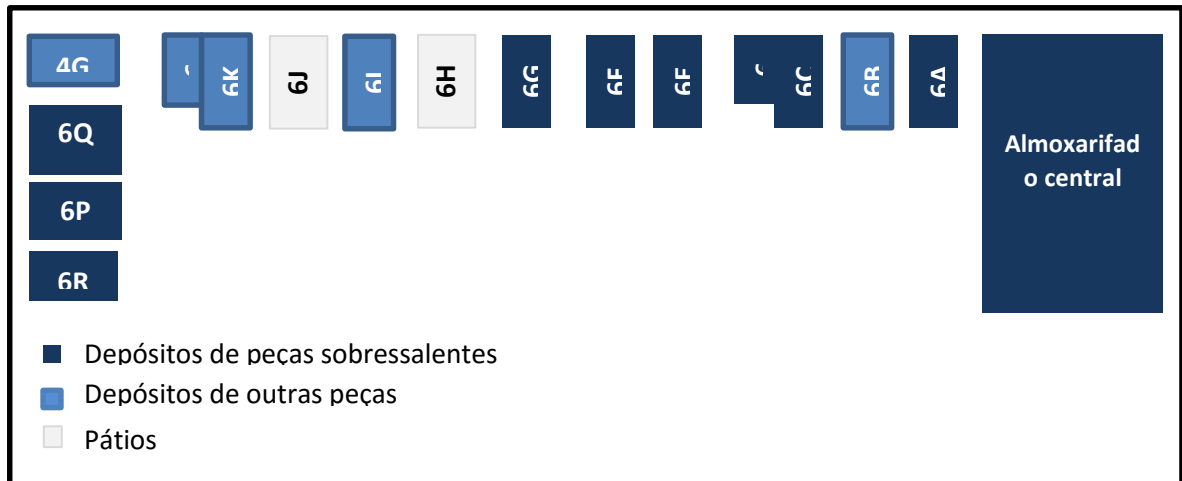
Entretanto, quando um material é associado a um código incorreto, conseqüentemente, ele será armazenado em locais inadequados dificultando a localização da

peça. Quando a área produtiva requisita o item, aumenta o *lead time* de entrega devido ao tempo consumido para localizar o material. Dessa forma, as operações são impactadas e geram compras de itens já em estoque.

**4.2 Locais onde as peças sobressalentes podem ser movimentadas**

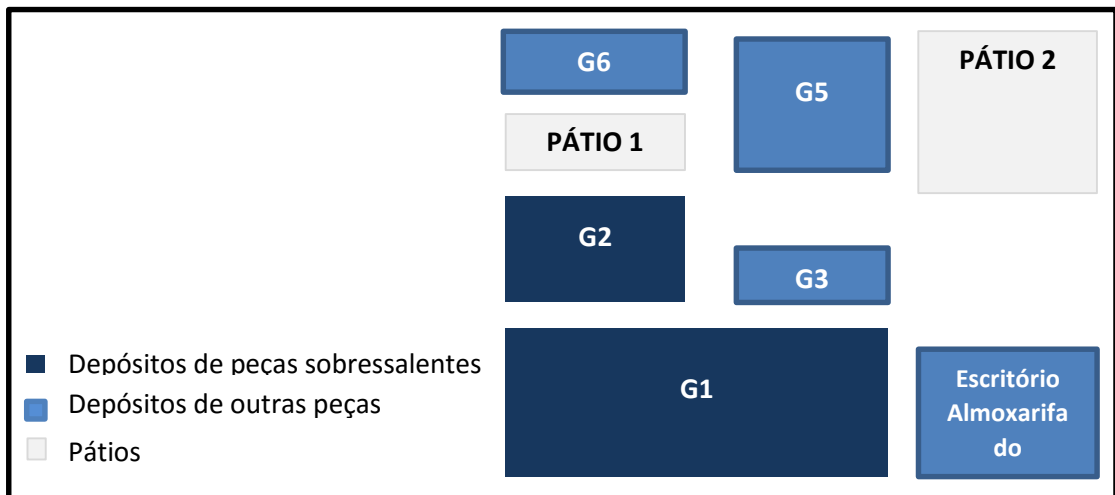
Após serem verificados pelo almoxarifado central, os materiais são armazenados de acordo com sua classificação nos depósitos apresentados na Figura 15. Os depósitos são classificados de acordo com o tipo de material. Os materiais sobressalentes são armazenados nos depósitos em azul escuro, os demais materiais são armazenados nos depósitos em azul claro e os pátios são utilizados para o armazenamento de peças que podem ser recuperadas, também denominado de *Split*.

Figura 15 - Depósitos do almoxarifado da unidade Barreiro



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 16 - Depósitos do almoxarifado da unidade Jeceaba



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

As áreas produtivas são responsáveis por um depósito conhecido como Split, onde são armazenadas peças não utilizadas ou que serão enviadas para a recuperação. No entanto, muitas peças são perdidas por falta de controle das áreas produtivas com relação ao envio para recuperação. Ao surgir uma demanda pela peça, esse material é solicitado para ser enviada a oficina e posteriormente enviado a área solicitante. Quando não é possível localizá-lo, isso resulta em compras ou paradas desnecessárias. O Quadro 1 apresenta os gastos anuais com aquisições de novos materiais sobressalentes nos últimos 3 anos, embora a empresa tivesse no depósito de peças a recuperar (Split).

Quadro 1 - Valor anual de aquisição de peças sobressalentes nos últimos três anos que constavam com entrada no depósito de *Split*

<b>Barreiro</b>		<b>Jeceaba</b>	
Ano	Valor (R\$)	Ano	Valor (R\$)
<b>2019</b>	2.004,14	2019	9.769,46
<b>2020</b>	1.489,62	2020	22.831,14
<b>2021</b>	3.516,36	2021	120.679,25
<b>Total</b>	<b>7.010,12</b>	<b>Total</b>	<b>153.279,85</b>

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Importante ressaltar que a unidade de Jeceaba possui maior capacidade produtiva e volume de produção, o que implica em um maior desgaste das peças e, conseqüentemente, na necessidade de manutenções e trocas de materiais e equipamentos com maior frequência. Por ser uma unidade nova, a unidade de Jeceaba ainda não possui processos de compra estruturados, o que pode contribuir para compras indevidas ou desnecessárias.

A coleta de dados mostrou que, em momentos de alta demanda, empresas terceirizadas auxiliam na recuperação de materiais. Algumas dessas empresas oferecem garantia do reparo em um período de tempo satisfatório como vantagem competitiva. Contudo, devido à falta de controle de garantia das peças, quando ocorrem defeitos, os itens não são enviados para a garantia e acabam sucateados, resultando em pagamento por um serviço que não foi utilizado e aquisição de novas peças.

### 4.3. Análise dos materiais ideais e o custo de implantação do sistema RFID

Com a finalidade de encontrar os materiais ideais para a implantação do sistema RFID realizou-se consultas com diversos fabricantes de cada componente e selecionou aqueles que melhor se adequam às características do projeto.

#### 4.3.1 Seleção da Tag

Para a seleção do tipo de etiqueta a ser aplicada nas peças sobressalentes, foram consideradas as características que influenciam na eficiência do sistema. Dentre essas características, destacam-se: a frequência de operação que impacta na distância de leitura, superfície de aplicação do material, o tamanho, modo de aplicação e preço da *tag*.

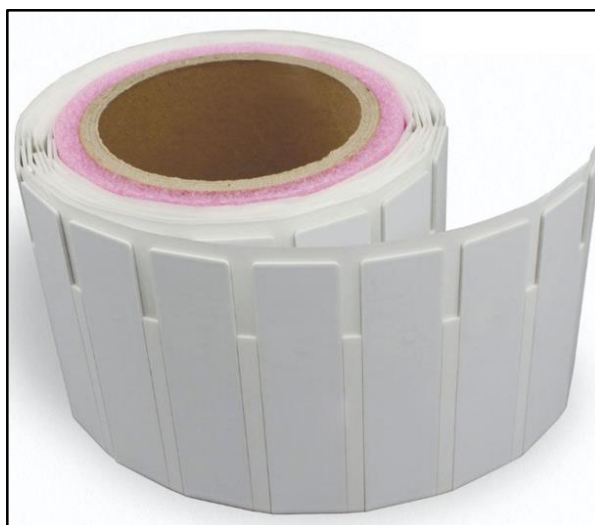
Quadro 2 - Tags candidatas

<b>Tipo de Tag</b>	<b>UHF PCB</b>	<b>SCC2302-005</b>	<b>CF-P4010</b>	<b>RFID ABS Token</b>
Preço (\$)	0,10 - 0,80	0,25	0,30	0,30 - 0,40
Frequência de operação	860 - 960Mhz	840 - 960Mhz	902 - 928MHz	13,56Mhz
Modo de operação	Sem informação	Ler & Escrever	Ler & Escrever	Ler escrever
Classificação da frequência	UHF ETSI	UHF	UHF	Sem informação
Chip	Alien H3	IMPINJ/ESTRANGEIRO	Alien H3	TK4100
Memória	512 bits	96/128 bits	USER 512 bits,EPC 96 bits	64 bits
Dimensões	3*6mm, or customized	65x35mm	40*10mm, etc.	20mm/22mm/25mm/30mm or customized
Distância de leitura	20cm - 1m	8m	1-8m	1-5cm or 10 – 50cm
Protocolo	ISO 18000-6C	EPC global C1 Gen2 ISO18000-6C, ISO 18000-6C	ISO18000-6C, EPC Class 1 Gen2	ISO14443A, ISO15693, ISO18000-6C
Aplicação	Parafusos, rebites de instalação	Adesivo	Parafusos, rebites de instalação	Adesivo
Observação	à Prova d'Água/ Impermeável, Antimetálico	à Prova d'Água/ Impermeável, Antimetálico	à Prova d'Água/ Impermeável, Antimetálico	à Prova d'Água/ Impermeável, Antimetálico

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Diante das características analisadas, a opção mais recomendada é o modelo SCC2302-005 considerando que essa *tag* possui uma camada antimetal. Essa camada permite que o leitor a identifique a *tag* aplicada em materiais metálicos sem que ondas-magnéticas sejam refletidas na superfície de aplicação. Embora o modelo não apresente maior capacidade de armazenamento de dados em comparação com as outras *tags*, um dos fatores que mais impactam a eficiência das *tags* e a distância de leitura. A Figura 17 apresenta o modelo de *tag* selecionado.

Figura 17 - *Tag* modelo SCC2302-005



Fonte: SCC Shacard, 2023.

Ao avaliar o tamanho das *tags*, nota-se que o modelo SCC2302-005 possui a maior dimensão, impactando positivamente na distância de leitura que pode ser lida até 8 metros de distância. Esse modelo é economicamente viável com um custo de \$ 0,25 e possui fácil instalação por ter aplicação adesiva. As *tags* com aplicação de rebite além de apresentarem dificuldade de instalação, possui dimensões menores e curta distância de leitura.

#### 4.3.2 Seleção da antena com leitor embutido

A seleção das antenas candidatas foi fundamentada no ambiente de aplicação, levando em consideração que elas estarão expostas a condições climáticas adversas, como chuva e poeira. Além disso, foram analisados os fatores que influenciam o desempenho dessas antenas, incluindo a frequência de operação, a distância de leitura, a polarização e o custo.

Quadro 3 - Antenas candidatas

Modelo	SW1907R	FA-312 US	RU5306-US
--------	---------	-----------	-----------

Preço (\$)	62,00	65,00	89,00
Frequência de trabalho	902-928MHz	902-928MHz (865-868MHz)	902-928 MHz, (865-868MHz)
Classificação da frequência	UHF	UHF	UHF
Potência	7 dBi	12dBi	6 dBi
Distância de Leitura	0-8 m	1-15 m	1 – 6 m
Dimensões	220x220x60mm	450x450x40mm	190x190x55mm
Polarização	Circular	Circular	Circular
Observação	À Prova D' Água	À Prova D' Água	À Prova D' Água

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Foi escolhido um modelo de antena com leitor embutido devido à sua compatibilidade e à correspondência de impedância entre eles, garantindo uma transferência eficiente de energia. O modelo selecionado foi o FA-312 US, sendo a segunda opção, principalmente devido ao seu valor competitivo e a distância de leitura longa. Essa antena se destaca por sua maior dimensão, o que contribui para uma distância de leitura superior, proporcionando maior alcance e eficiência na comunicação com as etiquetas RFID. A Figura 18 mostra o modelo de antena recomendada.

Figura 18 - Antena modelo FA-312 US



Fonte: XIONG, Joercia, 2023.

Para o método de comunicação, todas as antenas serão conectadas à internet, eliminando a necessidade de um computador individual para cada leitor RFID. Isso reduzirá

significativamente os custos operacionais do sistema, uma vez que muitos leitores poderão ser gerenciados centralmente através de uma conexão em rede.

É importante ressaltar que as antenas possuem polarização circular, o que contribui para aumentar a área de alcance do sistema RFID. No entanto, para evitar sobreposição indesejada das ondas, optou-se por posicionar as polarizações em direções opostas. Essa decisão foi tomada devido à impossibilidade de prever a localização exata das *tags*, uma vez que depende do posicionamento da peça sobressalente em relação a antena RFID.

### 4.3.3 Módulo de Interface

Ao selecionar os módulos de interface como candidatos, foram levados em consideração diversos fatores, como o preço, a capacidade de processamento, a memória, a velocidade do *clock* e a funcionalidade para o sistema. Esses elementos são fundamentais para garantir o desempenho adequado do projeto, bem como a viabilidade financeira.

Quadro 4 - Seleção do módulo de interface

<b>Módulo de Interface/Micro controlador</b>	<b>ESP32-WROOM-32U WiFi-Dangos</b>	<b>Arduino UNO R3</b>	<b>Esp 32 Módulo Nodemcu</b>
Preço (R\$)	38,00	60,97	58,90
Chip Base	ESP32U WROOM	Chip Atmega328	Node mcu
Processador	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6	AT mega 16 MHz	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6
Velocidade do Clock	240MHz	16 MHz	
Memória Sram		2KB	520 Kb
Memória RAM	520 KB	-	
Memória ROM	448 KB	-	448 KB
Memória Flash Externa	4 MB	32KB	
Tensão de Operação	4,5 ~ 9V	5V	
Tensão de Alimentação	2,7V a 3,6V	7-12V	4,5 ~ 9V
Wi-Fi	2.4Ghz	Não tem	2.4Ghz
Bluetooth	Sim		BLE 4.2
Comunicação	LUA ou usando a IDE do Arduino	C	Arduino IDE
Suporte	Wi-Fi Direct (P2P), P2P Discovery, P2P Group Owner mode e P2P		GPIO com funções de PWM,

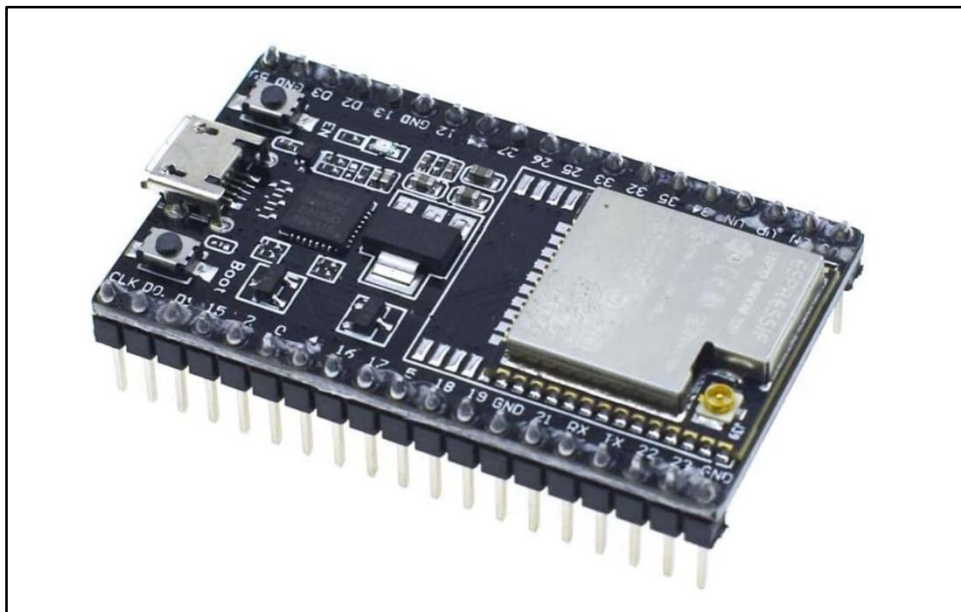
	Power Management		I2C, SPI, etc
Dimensões	48 x 28 x 13 mm (com pinos)	68,58mm x 53,34mm	52 mm x 28 mm x 5 mm
Observação	Conversor analógico digital (ADC)	EEPROM 1 KB (ATmega328)	Antena embutida

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

O modelo selecionado foi o ESP32-WROOM-32U WiFi- Dangos destacando-se em relação a memória, visto que possuindo um chip dual core o que permite processamento de tarefas complexas. Ele possui 520 KB de memória RAM e 448 KB de memória ROM. Comparado com o Arduino UNO R3 que possui a memória flash de apenas 32KB, o ESP32-WROOM-32U possui 4MB de memória *Flash*, com maior capacidade de armazenamento de dados. Embora o Esp 32 Módulo Nodemcu possua o mesmo chip Dual Core o modelo ESP32-WROOM-32U WiFi- Dangos por possuir mais funcionalidades e preço competitivo.

Dentre os outros modelos, o módulo ESP32-WROOM-32U WiFi- Dangos é o que possui maior frequência do *clock* 240MHz, influenciando no aumento da velocidade de processamento conforme afirma Nerys (2018). A Figura 19 representa o modelo do módulo de interface selecionado para o projeto.

Figura 19 - Módulo de interface ESP32-WROOM-32U



Fonte: Placa..., 2023.

Como a finalidade do projeto e manter os dados na rede, o suporte integrado de WI-FI e Bluetooth é um diferencial que o ESP32-WROOM-32U WiFi- Dangos possui, o que

não se torna necessário inserir módulos adicionais para obter essas funções. Um fator relevante é o menor custo do módulo ESP32-WROOM-32U em relação a outras opções, além de apresentar um conjunto de funcionalidades mais amplo. Essa combinação de características faz do ESP32-WROOM-32U uma opção viável para o projeto.

#### 4.3.4 Impressora

Para seleção das impressoras candidatas considerou-se que os modelos ofereceram maior custo-benefício, avaliando características que afetam o desempenho da impressora tais como: portabilidade, velocidade e resolução de impressão, interface e código suportado.

Quadro 5 - Impressoras candidatas

<b>Modelo</b>	<b>Zebra D500R</b>	<b>Zebra ZT410</b>	<b>Zebra ZQ630</b>
Preço	11.390,00	8.199,84	8.365,00
Portabilidade	Portátil	Fixa	Portátil
Velocidade de Impressão	152 mm/s	356 mm/s	Até 4,5 pol./115 mm por segundo
Resolução de Impressão	203 dpi	203 dpi; 300 dpi; 600 dpi	203 dpi/8 pontos por mm
Interface de dados	Serial (RS232), USB, Paralela e Ethernet	USB 2.0, alta velocidade, Serial RS232, Ethernet 10/100, Bluetooth 2.1, Host USB	
Códigos suportado	1D, 2D e RFID	UHF EPC Gen 2 V2, ISSO/IEC 18000-63 e protocolos RAIN RFID	UHF EPC Gen 2 V2, ISO/IEC 18000-63 e Protocolos RAIN RFID
Dimensão de Impressão	108 mm (L) x 990 mm (c)	104 mm (L)x991mm (c)	104 mm(L) x813mm (c)
Dimensão da etiqueta	109 mm (L) x Diâmetro externo: 35 mm		

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Optou-se pela escolha da impressora modelo ZT411, por ser uma impressora RFID industrial o que torna ideal para o ambiente em será utilizado. A velocidade de impressão de 356 mm/s é um fator fundamental, pois a finalidade é utilizar a impressora é rotular mais de 20.000 peças sobressalentes, com uma perspectiva de aumento desse número

no futuro. As impressoras industriais que são capazes de imprimir 10.000 *tags* por dia (STORE, 2022). Isso permite a produção rápida de *tags* RFID.

Outro aspecto considerado foi a resolução de impressão, que dentre as opções selecionadas o modelo ZT411 é o que possui maior qualidade na resolução de impressão. Isso garante clareza das informações impressas nas *tags*, a Figura 20 representa o modelo da impressora ZT411.

Figura 20 - Impressora RFID modelo ZT411



Fonte: Impressora..., 2023.

A interface de dados do modelo ZT411 apresenta maiores possibilidades de conexão com outros dispositivos. Diferentemente das demais opções, o modelo ZT411 possui a interface Bluetooth, o que permite uma comunicação sem fio versátil e eficiente.

Além disso, é essencial que a impressora suporte o código necessário para a conversão do *inlay* em *tag* e a codificação das informações. Por essa razão, optou-se por ter um modelo com maior capacidade de codificação, visto que a necessidade de armazenamento de informações pode alterar ao longo do tempo. A flexibilidade na codificação permite lidar com as demandas variáveis de dados e torna o sistema mais adaptável a futuras mudanças e atualizações. Com essas características, o modelo ZT411 se destaca como a melhor escolha, pois é capaz de atender a alta demanda de produção de etiquetas, maior qualidade na

resolução de impressão e flexibilidade na codificação sendo adaptável a mudanças a longo prazo.

#### 4.4 Custo de implantação da tecnologia RFID

O Quadro 6 mostra a descrição do custo para implementação do RFID, considerando os materiais, quantidade, o preço do item e o frete para entrega do material.

Quadro 6 - Custou total para implantação do RFID

<b>Materiais</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Frete</b>	<b>Preço Total (R\$)</b>
<i>Tags</i>	24.271	0,25	3.172,00	32.782,62
Antena	28	65,00	1.540,31	16.398,32
Módulo de interface	14	38,00	30,00	1.094,00
Impressora	2	8.199,84	163,50	16.563,18
<b>Total</b>				66.838,12

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Inicialmente, foram levantados todos os materiais necessários para implantação do sistema na empresa. Em seguida, analisou-se a quantidade de materiais necessária com base na necessidade do projeto. O número de *tags* foi definido de acordo com a quantidade de peças sobressalentes que a empresa tinha registrado em relatórios em outubro de 2022.

Para determinar a quantidade de antenas, foram mapeados os locais onde as peças sobressalentes são armazenadas, totalizando em 14 locais. No entanto, o sistema visa ter duas antenas na entrada de cada local, resultando 28 antenas. Além disso, também se considerou 14 módulo de interface, uma vez que serão implantados em cada um dos 14 locais.

Apenas duas impressoras seriam capazes de suprir a necessidade de produção de *tags* para as unidades do Barreiro e Jeceaba. A aquisição da impressora no mercado interno seria mais viável. O site Zip automação oferece um desconto no valor de 656,00 para aquisição de duas impressoras, cada unidade no valor de R\$ 7.871,84.

O valor total do projeto considera a quantidade total de material, incluindo o preço dos itens e o frete. Em relação ao preço das *tags* e das antenas está em dólar, convertido no valor total para real no dia 5 de agosto de 2023 que correspondia a R\$ 4,88. Por causa da cotação favorável dos materiais no mercado externo, o custo final do projeto pode alterar de acordo com as variações cambiais.

#### 4.5 Recurso pessoal

Para desenvolver um sistema RFID é importante que a empresa disponha de recursos extras além da aquisição dos materiais para a construção do projeto. O Quadro 7 detalha esses recursos, a quantidade e o tempo necessário.

Quadro 7 - Recurso pessoal

<b>Recursos</b>	<b>Quantidade</b>
Equipe de desenvolvimento e instalação	8 pessoas
Tempo para o desenvolvimento do <i>software</i> RFID	3 meses
Tempo para implementação e teste	2 meses

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Definiram-se oito pessoas para a equipe de desenvolvimento e instalação, que tenham conhecimento na gestão de peças sobressalentes e desenvolvimento em produtos digitais. A empresa possui a própria equipe de desenvolvimento de software, não sendo necessário contratar uma empresa especializada no desenvolvimento de software. A quantidade de pessoas foi estimada em projetos anteriores relacionados a aplicação do RFID em outros setores da empresa.

Segundo a equipe de Tecnologia da Informação (T.I) o tempo para desenvolvimento do software depende do tipo de aplicação que pode ser para aplicativo ou para computador. Como se trata de um projeto de médio porte considera-se o tempo ideal de três meses para desenvolver um programa. Espera-se que o *software* seja capaz de receber e mostrar ao usuário informações sobre o material sobressalente e dados referentes à garantia de serviços de reparo prestados por empresas terceirizadas. Além disso, existe o período de homologação da aplicação do sistema na sede da companhia localizada na França.

Para o tempo de implementação do sistema e realização de testes foram estipulados dois meses, visto que o tempo de entrega dos materiais demora cerca de 15 – 20 dias. Dessa forma, 40 dias serão destinados à realização de testes e aprimoramento do projeto. A duração de cada etapa foi estimada com base em projetos anteriores relacionados ao RFID realizados pela empresa. A Figura 21 representa o funcionamento do portal RFID.

Figura 21 - Representação do sistema RFID



Fonte: RFID Portal, 2023.

As antenas de leitura serão acopladas ao portal, enquanto as etiquetas serão aplicadas em peças sobressalentes. Assim, à medida que as peças passam pelo portal, a antena fará a leitura do material sobressalente, possibilitando o rastreamento das peças dentro da empresa.

#### 4.6 Indicadores de viabilidade financeira

Para o cálculo do retorno sobre o investimento utilizou-se a seguinte fórmula:

$$ROI = \left( \frac{\text{Receita líquida} - \text{Investimento inicial}}{\text{Investimento inicial}} \right) * 100$$

Sendo assim, a receita líquida representa o valor monetário que a empresa deixará de gastar com peças sobressalentes que estão no depósito de *Split*. Esse valor representa a quantia gasta entre os anos de 2019 e 2021. À medida que o investimento inicial se refere ao valor do projeto RFID.

$$ROI = \left( \frac{160.289,97 - 66.838,12}{66.838,12} \right) * 100$$

$$ROI = 139,82\%$$

Com isso, pode afirmar a cada R\$ 1,00 investido o projeto apresenta como perspectiva de retorno financeiro R\$1,40, sendo considerado um retorno satisfatório.

#### **4.7 Impactos da aplicação do sistema RFID na companhia**

O sistema RFID pode gerar impactos positivos para a companhia, uma vez que ela otimiza a gestão de estoque. As peças alocadas incorretamente pelo recebimento seriam facilmente identificadas, dado que o sistema será capaz de localizar o material e manter um histórico da sua localização.

A empresa teria ganhado em agilidade para localização dos produtos vistos que os processos que necessitam de contato direto com o material, seriam identificados automaticamente à medida que passam pelo portal. Isso resulta na redução do *lead time* de entrega dos materiais sobressalentes a área solicitante, reduzindo o tempo de parada do equipamento. Outro aspecto relevante é o fato de o sistema ser capaz de informar qual foi o local que o material deu entrada/saída pela última vez, tornando o processo de localização prático e ágil. Além de reduzir o custo em compras de materiais que a empresa possui e não foi encontrado, devido à falta de gestão.

Ao utilizar etiquetas que permitem a gravação de dados, cada material sobressalente pode possuir um número de identificação, bem como os dados de restauração e garantia do serviço prestado por empresas terceiras. A empresa será capaz de identificar se o material danificado está dentro da garantia e, em caso afirmativo, enviar o material para reparo em detrimento da aquisição de uma nova peça.

Os indicadores de viabilidade financeira do projeto apresentam perspectivas positivas. Dessa forma, o valor investido no sistema RFID gerará um retorno do capital investido em 139,82%, isso significa que a cada R\$ 1,00 investido o projeto gera um lucro no valor de 1,40.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi proposta uma análise dos impactos e ganhos que a implantação do sistema RFID pode agregar a uma indústria siderúrgica. Quando se iniciou o estudo sobre o tema, constatou-se que havia dificuldades para localizar materiais sobressalentes e isso gerava compra de materiais que a empresa estudada havia armazenado no depósito de *split*. A abordagem inicial visava desenvolver um sistema capaz de rastrear as peças e reduzir os custos com aquisição de novas peças, evitando o estoque excessivo.

Foram realizadas entrevistas e conversas exploratórias com colaboradores que trabalham diretamente com a gestão de sobressalentes ou que já trabalharam com o sistema RFID na companhia. Observou-se que a empresa enfrenta dificuldades na localização de peças sobressalentes, acarretando em compra de materiais desnecessárias. Através da pesquisa de mercado, constatou-se que os materiais selecionados apresentam o maior custo-benefício considerando o *layout* e o ambiente onde serão implantados.

Diante desse contexto, conclui-se que o sistema RFID impacta positivamente a empresa, pois o estudo mostrou benefícios como a agilidade na localização das peças sobressalentes. Isso resulta na redução de aquisição de novas peças e redução do *lead time* de entrega do material para a área solicitante, evitando que a produção seja parada por um longo tempo e consequentemente evitando o atraso da produção. Além de obter ganhos logísticos, o estudo mostrou que o retorno do investimento apresenta perspectivas positivas para a empresa.

O estudo foi iniciado buscando compreender como a tecnologia RFID pode impactar no controle de estoque e na redução de custo de peças sobressalentes? Ao longo do trabalho esse questionamento foi respondido, dado que a aplicação do RFID na gestão do estoque de peças sobressalentes reduz as inconsistências de informações que a empresa possui com o sistema atual. Como as *tags* possibilitam a gravação de informações, podem-se inserir dados referentes à garantia de serviços prestados. Assim, caso o material apresente defeitos a empresa pode utilizar a garantia do serviço em detrimento à aquisição de uma nova peça.

A adoção do sistema RFID reduzirá drasticamente o custo com novas peças, visto que a empresa dispõe de outros meios para a recuperação de materiais. O estudo em relação ao retorno do investimento mostrou que para cada R\$1,00 investido a perspectiva de retorno

financeiro é de R\$1,40. Com isso, pode-se afirmar que é financeiramente viável a implantação do projeto.

No entanto, por se tratar de um alto investimento recomenda-se iniciar com o rastreamento em locais macros, onde o impacto financeiro será menor. Em seguida, sugere-se partir para as micros áreas que são mais precisas, porém possui um valor agregado maior.

As contribuições obtidas no estudo podem ser observadas em duas perspectivas. A primeira consiste na localização de materiais para empresas que trabalham com alto volume de movimentações no estoque. A utilização do sistema RFID garante otimização de estoque e aumento da eficiência operacional. A segunda perspectiva refere-se à viabilidade financeira, visto que para a aplicação do sistema é necessário avaliar o custo financeiro do sistema e o valor agregado do produto.

Quanto às limitações da pesquisa, ressaltam que devia ter coletado dados dos colaboradores que realizam a movimentação de peças sobressalentes diariamente e compreender as dificuldades no dia a dia. A coleta de dados foi realizada com planejadores e gestores, isso impossibilita ter uma visão da dinâmica da rotina diária e a identificar problemas.

Outra limitação constatada foi a divergência entre os dados coletados referente ao ano de 2022 na tabela do valor anual de aquisição de peças sobressalentes nos últimos quatro anos que constavam com entrada no depósito de *Split*. Com o intuito de não impactar os anos anteriores, o ano de 2022 não foi considerado.

É importante ressaltar que essa pesquisa não avaliou o desempenho do sistema, devido à demanda de tempo e inviabilidade operacional. Entretanto, todos os fornecedores oferecem amostras dos equipamentos do sistema para testes. Isso se mostra relevante para garantir que o material corresponde com as características técnicas proposta pelo fornecedor, bem como para verificar se o material atende as necessidades do projeto e o ambiente em que será aplicado.

### **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Para trabalhos futuros recomenda-se avaliar o desempenho do sistema com a realização de testes com todos os elementos que o compõe. Ao realizar a pesquisa de mercado e analisar os materiais ideais foram consideradas as características técnicas de cada item. Junto ao exposto, é necessário testar as antenas com diferentes orientações/ angulações e

posicionamento, uma vez que esse fator impacta a otimização do desempenho de leitura da *tag*.

Para evitar que as informações inseridas nas *tags* ultrapassem a capacidade de armazenamento, torna-se relevante a análise da quantidade de informações que pode ser gravada na *tag*. Dessa forma, o usuário pode realizar adaptação das informações que serão inseridas.

Outra limitação encontrada refere-se ao funcionamento do projeto é necessário definir um local de etiquetagem dos materiais sobressalentes antes de serem armazenadas. Essa etapa não foi considerada no projeto, muitas empresas incentivam e oferecem suporte aos fornecedores a aplicarem a tecnologia. Assim, elas recebem os materiais etiquetados.

## REFERÊNCIAS

- AGUAYO, Paul S. **Recursos do microcontrolador: Fundamentos de investigação** (Instituto Tecnológico de Durango). Introdução ao microcontrolador, [S. l.], p. 1-15, 10 nov. 2004. Disponível em: <<https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-durango/fundamentos-de-investigacion/caracteristicas-de-los-microcontroladores/15690597/download/caracteristicas-de-los-microcontroladores.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2023.
- AHUJA, S.; POTTI, P. **An introduction to rfid technology**. Communications and Network, v. 2, n. 3, p. 183–186, 2010.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial**. Bookman Editora, 5ª ed, V1, 619 p. Porto Alegre – RS. 2006.
- BATISTA, Diermes Fiorini; OLIVEIRA, Marco Aurélio. **Análise de viabilidade para implantação do RFID na gestão de estoques: estudo de caso em uma empresa de eletroeletrônicos**. Centro Universitário UNISOCIESC, Joinville – SP. 2021. Disponível em: <[https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/20432/1/TCC%202\\_Entrega%20Final%20-%20Diermes%20Fiorini%20Batista.pdf](https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/20432/1/TCC%202_Entrega%20Final%20-%20Diermes%20Fiorini%20Batista.pdf)>. Acesso em: 05 mai. 2023.
- BORGES, Vinicius. **Impressora RFID: tudo o que você precisa saber**. Grupo CPCON. 2022. Disponível em: <<https://www.grupocpcon.com/impressora-rfid-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- BOUNOU, O. **Performance Indicators for Spare Parts and Maintenance Management: An Analytical Study**. Journal of Engineering, 2020. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Performance-Indicators-for-Spare-Parts-and-An-Study-Bounou-Barkany/a0f33f6c900b3c8f83fbba3f4fd73f4821e670a7>>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- BRANCO FILHO, Branco. **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade: Edição Mercosul**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 290p. 2004.
- CARDOSO, Matheus. **O Que É Um Microcontrolador?** Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE. 2020. Disponível em: <<https://edu.ieee.org/br-ufcgras/o-que-e-um-microcontrolador/>>. Acesso em: 13 jan. 2023.
- CERRO, Ramiro; BADENAS, Francisco; KUO, Yao; VERRASTRO, Sebastián; MALLO, Jorge. **Diseño de un circuito integrado digital para un portador de información RFID pasivo**. PROYECCIONES, [S. l.], p. 45-69, 2 out. 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/339747579\\_Diseño\\_de\\_un\\_circuito\\_integrado\\_digital\\_para\\_un\\_portador\\_de\\_información\\_RFID\\_pasivo/link/5e627b4c92851c7ce049dd92/download](https://www.researchgate.net/publication/339747579_Diseño_de_un_circuito_integrado_digital_para_un_portador_de_información_RFID_pasivo/link/5e627b4c92851c7ce049dd92/download)>. Acesso em: 08 mai. 2023.
- COBLI. **WMS na logística: o que é, para que funciona e como aplicar**. [S. l.], 25 ago. 2020. Disponível em: <<https://www.cobli.co/blog/o-que-e-wms/#:~:text=Como%20o%20WMS%20atua%20nos%20processos%20log%C3%ADsticos%3F%201,Produ%C3%A7%C3%A3o%20...%205%20Expedi%C3%A7%C3%A3o%20...%206%20Gerenciamento%20>>. Acesso em: 17 set. 2023.

CRUZ, Carla; RIBEIRO, Uirá. **Metodologia Científica: Teoria e prática**. Ed. 2. Rio de Janeiro. Axcel, 2004.

DINIS, Natália. **Análise das Demonstrações Financeiras**. 1. ed. Rio de Janeiro: SESES. 2015. Disponível em:

<[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4277771/mod\\_resource/content/1/Livro\\_An%C3%A1lise%20dos%20Relat%C3%B3rios%20Financeiros.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4277771/mod_resource/content/1/Livro_An%C3%A1lise%20dos%20Relat%C3%B3rios%20Financeiros.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2023.

FREITAS, Ariane Cristina de; SILVA Renata Regina da; BRANÇÃO, Alessandro Lameiro. **Estudo de caso da implantação do RFID no controle de estoque e expedição em uma indústria na cidade de Jaú**. X FATECLOG, Logística 4.0 & a sociedade do conhecimento FATEC. São Paulo – SP. 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Metodologia científica**. São Paulo, v. 3, 2002.

GROPPELLI, Angelico. A.; NIKBAKHT, Ehsan. **Administração Financeira**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

GS1 BR. **Tecnologias integradas ao código de barras melhoram a eficiência da cadeia de suprimentos**. [S. 1.], 19 jun. 2023. Disponível em: <<https://blog.gs1br.org/tecnologias-integradas-ao-codigo-de-barras-melhoram-a-eficiencia-da-cadeia-de-suprimentos/>>. Acesso em: 15 out. 2023.

GUERRERO, Miguel Ángel López; MARTÍNEZ, David Sanz; ARANDA, Ana María Torres. **Investigación y transferencia en la Escuela Politécnica de Cuenca**. Universidad de Castilla La Mancha, Escuela Politécnica de Cuenca, 2015.

HOJI, M. **Administração financeira**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

**Impressora Térmica de Etiquetas Zebra ZT411 Ethernet com Etiquetas**. [S. 1.: s. n.]. Disponível em: <https://www.zipautomacao.com.br/impressora-termica-de-etiquetas-zebra-zt411-ethernet>. Acesso em: 03 ago. 2023.

JUNIOR, Alberto. **Projeto de Processamento Digital de Tag RFID Adequado à Norma ISO/IEC18000-2**. [S. 1.: s. n.], 2010. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/25602>>. Acesso em: 30 set. 2023.

JUNIOR, Davidson; NASCIMENTO, Maira; SANTOS, Stephanie; ALBERTO, Jose; LEITE, Adriano. **Análise do Tempo de Recuperação do Capital Investido na Expansão de uma Empresa do Setor Matrimonial**. Xxxvii Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville, SC, p. 28 - 44, 13 out. 2017. Disponível em:

<[https://abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_240\\_390\\_31751.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_240_390_31751.pdf)>. Acesso em: 08 ago. 2023.

KUZNIECOW, Yuri De Seixas; NAVA, Delrobson; PAULA, Gabriel Negrão de. **Análise comparativa de viabilidade econômica entre dois projetos de armazém inseridos em uma fábrica de fertilizantes**. In: ENEGEP, 34, Anais. Curitiba, 2014.

MARCON, Egor. **RFID, como funciona: Parte 04 | Principais tipos de etiquetas RFID**. Texto Livre publicado na rede LinkedIn. 2023. Disponível em: <

<https://www.linkedin.com/pulse/rfid-como-funciona-parte-04-principais-tipos-de-etiquetas-egor-marcon/?trackingId=ITwU%2B8jrTBKbo%2Be7aVBQgg%3D%3D>>. Acesso em: 18 jul. 2023.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2004.

MARCONI, Marina; LAKATOS, Eva. **Fundamentos de metodologia científica**. Ed. 7. São Paulo. Atlas, 2010.

NERYS, José Wilson Lima. **Microprocessadores e Microcontroladores**. Núcleo de Estudos e Pesquisa em Processamento de Energia e Qualidade, (slides). Universidade Federal do Goiás. 2018. Disponível em: <[http://inf.ufes.br/~zegonc/material/Introducao\\_a\\_Computacao/Microprocessadores%20-%20Parte%201.pdf](http://inf.ufes.br/~zegonc/material/Introducao_a_Computacao/Microprocessadores%20-%20Parte%201.pdf)>. Acesso em: 18 mai. 2023.

NETO, Zamith França. **Aplicação da tecnologia RFID para a gestão acadêmica, de pessoal e operacional de patrimônio e biblioteca**. Simpósio de pesquisa operacional da marinha-SPOLM, 2008.

OLIVEIRA, Alessandro de Souza; PEREIRA, Milene Franco. **Estudo da tecnologia de identificação por radiofrequência – RFID**. Projeto de Graduação – Faculdade de Tecnologia Departamento de Energia Elétrica, Brasília, 94 p. 2006. Disponível em: <[https://www.bdm.unb.br/bitstream/10483/829/1/2006\\_AlessandroeMilene.pdf](https://www.bdm.unb.br/bitstream/10483/829/1/2006_AlessandroeMilene.pdf)>. Acesso em: 08 jun. 2023.

OLIVEIRA, Ítalo Otávio Gonçalves de. Carrinho de supermercado inteligente: um protótipo de dispositivo de IoT para auxílio nas compras em supermercados. **Engenharia de Computação**, n. 1, 2018.

OLIVEIRA, Kleber. **Microcontroladores: o que considerar na hora de escolher?** [S. l.] 2023. Disponível em: <<https://www.vsoft.com.br/post/escolher-microcontroladores>>. Acesso em: 13 jan. 2023.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia Científica: um manual para a realização de pesquisas em administração**. Universidade Federal De Goiás Campus Catalão, 2011. Disponível em: <[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual\\_de\\_metodologia\\_cientifica\\_-\\_Prof\\_Maxwell.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2023.

PEDROSO, Marcelo Caldeira; ZWICKER, Ronaldo; SOUZA, Cesar Alexandre de. Adoção de RFID no Brasil: um estudo exploratório. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 10, p. 12-36, 2009.

PIZZETTI, Monique Casagrande. **Uma Abordagem Estratégica de Integração da Tecnologia RFID**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 80 p. 2007. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/184365/Rfid\\_Monique.pdf?sequence=-1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/184365/Rfid_Monique.pdf?sequence=-1)>. Acesso em: 19 abr. 2023.

**Placa Módulo ESP32 WROOM.** [S. l.: s. n.] Disponível em:

[https://www.magazineluiza.com.br/placa-modulo-esp32-wroom-32u-wifi-dangos/p/cgjk27384d/in/rbtc/?&seller\\_id=lojadangos&utm\\_source=bing&utm\\_medium=pla&partner\\_id=69009&msclkid=753ac805bac118aae7b3ab501ee417ce](https://www.magazineluiza.com.br/placa-modulo-esp32-wroom-32u-wifi-dangos/p/cgjk27384d/in/rbtc/?&seller_id=lojadangos&utm_source=bing&utm_medium=pla&partner_id=69009&msclkid=753ac805bac118aae7b3ab501ee417ce). Acesso em: 15 ago. 2023.

QUEIROZ, Eduardo Luiz; ARAÚJO, Tairone Àdamo e HORTA, Mário Marcos Brito. **RFID e o uso Na Indústria.** Belo Horizonte-MG, n.16, p. 06. 2014. Disponível em:<[https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigocientificotfc2014\\_publicacao\\_0.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigocientificotfc2014_publicacao_0.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2023.

**RFID Portal – RFID Portal for Dock Door with patented Wave Antennas.** [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://www.danidatasystems.com/rfid-portal/>. Acesso em: 16 jul. 2023.

RESENDE, Ricardo. **Métodos de Payback. ENG 1920 – Análise Econômica de Investimentos,** [S. l.], p. 1-33, 2000. Disponível em: <<https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/6852/material/03%20-%20Payback.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2023.

SANTINI, Arthur Gambin. **RFID: Conceitos, Aplicabilidade e Impactos.** 1.ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, V.1, 04p. 2008.

SANTOS, Daniel Oliveira dos. **Desenvolvimento de antenas UHF planares flexíveis por subtração química.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2023. Disponível em: < <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/31732>>. Acesso em: 22 abr. 2023.

SAP. **O Que é ERP?** [S. l.]. 2023. Disponível em: <<https://www.sap.com/brazil/products/erp/what-is-erp.html#definition>>. Acesso em: 18 set. 2023.

SARAC, Aysegul; ABSI, Nabil; DAUZÈRE-PÉRÈS, Stéphane. **A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management.** International Journal of Production Economics, v. 128, n. 1, p. 77- 95, 2010.

SENNA, Caio César Lima de; SOARES, Pedro Igor Estrela. **Estudo de aplicações RFID na plataforma de IoT.** 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Telecomunicações, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/5535>>. Acesso em: 12 abr. 2023.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho Científico.** Ed. 23. São Paulo. Cortez, 2007.

SHACARD, SCC; **China fábrica direta flexível uhf rfid anti etiqueta do metal para a gestão do asset.** [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/p-detail/China-1600084867527.html?spm=a2700.7724857.0.0.2d1838606mTzPd>. Acesso em: 13 jul. 2023.

SILVA, Edna Lucia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** UFSC, Florianópolis, 4a. edição, v. 123, 2005.

SILVA, José Pereira da. **Análise financeira das empresas**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

SOARES, J. A. R. **A análise de risco, segundo o método de Monte Carlo, aplicada à modelagem financeira das empresas**. Porto Alegre, RS. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS. 2006. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10799/000601545.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 06 nov. 2023.

SONDALINI M. **What is the difference between a critical spare and a strategic spare, as we normally combine both as one. Is this right or not?** Plant Wellness Way – PWW. 2017.

STORE, A. **The beginner's guide to RFID systems**. 2022. Disponível em: <<https://rfid.atlasrfidstore.com/hs-fs/hub/300870/file-252314647-pdf/Content/basics-of-an-rfid-system-atlasrfidstore.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2023.

TAPIA, Dante; CUELI, José; GARCÍA, Óscar; CORCHADO, Juan; BAJO, Javier; SAAVEDRA, Alberto. Identificación por Radiofrecuencia: Fundamentos y Aplicaciones. Las Jornadas Científicas sobre RFID, Ciudad Real, p. 1-8, 21 nov. 2007. Disponível em: <[https://bisite.usal.es/archivos/articulo\\_rfid\\_fundamentos.pdf](https://bisite.usal.es/archivos/articulo_rfid_fundamentos.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2023.

TECNOLOGIES, Z. **Tips for RFID Smart Label Printing/Encodin**. Zebra Technologies. 2013. Disponível em: <<https://www.zebra.com/content/dam/zebra/white-papers/en-us/rfid-smart-label-en-us.pdf#:~:text=An%20RFID%20encoder%20inside%20the%20printer%20writes%20pre-determined,the%20RFID%20tag%20using%20radio%20frequency%20%28RF%29%20transmission>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

VIAONDA. **Viaonda: Introdução RFID**. Página especializada em detalhamento e especificações de produtos e softwares. 2023. Disponível em: <[https://docs.viaondarfid.com.br/assets/files/antena\\_6dbia576f92a2119563e980d7a4aabe2ec04.pdf](https://docs.viaondarfid.com.br/assets/files/antena_6dbia576f92a2119563e980d7a4aabe2ec04.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2023.

VIERA, Angel Freddy Godoy; VIERA, Sonia Dominga Godoy; VIERA, Lourdes Elizabeth Godoy. **Tecnologia de identificação por radiofrequência: fundamentos e aplicações em automação de bibliotecas**. Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação, n. 24, p. 182-202, 2007. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/147/14702413.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2023.

WANDERLEY Mayara Nayane Dias; HOLANDA Lucyanno Moreira Cardoso de; OLIVEIRA Josenildo Brito de. **A Implantação da Tecnologia Radio Frequency Identification (rfid) em Processos Logísticos de uma Indústria de Baterias**. Simpósio em Gestão Excelência e Tecnologia. 2014. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/35620399.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2023.

XIONG, Joercia; **Leitor livre c + sdk 5-6m uhf rfid, leitor de longo alcance embutido 6dbi antena circular rs232 wg26 usb relé ethernet para acesso do veículo**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/p-detail/Free-1600539831148.html?spm=a2700.wholesale.0.0.407e3ef2DhzKgt>. Acesso em: 28 jul. 2023.

YAN, Yi *et al.* Circularly polarized RFID tag antenna design for metallic poles using characteristic mode analysis. **IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters**, v. 18, n. 7, p. 1327-1331, 2019. Disponível em: <  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8708215>>. Acesso em: 28 jul. 2023.

## **APÊNDICE A**

### **Roteiro da Entrevista**

- 1 - Como é feito o controle de rastreamento das peças?
- 2 - Quais são os problemas nesse processo?
- 3 - Já ocorreu do material está no *Split* e não ser encontrado? Isso é recorrente?
- 4 - Quantidade de peças sobressalentes?
- 5 - Quantidade de peças sobressalentes críticas?
- 6 - Quais são as áreas que as peças sobressalentes podem ser movimentadas?