



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**BRUNO DERNER DE OLIVEIRA**

**MATHEUS MAGALHÃES SARAIVA**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO RFID RESIDENCIAL**

Palhoça

2023

**BRUNO DERNER DE OLIVEIRA**  
**MATHEUS MAGALHÃES SARAIVA**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO RFID RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientadora: Prof. Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro, Ms. Eng.

Palhoça

2023

**BRUNO DERNER DE OLIVEIRA**  
**MATHEUS MAGALHÃES SARAIVA**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO RFID RESIDENCIAL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, (dia) de (mês) de (ano da defesa).

---

Professora e orientadora Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro, Ms. Eng.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Nome do Professor, Dr./Ms./Bel./Lic  
Universidade...

---

Prof. Nome do Professor, Dr./Ms./Bel./Lic  
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais, Daniel Antônio de Oliveira, Neli Derner e ao meu irmão Rafael Derner de Oliveira (Bruno Derner de Oliveira)

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Lucia Soares e Elizeu Magalhães Saraiva (Matheus Magalhães Saraiva)

## AGRADECIMENTOS

**Bruno Derner De Oliveira:** Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Daniel Antônio de Oliveira e Neli Derner, que fizeram tudo o possível desde o meu nascimento para me apoiar e incentivar incondicionalmente.

Além deles, agradeço ao meu irmão mais novo, Rafael Derner de Oliveira, que sempre esteve ao meu lado me apoiando nos melhores e piores momentos.

Sem esquecer de agradecer aos professores e principalmente a orientadora deste trabalho, Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro.

**Matheus Magalhães Saraiva:** À minha família, meu pai Elizeu Magalhães Saraiva, minha mãe Maria Lucia Soares Saraiva, por terem se esforçado desde o primeiro dia para me dar todas as oportunidades ao seu alcance e meu irmão Elias Magalhães Saraiva por sempre escutar sobre minhas dores.

Ao meu Amigo Carlos Eduardo Pedro Junior, agradeço ter me convencido a realizar a prova do ENEM, onde consegui a bolsa que me permitiu realizar esse curso.

À nossa orientadora, Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro, agradeço ter aceitado disponibilizar seu tempo para nos conduzir nesse trabalho nesse trabalho de conclusão de curso.

“A lógica levará você de A a B. A imaginação levará você a qualquer lugar” (Albert Einstein, 1929).

## RESUMO

O aluguel de imóveis por curto período tem ficado cada vez mais comum no Brasil e no mundo, a criação de plataformas como *Airbnb* facilitam na divulgação e contratação desse serviço. Porém com a grande popularidade dessa modalidade muitos problemas com furtos de bens materiais têm acontecido.

Para mitigar esse grave problema, esse trabalho vai abordar uma forma simples e barata de equipamento de segurança desenvolvido em outras áreas do mercado, porém ajustada e aplicada em alocação de imóveis.

O sistema desenvolvido tem como base o uso de tecnologia RFID, utilizando microcontrolador ESP 32, sensores para identificação das etiquetas de RF e internet das coisas (*IoT*).

As principais funções do sistema desenvolvido é a identificação que um equipamento com etiqueta está sendo retirado do imóvel e a notificação do evento ao proprietário.

Palavras-chave: Monitoramento. RFID. *IoT*.

## **ABSTRACT**

The short-term rental of properties has become increasingly common in Brazil and worldwide, with platforms like Airbnb facilitating the promotion and booking of such services. However, due to the widespread popularity of this modality, many issues related to theft of personal belongings have arisen.

To address this significant problem, this study will explore a straightforward and cost-effective security solution adapted from other market sectors and applied to property rentals. The system developed is based on the use of RFID (Radio-Frequency Identification) technology, utilizing the ESP32 microcontroller, RF tag sensors, and the Internet of Things (IoT).

The primary functions of the system include identifying when an item with an RFID tag is being removed from the property and notifying the property owner of the event.

**Keywords:** Monitoring. RFID. IoT.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Linha do tempo .....	19
<b>Figura 2</b> - Linha do tempo da década de 80 aos dias atuais .....	20
<b>Figura 3</b> - Exemplo de um sistema RFID .....	21
<b>Figura 4</b> - Exemplo de etiqueta passiva.....	22
<b>Figura 5</b> - Exemplo de tag ativa .....	23
<b>Figura 6</b> - Leitor RFID .....	24
<b>Figura 7</b> - Antena RFID externa.....	25
<b>Figura 8</b> - Antena RFID interna impressa no circuito.....	25
<b>Figura 9</b> - Pedágio com aplicações do RFID.....	27
<b>Figura 10</b> - Tags utilizadas no monitoramento de lixo.....	28
<b>Figura 11</b> - Cápsula com tecnologia RFID em comparação com um termômetro.....	29
<b>Figura 12</b> - Sistema RFID aplicado .....	30
<b>Figura 13</b> - ESP 32 .....	32
<b>Figura 14</b> - RDM 6300 .....	33
Figura 15 - Antena do projeto .....	34
Figura 16 - Modelos de TAG .....	35
Figura 17 - TH 1000 .....	36
<b>Figura 18</b> - Fluxograma da comunicação .....	37
<b>Figura 19</b> – Montagem do <i>hardware</i> .....	39
<b>Figura 20</b> - Montagem do <i>hardware</i> .....	40
<b>Figura 21</b> - Montagem do <i>hardware</i> .....	40
<b>Figura 22</b> – Placa RDM 6300.....	41
<b>Figura 23</b> – Bibliotecas utilizadas .....	42
<b>Figura 24</b> – Tela de configuração .....	43
<b>Figura 25</b> – Configuração <i>Terminal</i> .....	44
<b>Figura 26</b> - Tela de Menu .....	44
<b>Figura 27</b> – Código para conexão wifi .....	45
<b>Figura 28</b> – Código para conexão <i>Wi-fi</i> .....	46
<b>Figura 29</b> - Essa figura será alterada apenas para ajustarmos os textos .....	47
<b>Figura 30</b> - Tela de configurações <i>IFTTT</i> .....	48
Figura 31 - Menu Inserir link .....	49
<b>Figura 32</b> – Tela apresentando <i>Void RetiraTag</i> .....	50

<b>Figura 33</b> - Integração com IA .....	51
<b>Figura 34</b> - Botões virtuais .....	52

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Faturamento das Unidades da Empresa Química “X” e escalonamento da matriz e filiais no período de 1998-2000.....	16
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de frequências RFID.....	26
<b>Tabela - 2</b> .....	<b>41</b>

## LISTA DE SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
GND	<i>Graduated neutral desity filter</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IDE	<i>Integrated development environment</i>
IOT	<i>Internet of Things</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
GPIO	<i>General purpose Input/output</i>
APP	<i>Application</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	16
1.3	OBJETIVOS .....	16
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>16</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
2.1	SEGURANÇA RESIDENCIAL E RFID .....	17
2.2	CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA .....	17
2.3	TECNOLOGIA RFID.....	20
<b>2.3.1</b>	<b>Etiquetas RFID</b> .....	<b>21</b>
2.3.1.1	Etiqueta Passiva .....	21
2.3.1.2	Etiqueta Ativa .....	22
2.3.1.3	Etiqueta semi-ativas .....	23
<b>2.3.2</b>	<b>Leitor RFID</b> .....	<b>23</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Antena</b> .....	<b>24</b>
2.4	SISTEMA RFID .....	26
<b>2.4.1</b>	<b>Via Verde</b> .....	<b>26</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Monitoramento do Recolhimento de Lixo usando RFID</b> .....	<b>27</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Area Automotivo</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Area da Saúde</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4.5</b>	<b>RFID aplicado no monitoramento e prevenção contra furtos</b> .....	<b>29</b>
2.5	PROJETO.....	30
<b>2.5.1</b>	<b>Placa de Desenvolvimento</b> .....	<b>31</b>
2.5.1.1	ESP 32.....	31
<b>2.5.2</b>	<b>Etiqueta, leitor Antena</b> .....	<b>32</b>
2.5.2.1	Leitor.....	32
2.5.2.1.1	<i>RDM 6300</i> .....	33
2.5.2.2	Antena .....	33
2.5.2.3	Etiqueta .....	34
2.5.2.3.1	<i>TH 1000</i> .....	35
<b>2.5.3</b>	<b>Linguagem de programação</b> .....	<b>36</b>

2.5.4	Aplicativo e comunicação .....	36
3	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>38</b>
4	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>39</b>
4.1	MONTAGEM DO <i>HARDWARE</i> .....	39
4.1.1	<b>Leitor RDM 6300 .....</b>	<b>41</b>
4.1.2	<b>ESP 32 .....</b>	<b>42</b>
4.2	DESENVOLVIMENTO DO <i>SOFTWARE</i> .....	42
4.2.1	<b>Configuração do <i>hardware</i> .....</b>	<b>43</b>
4.2.1.1	Sistema Wi-fi .....	45
4.2.2	<b>Comunicação <i>IoT</i> .....</b>	<b>46</b>
4.2.2.1	IFTTT .....	46
4.2.2.2	Comunicando o ESP 32 com o <i>IFTTT</i> .....	49
4.2.2.3	Comunicação com IA.....	51
4.2.3	<b>Dificuldades e problemas encontrados.....</b>	<b>53</b>
5	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>54</b>
5.1	SUGESTÕES DE MELHORIAS .....	54
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os furtos em imóveis alugados são um problema frequente tanto no Brasil quanto em outros países ao redor do mundo. Inquilinos e proprietários muitas vezes ficam preocupados com a segurança de suas propriedades, especialmente quando esses imóveis estão vazios ou desocupados por um período prolongado. Além disso, os custos financeiros e emocionais associados aos furtos em imóveis alugados podem ser significativos, com danos à propriedade e perda de bens pessoais valiosos.

O *Airbnb* se tornou uma das plataformas de compartilhamento de imóveis mais populares do mundo, permitindo que proprietários aluguem suas casas ou apartamentos para viajantes em busca de acomodações mais autênticas e econômicas. No entanto, podemos ver vários relatos de proprietários de imóveis que tiveram seus pertences furtados durante essa estadia, como exemplo podemos mencionar um caso em que uma proprietária teve um prejuízo de mais de 12 mil euros. (Fonte: Site olhar digital, por Layse Ventura, 2021)

De acordo com notícias do UOL de novembro de 2015, uma brasileira teve todos os itens de valor levados de seu apartamento alugado pelo *Airbnb*, resultando em um prejuízo de mais de 12 mil euros. O dinheiro e os documentos foram deixados para evitar que as autoridades fossem contatadas e o roubo se tornasse ainda mais grave.

E muitas vezes a plataforma, se isenta de qualquer responsabilidade, no Brasil pelas nossas leis a plataforma deveria responder sim pelo ocorrido, mas na prática pode levar dias ou até meses para conseguir alguma solução definitiva causando danos financeiros e psicológicos. Por isso ter um sistema de segurança eficiente para tentar evitar esse tipo de situação é de extrema importância nesses cenários.

## 1.1 Justificativa

Os sistemas de monitoramento residenciais atuais ainda possuem muitas carências, uma delas é monitorar os objetos de valor na residência, principalmente se tratando de imóveis alugados onde utilizar sistema de monitoramento visual não é bem aceito. Nesse caso, a tecnologia RFID pode trazer bons avanços para essa necessidade, ajudando nesse monitoramento e trazendo um pouco mais de tranquilidade aos locatários.

## 1.2 Definição do problema

Neste trabalho vamos desenvolver um sistema para monitoramento de objetos baseado em RFID, para imóveis de aluguel visando auxiliar a evitar furtos e por consequência prejuízos ao proprietário do imóvel.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa apresentar e desenvolver as vantagens na utilização de RFID para monitoramento remoto de objetos em um imóvel alugado.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Atendendo o objetivo geral, também será possível atender os seguintes objetivos específicos:

- a) Montar o *hardware* do sistema de monitoramento RFID, a placa do leitor, antena e placa de desenvolvimento.
- b) Programar o ESP32 (Placa de desenvolvimento) para comunicar-se com o RDM6300 (leitor RFID)
- c) Programar o ESP32 para conectar-se ao Wi-Fi.
- d) Programar o ESP32 para, ao ler as etiquetas, comunicar-se com um aplicativo próprio ou de terceiros fazendo com que haja integração com a IoT.
- e) Integrar o sistema de monitoramento RFID desenvolvido com um assistente virtual, como a Alexa da Amazon.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta sessão serão apresentados os principais métodos e dispositivos utilizados para monitoramento e controle de equipamentos e bens de consumo. Além das características dos componentes eletrônicos e sensores utilizados, com foco em sistemas que utilizam comunicação RFID. Os sistemas RFID são compostos por três componentes básicos: Etiqueta (*tag*), leitor e antena.

### 2.1 Segurança residencial e RFID

A tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID) é uma das mais populares para identificação automática. Essa tecnologia utiliza etiquetas que contêm componentes simples de comunicação, armazenamento e computação que podem se comunicar sem fio com leitores a uma certa distância. Se um objeto tiver uma etiqueta RFID, ele pode ser facilmente identificado e rastreado pelos leitores. (RFID *Technologies for Internet of Things*, 2016).

O RFID também é utilizado em vários setores de segurança eletrônica, como por exemplo controle de acesso condominial e residencial, o intuito desse projeto é implementar o monitoramento dos objetos de valor na residência. Hoje existem sistemas de segurança semelhantes utilizando outras tecnologias como *bluetooth* ou *zigbee*, porém esses sistemas têm algumas desvantagens, como por exemplo nessas tecnologias é utilizado o sinal de um *Hub* que centraliza as etiquetas, e dependendo da área que o *Hub* alcança pode não cobrir toda a residência, então se uma pessoa mover o objeto dentro da residência dependendo do local acionará um alarme falso.

### 2.2 Contextualização Histórica

A tecnologia RFID (*Radio-Frequency Identification*) foi desenvolvida ao longo de várias décadas, com avanços em várias áreas da eletrônica e da tecnologia de comunicação sem fio. A história do RFID começa no início do século 20, quando a radiotelefonia foi inventada e a ideia de usar ondas de rádio para transmitir informações sem fio começou a ser explorada.

Harry Stockman é uma figura importante na história do RFID. Ele foi um físico americano que, em 1948, publicou um artigo intitulado "*Communication by Means of Reflected Power*" (Comunicação por Meio de Energia Refletida, em tradução livre) na revista

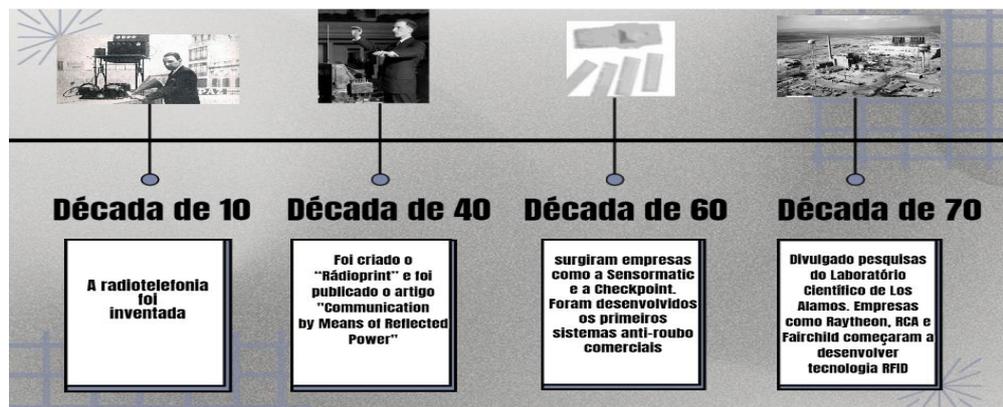
*Proceedings of the IRE (Institute of Radio Engineers)*. (RFID: A Guide to Radio Frequency Identification, 2007)

Nesse artigo, Stockman descreveu a ideia de usar ondas de rádio para transmitir informações e receber a resposta de um objeto, sem que houvesse a necessidade de contato físico ou linha de visão direta. (RFID: A Guide to Radio Frequency Identification, 2007)

O primeiro dispositivo que pode ser considerado um precursor do RFID moderno foi o "Identificação por Rádio", ou "*Radioprint*", criado em 1945 pelo engenheiro britânico Léon Theremin. O *Radioprint* era composto por duas antenas, uma transmissora e outra receptora, e um oscilador que gerava um sinal de rádio. Quando um objeto era colocado entre as antenas, ele refletia parte do sinal, que era detectado pela antena receptora. Com base na mudança de amplitude e fase do sinal, era possível determinar a presença e a posição do objeto. (RFID: A Guide to Radio Frequency Identification, 2007)

No final da década de 1960, surgiram algumas empresas comerciais como a Sensormatic e a Checkpoint, que foram criadas com o objetivo de desenvolver equipamentos de vigilância eletrônica de artigos (EAS) para aplicações de segurança e anti-roubo. Esses sistemas eram simples, com capacidade de apenas detectar a presença de etiquetas RFID, sem identificá-las. No entanto, mais tarde, o EAS se tornou o primeiro uso generalizado de RFID para fins comerciais. (RFID: A Guide to Radio Frequency Identification, 2007)

Na década de 1970, conforme análise da linha do tempo na figura 1, houve um grande avanço na tecnologia de RFID, com empresas, instituições acadêmicas e laboratórios governamentais cada vez mais envolvidos no desenvolvimento da tecnologia. Grandes avanços foram feitos em pesquisas, e em 1975, o Laboratório Científico de Los Alamos divulgou uma grande parte de sua pesquisa em RFID em um artigo público intitulado "*Short-Range Radio-telemetry for Electronic Identification Using Modulated Backscatter*", escrito por Alfred Koelle, Steven Depp e Robert Freyman. Grandes empresas como Raytheon, RCA e Fairchild também começaram a desenvolver tecnologia de identificação eletrônica. Em 1978, um transponder de micro-ondas passivo foi desenvolvido. (RFID: A Guide to Radio Frequency Identification, 2007)

**Figura 1** - Linha do tempo

**Fonte:** Criado pelos autores do trabalho, 2023

Durante a década de 1980, a tecnologia de RFID começou a ser amplamente utilizada em sistemas comerciais simples, como gerenciamento de gado, controle de acesso sem chave e sistemas de acesso de pessoal. Além disso, organizações como a Associação das Ferrovias Americanas e o Programa Cooperativo de Movimentação de Contêineres começaram a se interessar pela tecnologia e a utilizá-la em suas operações. (RFID: A Guide to Radio Frequency Identification, 2007)

Em meados da década de 1990, os sistemas de pedágio RFID passaram a operar em velocidades de rodovia, o que significa que os motoristas poderiam passar por pedágios sem precisar parar. (RFID: A Guide to Radio Frequency Identification, 2007)

Avanços na tecnologia de materiais durante a década 1990, muitos deles relacionados ao trabalho dos fabricantes de *chips* semicondutores como IBM, Intel, AMD e Motorola, finalmente colocaram etiquetas econômicas no horizonte. (RFID: A Guide to Radio Frequency Identification, 2007)

Ainda nessa década muitas organizações iniciaram esforços para a padronização do RFID, como a Conferência Europeia dos Correios e Administrações de Telecomunicações (CEPT) e a Organização Internacional de Padrões (ISO). (RFID: A Guide to Radio Frequency Identification, 2007)

Nos primeiros anos dos anos 2000, a tecnologia RFID se desenvolveu a ponto de se tornar possível produzir etiquetas RFID por um valor de US \$ 0,05, levando à possibilidade de que a tecnologia pudesse substituir os sistemas de código de barras. Grandes empresas como Walmart, DoD, Target, Proctor & Gamble e Gillette adotaram a tecnologia RFID, com o Walmart e DoD emitindo mandatos exigindo que seus fornecedores adotem a tecnologia até 2005. O Auto-ID Center foi incorporado à EPCglobal em 2003, e a tecnologia da EPC foi adotada pelas empresas mencionadas anteriormente. A convergência de padrões para a

tecnologia EPC acelerou a implantação da tecnologia RFID e criou um mercado comum para orientação e concorrência entre os players do setor. Na figura 2 podemos visualizar os últimos anos de evolução até os dias atuais. (RFID: *A Guide to Radio Frequency Identification*, 2007).

**Figura 2** - Linha do tempo da década de 80 aos dias atuais



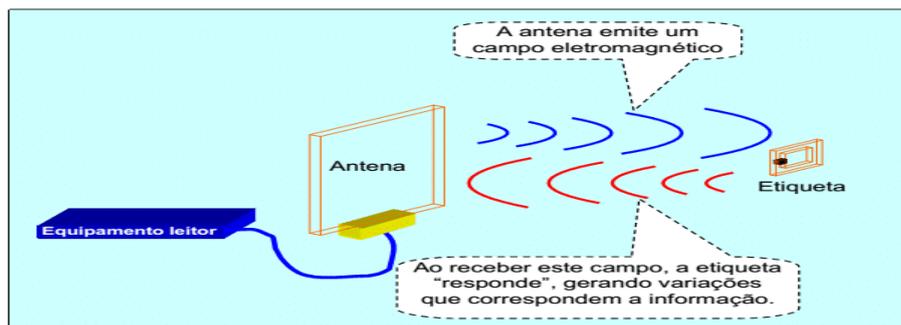
**Fonte:** Criado pelos autores do trabalho, 2023

Desde então, a tecnologia RFID tem sido aprimorada continuamente, com o desenvolvimento de *tags* menores e mais eficientes, leitores mais potentes e precisos, e padrões de comunicação padronizados que permitem a integração entre sistemas de diferentes fabricantes. Além do desenvolvimento do RFID, essa tecnologia começou a ser integrada com a *IoT*, hoje já existem vários sistemas integrados dessa forma como sistemas de controle de acesso de veículos e pessoas, fechaduras eletrônicas residenciais, e vários outros sistemas do gênero. (RFID: *A Guide to Radio Frequency Identification*, 2007)

### 2.3 Tecnologia RFID

As etiquetas RFID contém um microchip com um identificador exclusivo e uma antena para se comunicar com os leitores. Quando o leitor é colocado próximo da etiqueta, ele emite um sinal de rádio que é captado pela antena da etiqueta, conforme a figura 3, ativando o microchip que responde com as informações armazenadas na memória da etiqueta, os dados coletados da etiqueta pelo leitor são filtrados e direcionados para uma aplicação por um *software*. Essas informações podem ser dadas como números de série, códigos de barras, informações de localização, entre outras.

**Figura 3** - Exemplo de um sistema RFID



**Fonte:** O Portal Embarcados, 2023

### 2.3.1 Etiquetas RFID

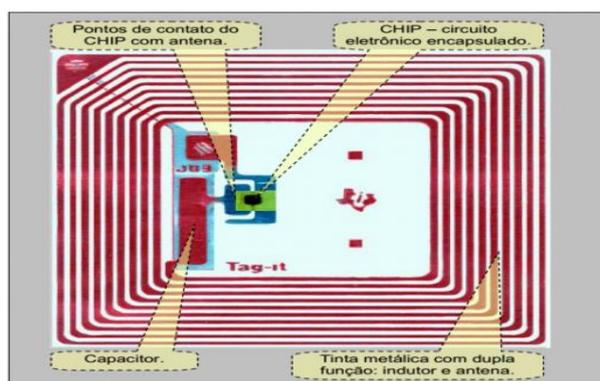
As etiquetas hoje podem ser classificadas em três categorias:

- (1) etiquetas passivas, que são alimentadas pela onda de rádio de um Leitor RFID
- (2) etiquetas ativas, que são alimentadas por suas próprias fontes de energia
- (3) etiquetas semi-ativas, que usam fontes internas de energia para alimentar seus circuitos enquanto se comunicam com o leitor.

#### 2.3.1.1 Etiqueta Passiva

As etiquetas RFID passivas não possuem fonte de energia integrada. Em vez disso, elas obtêm energia para transmitir dados a partir do sinal enviado pelo receptor, por isso as etiquetas passivas são tipicamente menores e menos caras de produzir do que as *tags* ativas. Porém, o alcance das etiquetas passivas é muito mais curto do que o das etiquetas ativas, às vezes abaixo de dois pés. Além disso, elas requerem receptores mais robustos e possuem capacidade de memória menor, na ordem de alguns *kilobytes*. Na figura 4 temos o exemplo de um tipo de etiqueta passiva. (RFID: *A Guide to Radio Frequency Identification*, 2007)

**Figura 4** - Exemplo de etiqueta passiva



**Fonte:** O Portal Embarcados

### 2.3.1.2 Etiqueta Ativa

As *tags* RFID são classificadas como ativas se possuem uma fonte de energia integrada, como uma bateria, e utilizam essa energia para transmitir dados para o leitor. Essa fonte de energia permite que as *tags* ativas se comuniquem com interrogadores menos poderosos e transmitam informações por distâncias maiores, podendo chegar a centenas de metros. Além disso, elas possuem memórias maiores, com capacidade de até 128 *Kbytes*. No entanto, as *tags* ativas, conforme na figura 5, são maiores e mais complexas que as *tags* passivas, tornando-as mais caras para serem produzidas. A vida útil da bateria em uma *tag* ativa pode variar de dois a sete anos. (RFID: *A Guide to Radio Frequency Identification*, 2007)

**Figura 5** - Exemplo de tag ativa



**Fonte:** Direct Industry, 2023

### 2.3.1.3 Etiqueta semi-ativas

Algumas etiquetas passivas têm baterias integradas, mas não usam essas baterias para auxiliar na transmissão do sinal de rádio. Esses tipos de *tags* passivas são chamadas etiquetas assistidas por bateria e usam a bateria apenas para alimentar o *chip*. Essa é a chamada etiqueta semi-passiva, no caso ela usa a bateria para alimentar o *chip* e guardar dados que podem ser recebidos depois em outros leitores, esse tipo de etiqueta pode ser aplicada em vários cenários como sensores de controle de temperatura, pressão, umidade relativa do ar, aceleração, vibração, movimento e altitude em produtos que exijam esse monitoramento. (RFID: *A Guide to Radio Frequency Identification*, 2007)

### 2.3.2 Leitor RFID

Um leitor RFID geralmente é uma placa de circuito impresso encapsulada ou não que terá uma série de componentes projetados para ler e/ou escrever os dados armazenados em um determinado tipo de etiqueta e transmitir essa informação para um computador, banco de dados, entre outras opções que possam armazenar ou utilizar esses dados para alguma solução. O tipo de leitor também vai mudar dependendo da frequência que será utilizada nas etiquetas. Figura 6 exemplifica um tipo de leitor RFID disponível no mercado.

**Figura 6 - Leitor RFID**

**Fonte:** Intelbras, 2020

Os leitores variam de tamanho dependendo da aplicação, pode ser um aparelho grande ou pequeno o suficiente para ser colocado dentro de um celular. Geralmente quanto maior o leitor, maior será o alcance para conseguir ler as etiquetas, pois sua potência será maior. (syscontro, 2023)

Os leitores fixos são montados em um único local, próximos a uma linha de transportadores contínuos, por exemplo, ou em torno de uma porta de doca, enquanto os leitores portáteis podem ser montados em empilhadeiras ou projetados como dispositivos portáteis. Os leitores portáteis normalmente possuem um alcance de leitura reduzido. (syscontro, 2023)

### 2.3.3 Antena

Nos sistemas RFID nós vamos ter no mínimo duas antenas, uma que será ligada ao leitor, e outra que estará na etiqueta, como já vimos na etiqueta essa antena pode ou não ser amplificada por uma bateria interna. No receptor essa antena também pode ser amplificada, assim como nas etiquetas pode ser utilizando uma bateria, nesse caso geralmente para os receptores portáteis, mas também pode ser amplificada por uma fonte ligada direto na rede elétrica, geralmente utilizado nos receptores fixos.

Além da amplificação, outro fator que vai influenciar no alcance do sistema é o tamanho da antena do receptor, quanto maior a antena, geralmente seu ganho é maior, e quanto menor a antena, menor será seu ganho. (grupocpcon, 2023)

Um fator importante para a escolha da antena em um sistema é se a antena do receptor será interna ou externa. Muitos desses dispositivos se projetam para funcionar em condições

diversas. Ou seja, os ambientes externos e fatores como água, poeira e temperaturas elevadas ou baixas afetam diretamente o sistema RFID. (grupocpcon, 2023)

As antenas externas funcionam separadamente do leitor RFID de maneira que não sejam um único dispositivo. Essas antenas oferecem mais possibilidades de configuração e flexibilidade. (grupocpcon, 2023)

**Figura 7** - Antena RFID externa



**Fonte:** Acura

Já as antenas RFID internas ajudam a economizar espaço e a construir um sistema mais móvel, sem a necessidade da preocupação com cabos. O que faz com que esse tipo de antena seja ideal para varejo e distribuição. Pois, geralmente, são pequenas e fáceis de usar. (grupocpcon, 2023)

**Figura 8** - Antena RFID interna impressa no circuito.



**Fonte:** Aranacorp, 2022

A maioria das antenas dos leitores de RFID ainda não é do tipo “*plug-and-play*”. O usuário final pode trabalhar junto ao fornecedor, para escolher e posicionar uma antena adequada e instalar barreiras, se necessário. Podemos identificar na figura 7 e 8 os tipos de antenas. (syscontrol, 2023)

Outro fator importante para a antena seja ela interna ou externa é a frequência de operação, tanto a frequência da antena do receptor, quanto a frequência da etiqueta devem ser a mesma, assim como sua polaridade para poder se comunicar e ter o melhor alcance do sistema.

Os sistemas de RFID são também distinguidos pela sua frequência. Sistemas de baixa frequência (30 kHz a 500 kHz) têm alcance de leitura pequeno e baixo custo. Eles são mais comumente usados em controle de acesso e aplicações de identificação animal. Sistemas de alta frequência (850 MHz a 950 MHz e 2.4 GHz a 2.5 GHz) com alcance e velocidades de leitura altos, são usados para aplicações como localização de vagões de trem e cobrança de pedágio automatizado. Entretanto, o melhor desempenho da alta frequência implica em custos mais altos. Na tabela 1 podemos verificar melhor as características de cada faixa de frequência. (Acuram, 2023)

Tabela 1 - Tabela de frequências RFID

Classificação	Largura de banda	Característica
Baixa frequência	30 KHz a 500 KHz	Alcance baixo de leitura e baixo custo
Alta frequência	850 KHz a 950 MHz 2.4GHz a 2.5 GHz	Alcance, velocidades de leitura altos e elevado custo

Fonte: Autores, 2023

## 2.4 Sistema RFID

O RFID é usado em uma variedade de aplicações, desde controle de estoque e gestão de cadeia de suprimentos até rastreamento de animais e pessoas, passando por sistemas de pagamento sem contato em transportes públicos, acesso a edifícios e controle de bagagens em aeroportos, entre outras.

### 2.4.1 Via Verde

Este sistema foi desenvolvido utilizando uma *tag* semi-ativa. Este dispositivo possui uma pilha usada apenas para alimentar o sistema de circuitos internos. A identificação da *tag* está associada geralmente a um cartão de débito ou crédito. Sendo assim, os pagamentos não

necessitam de qualquer intervenção do utilizador para conclusão da transação. Podemos exemplificar na figura 9 uma estação de pedágio com a implementação do RFID.

**Figura 9** - Pedágio com aplicações do RFID



**Fonte:** Canaltech, por Paulo Amaral, 18 de janeiro de 2023

O sistema foi criado para permitir aos condutores de veículos pagarem os pedágios das auto-estradas de uma forma automática. Mas hoje já podemos verificar a abrangência de aplicações dessa tecnologia, como pagamentos para estacionamento e postos de gasolina. (Fonte: Pedro Isidoro Prata, Sistemas de Localização para Ambientes Interiores baseados em RFID, 2008).

#### **2.4.2 Monitoramento do Recolhimento de Lixo usando RFID**

Na Grécia foi implementado um sistema que utiliza RFID para monitorar o recolhimento de lixo nas ruas do município de Aspropyrgos. Para isso, todos os contentores estão equipados com uma *tag* passiva em UHF (Frequência ultra alta), conforme a imagem 10. Desta forma os responsáveis têm acesso aos itinerários da recolha do lixo, conseguem monitorar e gerir o recurso pessoal e de volume de lixo produzido. (Fonte: Pedro Isidoro Prata, Sistemas de Localização para Ambientes Interiores baseados em RFID, 2008).

**Figura 10** - Tags utilizadas no monitoramento de lixo



Fonte: Huayaun, 2020

### 2.4.3 Area Automotivo

Dentro da área automotiva as aplicações consistem na maioria dos casos em sistemas de segurança e anti-furto. Podemos citar o imobilizador eletrônico, que consiste em um transponder empregado como chaveiro ou inserido dentro da chave do veículo. Neste caso os transponders são utilizados para codificar e diferenciar as chaves e até mesmo armazenar informações pessoais e personalizadas dos proprietários. Nos veículos que utilizam essa tecnologia em RFID, quando o motorista coloca a chave em contato, um micro leitor recebe o código encriptado do transponder e a partida é liberada. (Fonte: Projeto de graduação: Estudo da tecnologia de identificação por radiofrequência - RFID, Brasília, 12 de dezembro de 2006. Por Alessandro de Souza Oliveira e Milene Franco Pereira).

### 2.4.4 Area da Saúde

Existem vários tipos de etiquetas RFID, inclusive foram criadas etiquetas que possibilitam a introdução no corpo humano. Nessa etiqueta é possível colocar diversas informações pessoais de um paciente, por exemplo. Essas informações podem ir desde o nome, o tipo sanguíneo até a detalhes do estado de saúde, a fim de apressar o tratamento. No momento, estas etiquetas são usadas em pacientes que requerem cuidados especiais, como portadores de Alzheimer e outros que necessitam de tratamentos complexos. Podemos verificar na figura 11 o tamanho das capsulas RFID. (Baseado em: Aplicação da Tecnologia de Identificação por

Radiofrequência (RFID) para o Controle de bens Patrimoniais pela web, por Marcelo Gonçalves Narciso, 2008).

**Figura 11** - Cápsula com tecnologia RFID em comparação com um termômetro



**Fonte:** Dreamstime, 2023

#### **2.4.5 RFID aplicado no monitoramento e prevenção contra furtos**

Um grande problema encontrado hoje em dia em lojas de conveniências, bibliotecas e lojas de departamento é o furto. Como contramedida a esse crime, são adotadas diversas medidas, como a instalação de câmeras de segurança, contratação de pessoas capacitadas e a aplicação de diversos sistemas que auxiliam no controle e prevenção. Um desses sistemas amplamente utilizados é o de etiquetas RFID junto com antenas estrategicamente posicionadas que emitem alarme quando algum produto que contém esses dispositivos RF passa por uma determinada zona. Para aplicar esses sistemas nesses estabelecimentos, é preciso das etiquetas RFID, dos leitores, um sistema de comunicação e detecção, alarmes que podem ser sonoros ou não, além do monitoramento e controle para desativação dessas etiquetas.

As etiquetas RFID, como já explicado anteriormente, também chamadas de *tags*, são dispositivos eletrônicos compostos por um microchip e uma antena. Elas são anexadas em peças de roupas, livros ou qualquer equipamento necessário, de forma totalmente discreta. Cada tipo de etiqueta contém um número de identificação exclusivo e pode ser programada para armazenar informações adicionais, como preço, modelo, tamanho, título entre outros. (Baseado em Estudo e Implementação de controladores para sistemas RFID, por Debóra Andrade Bastos e Flavia Marques da Silva, Brasília, dezembro de 2007

**Figura 12** - Sistema RFID aplicado



**Fonte:** nControl, desconhecido

Já os leitores RFID são equipamentos posicionados geralmente nas entradas e saídas, eles emitem sinais de radiofrequência em uma determinada faixa. Por sua vez as etiquetas refletem esse sinal novamente para antenas que e elas detectam e identificam o número exclusivo da *tag*. Após a identificação, os leitores (antenas), se comunicam com um *software*, que faz a leitura do código de identificação do produto e verifica se as etiquetas foram desativadas ou retiradas de forma correta. Caso elas não tenham sido removidas de forma correta o sistema emite um sinal para que os alarmes disparem ou até mesmo enviem mensagens para os dispositivos dos funcionários alertando que o produto está sendo furtado.

Para a desativação das *tags*, quando o cliente passa no caixa o funcionário responsável tem um equipamento que emite um sinal RFID desativando a etiqueta, assim quando o cliente passa com o produto pelas antenas o sistema não identifica como produto furtado.

Além da prevenção de furto a tecnologia RFID pode ser utilizada para outras aplicações conforme já abordado neste trabalho. (Baseado em Tecnologia de identificação por radiofrequência: fundamentos e aplicações em automação de bibliotecas, Universidade federal de Santa Catarina, maio de 2007).

## 2.5 Projeto

Nesse tópico vamos listar todos os componentes que vão ser integrados em nosso projeto e explicar suas devidas características. Nesse projeto será necessária uma placa de desenvolvimento, Leitor, antena e etiqueta RFID, além do aplicativo.

## 2.5.1 Placa de Desenvolvimento

Segundo o *site* Robocraze, placas de desenvolvimento são placas de circuito impresso tendo como seu centro de funcionamento um microcontrolador, nessa placa além do microcontrolador estão dispostos uma série de componentes eletrônicos para facilitar seu manuseio. Essas placas podem ter objetivos didáticos e industriais, desde ajudar no aprendizado de novas linguagens de programação até serem utilizadas em projetos que precisam de determinada eficiência.

Essas placas são preferidas em projetos de protótipos e outros principalmente pela otimização do tempo, pois eliminaria o tempo de montar todo o circuito que envolve o microcontrolador e suas saídas, nas placas de desenvolvimentos já existem uma série de saídas de fácil acesso para acoplar os demais componentes do projeto precisando apenas programar o microcontrolador para interagir com os componentes de forma simplificada, isso também ajuda e evitar o erro humano durante a montagem.

No mercado hoje existem uma grande quantidade de desenvolvedores, fabricantes e modelos de placas de desenvolvimento, as placas mais conhecidas no mercado hoje são as seguintes (Robu.in, 2020):

- *Raspberry Pi*;
- Arduino;
- STM 32;
- *Teensy*;
- ESP 8266;
- ESP 32;
- PIC;

Para fazer parte integrante do nosso projeto adotamos a placa ESP 32 fabricada pela Espressif Sistemas.

### 2.5.1.1 ESP 32

Sabendo dessa especificidade de nosso cenário, adotamos a placa de desenvolvimento ESP 32, a qual disponibiliza todos os recursos que vamos precisar para a comunicação com a rede de internet e nuvem.

Essa placa possui um módulo *wi-fi* integrado no qual vai nos permitir acessar a internet com poucas linhas de comando, e também é possível trabalhar com diversas linguagens de

programação e possui compatibilidade com variadas bibliotecas o que vai nos facilitar no momento de produzir o software para nossa aplicação. (crescerengenharia, 2023)

Além desses recursos o ESP 32 possui portas seriais (TX e RX) que serão utilizadas para fazer a comunicação com a placa receptora do RFID conforme podemos ver na figura 13.

**Figura 13 - ESP 32**



Fonte: upesy, 2022

## 2.5.2 Etiqueta, leitor Antena

A escolha destes componentes, etiqueta, leitor e antena vai interferir diretamente na outra, pois todas elas devem ter a mesma frequência de operação.

### 2.5.2.1 Leitor

Hoje no mercado temos diversos leitores disponíveis, alguns já têm suas antenas embutidas na placa e outras não. Abaixo estará disponível algumas Leitoras compatíveis com placas de desenvolvimento disponíveis no mercado:

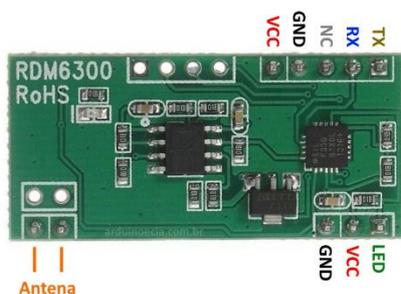
- RC 522;
- PN 532;
- EM 4100;
- RDM 6300;

Para fazer parte integrante do nosso projeto adotamos o Leitor RDM 6300.

### 2.5.2.1.1 RDM 6300

Essa placa receptora trabalha em frequência baixa de 125Khz, possui uma entrada de dois pinos que receberá a antena, os pinos de alimentação 5V e GND, e os pinos de TX e RX para se comunicar com outros dispositivos. A comunicação que essa placa utiliza é o RS 232. Segue abaixo a figura 14 da placa que mostra todos os pinos. (Braude, 2021)

**Figura 14** - RDM 6300



**Fonte:** Arduinoecia, 2017

### 2.5.2.2 Antena

O que podemos acrescentar sobre a antena é o tipo e algumas estruturas comuns de antena, como já vimos temos antenas para frequências altas e baixas, e podemos dividi-las da seguinte forma (ANTUNES, WERNER; ALVES, 2011):

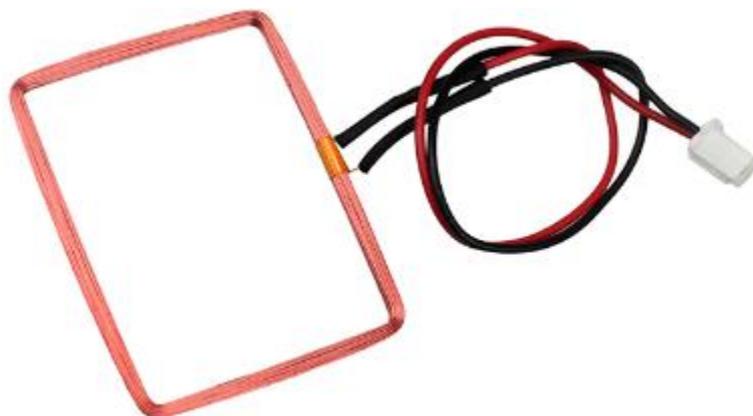
- Antenas capacitivas - Frequências altas;
- Antenas indutivas - Frequências baixas.

Além do tipo de antena, também podemos destacar as estruturas de antenas que existem no mercado (grupocpcon, 2022):

- Portão RFID;
- Ponto de leitura fixo;
- Antena de chão;
- Antena aérea;

Para esse projeto foi escolhido uma antena indutiva de ponto fixo externa, pois o receptor trabalha na faixa de 125Khz. A antena foi dimensionada para essa frequência pelo próprio fornecedor da receptora conforme podemos ver abaixo na figura 15.

Figura 15 - Antena do projeto



Fonte: Robo Help – Maker Magazine, 2017

### 2.5.2.3 Etiqueta

A escolha do sistema RFID para determinadas aplicações depende do tipo de encapsulamento das etiquetas disponíveis no mercado, conforme podemos ver algumas na figura 16. Essas etiquetas são comercializadas em uma variedade de tamanhos, modelos, resistências e tipos, cada um adequado para diferentes ambientes e condições. Por exemplo, há etiquetas projetadas para suportar temperaturas extremamente altas ou baixas, altas pressões, quedas e colisões, bem como processos químicos e outras condições adversas. Portanto, ao selecionar o tipo de encapsulamento das etiquetas, é essencial considerar cuidadosamente as necessidades específicas do sistema RFID a ser implantado (UFRJ, 2019).

Figura 16 - Modelos de TAG



Fonte: UFRJ, 2019

#### 2.5.2.3.1 TH 1000

Para esse projeto adotamos a etiqueta TH 1000 do fabricante INTELBRAS conforme podemos ver na figura 17. É uma etiqueta do tipo chaveiro que trabalha na frequência de 125Khz, ela é uma etiqueta passiva, para somente leitura com um único código não programável. A memória é de 64 bits e a modulação dos dados é ASK. (INTELBRAS, 2019)

Figura 17 - TH 1000



Fonte: Intelbras, 2019

### 2.5.3 Linguagem de programação

Como mencionado no item 2.5.1 a placa de desenvolvimento ESP 32 aceita várias linguagens de programação, e ela é compatível com a IDE do arduino, por conta disso adotamos a linguagem em C na qual trabalhamos durante o curso e temos familiaridade para realizar a programação.

A programação em C é uma linguagem para microcontroladores e exige um nível de conhecimento razoável para realizar as programações mais recreativas, dependendo do nível da programação é necessário um nível alto de conhecimento, pois existem muitas funções e subfunções que podem ser utilizadas para ocupar menos memória e otimizar o código (Não é uma linguagem para usuários finais).

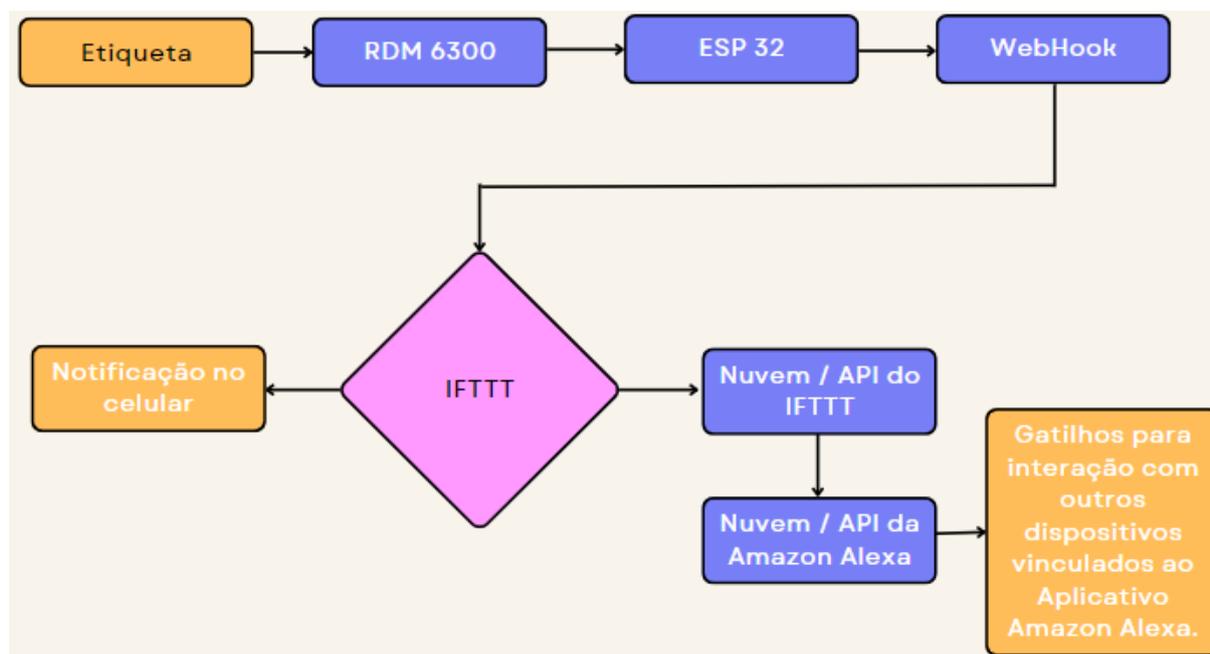
### 2.5.4 Aplicativo e comunicação

O aplicativo que escolhemos para esse cenário foi o IFTTT, esse aplicativo é bastante usado para funções diversas para otimização de tempo no trabalho e para funções com assistentes de voz, entre outras aplicações. Escolhemos esse aplicativo, pois ele possui a opção de programar um gatilho e uma ação em seguida, no caso a ação será emitir uma notificação no celular do usuário e existe a possibilidade de fazer a comunicação da nuvem do IFTTT com a nuvem de assistentes de voz, nesse caso da *Amazon Alexa* o que nos permite gerar gatilhos dentro do assistente virtual também. (Solectro, 2020)

Como essa ação é do próprio aplicativo, apenas precisamos fazer as configurações dos aplicativos e toda a parte de comunicação em nuvem/API é gerenciada pelo aplicativo, não necessita de nenhuma programação adicional, essa parte é um nível de programação bastante fácil e interativa. (Solectro, 2020)

Já o gatilho exige um pouco mais de conhecimento para fazer a comunicação com o ESP 32, e também é o segundo motivo de termos escolhido esse *APP*, pois podemos utilizar um *link WEBHOOK*, que é uma *API* que gera um link *HTML* que nos permite ativar o gatilho do IFTTT, nesse caso precisamos programar o gatilho com essa função, e gerar o *link* que vamos utilizar no *software* do ESP 32 posteriormente. (Solectro, 2020)

**Figura 18** - Fluxograma da comunicação



**Fonte:** Autores, 2023

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho tem como finalidade a realização de um estudo com o objetivo de aplicar uma tecnologia já conhecida no mercado, porém aplicada a um tipo de caso específico, que é sistema antifurto com tecnologia RFID

A classificação da pesquisa quanto aos seus objetivos, se divide em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas (KIPNIS, 2005). O tipo de pesquisa que mais se adequa ao nosso estudo é a exploratória-descritiva.

A pesquisa descritiva pode ser definida como aquela que descreve uma realidade. A pesquisa descritiva não tem apenas uso científico, ela também pode agregar valor em pesquisas voltadas ao mercado. (Blog Mettzer, 2023)

A pesquisa explicativa segundo Gil (2007 p.43), pode ser a continuação de outra descritiva, posto que a identificação de fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito e detalhado.

Este estudo teve uma abordagem qualitativa e como foco principal o estudo das tecnologias RFID que poderiam ser aplicadas no problema proposto.

## 4 DESENVOLVIMENTO

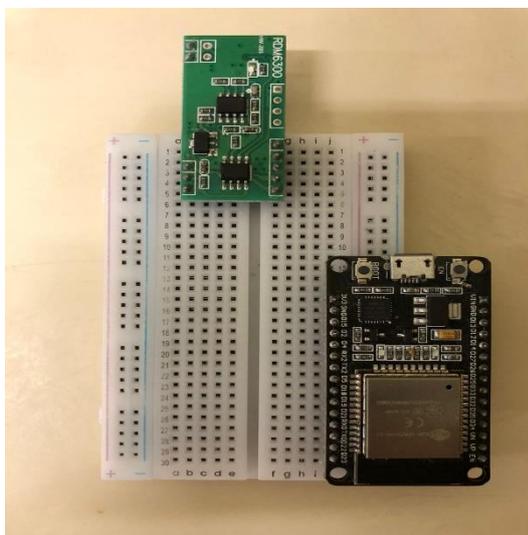
O projeto foi baseado em sistemas RF de lojas de conveniência e vestuário. Como microcontrolador usamos o ESP32S que tem um modulo wi-fi integrado para fazer a comunicação com a internet das coisas. Para as etiquetas RFID utilizamos o modelo TH 1000, equipamento passivo com um único número de identificação e não programável. Como equipamento de leitura foi escolhido o RDM 6300 de baixa frequência, em torno dos 125 Khz, e com dois pinos para instalação das antenas. Além desses equipamentos utilizamos uma assistente virtual, *Alexa* para melhor comunicação entre dispositivos.

### 4.1 Montagem do *hardware*

A montagem do circuito começa pela escolha dos componentes e periféricos que serão utilizados no projeto, para esse trabalho de conclusão de curso foi escolhido a placa de desenvolvimento ESP 32, a placa Leitora RDM 6300, antena de 125 Khz compatível com o RDM 6300, Protoboard, cabo micro USB, fonte de 5 Vcc e cabos para conexão.

O primeiro passo é posicionar o ESP 32 e a placa RDM 6300 na protoboard como podemos ver na imagem 19.

**Figura 19** – Montagem do *hardware*

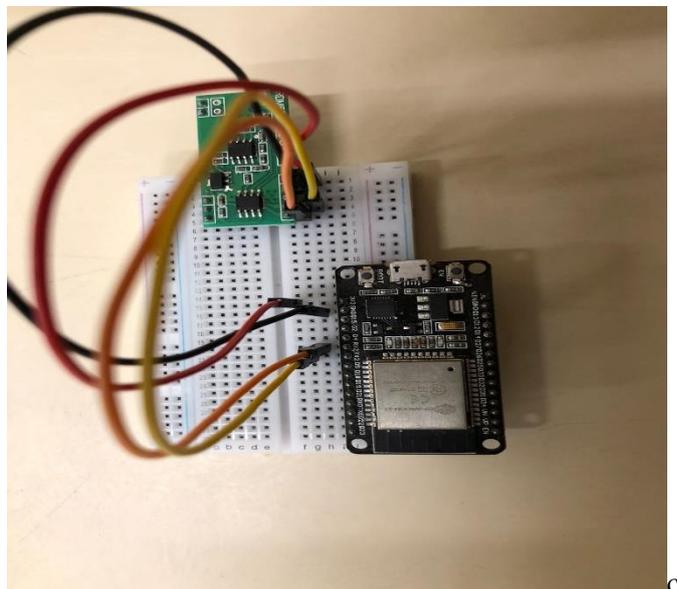


**Fonte:** Autores, 2023

No ESP 32 vamos usar dois pinos digitais para a comunicação com a placa RDM 6300, escolhemos as portas TX2 e RX2, que transmitem e recebem dados da placa RMD 6300. A placa RDM 6300 também possui duas portas digitais RX e TX, e para essa comunicação fluir corretamente vamos ligar a porta TX2 do ESP 32 na porta RX da RDM 6300, da mesma forma

será ligado a porta RX2 do ESP 32 na porta TX do RMD 6300, conforme podemos ver na imagem 20.

**Figura 20** - Montagem do *hardware*

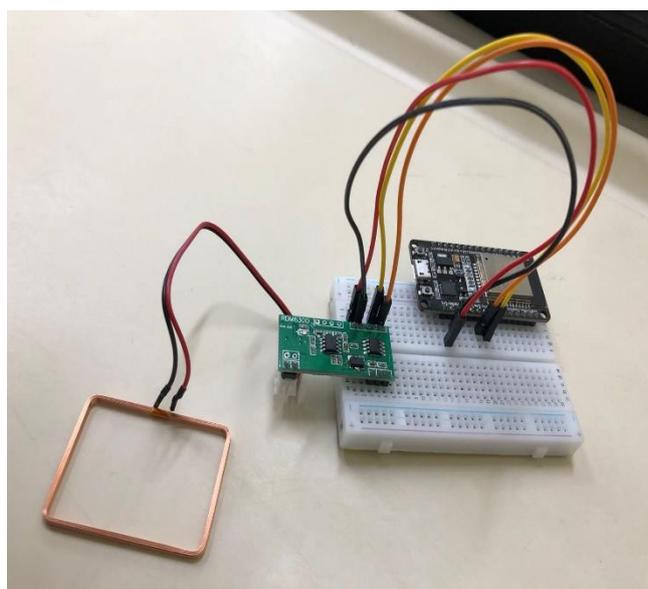


**Fonte:** Autores, 2023

Nesse circuito o ESP 32 também será responsável por alimentar a placa RDM 6300, por isso será ligado a saída de 3,3V na entrada Vcc do RDM 6300 e a porta GND do EPS 32 na porta GDN também do RDM 6300.

Em seguida, ligamos a antena no conector de antena do RMD 6300, e por fim alimentamos o ESP 32 pela porta micro USB com a fonte de 5Vcc ou conectado na porta USB de um computador para configurar o equipamento. Conforme na figura 21.

**Figura 21** - Montagem do *hardware*

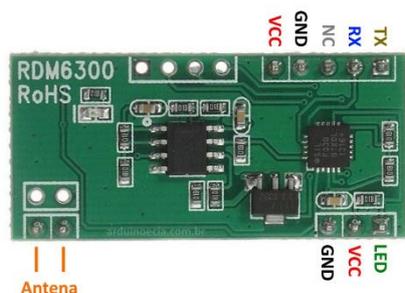


**Fonte:** Autores, 2023

### 4.1.1 Leitor RDM 6300

Para a captação do sinal RFID, escolhemos o modulo de leitura RDM 6300 com faixa de frequência de 125KHz. Por utilizar interface serial de comunicação sua operação é extremamente simples facilitando a comunicação com outros equipamentos e microcontroladores. Na figura 22 podemos ver a pinagem do modulo utilizado.

**Figura 22** – Placa RDM 6300



**Fonte:** Arduinoecia, 2017

A alimentação do equipamento pode ser feita por qualquer pinagem GND e VCC tanto na parte superior quanto nas entradas da parte inferior. A alimentação da placa é feita com 3,3V fornecidos pelo microcontrolador ESP 32. Já as entradas digitais RX e TX são ligadas no microcontrolador e fazem a comunicação RS 232, protocolo utilizado para transferência de dados binários entre os dispositivos. Abaixo na tabela 2 podemos conferir algumas informações técnicas do sensor.

**Tabela - 2**

Frequência	125 KHz
Taxa de transmissão	9600
Interface	Weigang26 ou TTL RS232
Tensão	5V (+-5%)
Corrente	< 50Ma
Operação	>50mm (pode variar com o tipo de TAG)
Temperatura de operação	-10 °C a + 70 °C
Temperatura de armazenamento	-20 °C a + 80 °C

**Fonte:** Autores do trabalho

### 4.1.2 ESP 32

Como citado anteriormente no neste trabalho o microcontrolador escolhido foi o ESP 32. Entre várias vantagens desse equipamento podemos destacar o baixo custo e possuir recursos avançados de conectividade sem fio e suporte para uma grande variedade de dispositivos. O ESP 32 é muito utilizado para controlar dispositivos, coletar dados de sensores e se comunicar com outros dispositivos pela rede, sendo assim ideal para a nossa aplicação prática. Entre as principais características podemos destacar as seguintes:

- a) Conectividade *Wi-fi* e *bluetooth*: Suporta *wi-fi* 802.11 b/g/n. Também permite a conexão *bluetooth* clássica (BLE);
- b) Processador *Dual-Core*: Ele é equipado com dois núcleos de processamento tornando possível execução de tarefas simultâneas;
- c) *GPIOs* e Periféricos: Possui grande quantidade de portas programáveis de entrada e saída de dados (*GPIO*), em torno de 34;
- d) Facilidade de programação: Por ser compatível com IDE Arduino se torna extremamente amigável sua programação para grande parte dos desenvolvedores;
- e) Baixo consumo de energia.

Fonte: Blog eletrogate, 2018

## 4.2 Desenvolvimento do *software*

O *software* foi construído ao longo de algumas versões ao todo foram 9 versões, sendo a sétima a que vamos apresentar neste trabalho na qual atendeu a todos os objetivos propostos, inicialmente foram incluídas as bibliotecas que vão facilitar nossa programação e manuseio do *software* conforme a figura 23.

**Figura 23** – Bibliotecas utilizadas

```
1  #include <HTTPClient.h>
2  #include <HardwareSerial.h>
3  #include <WiFi.h>
4  #include <EEPROM.h>
5
```

Fonte: Autores, 2023

- *HardwareSerial.h*: Auxilia a escolher os pinos de TX e RX do ESP que vão se comunicar com a placa RDM 6300.

- *WiFi.h*: Facilita a programação do módulo wifi do ESP para realizar a comunicação com a rede *wifi* da residência.
- *EEPROM.h*: Utilizada para facilitar o manuseio da memória do ESP para salvar os dados necessários.
- *HTTPCliente.h*: Utilizada para fazer postagens e coletar dados de uma aplicação *Web*, nesse caso para se comunicar com a Nuvem do *APP* escolhido.

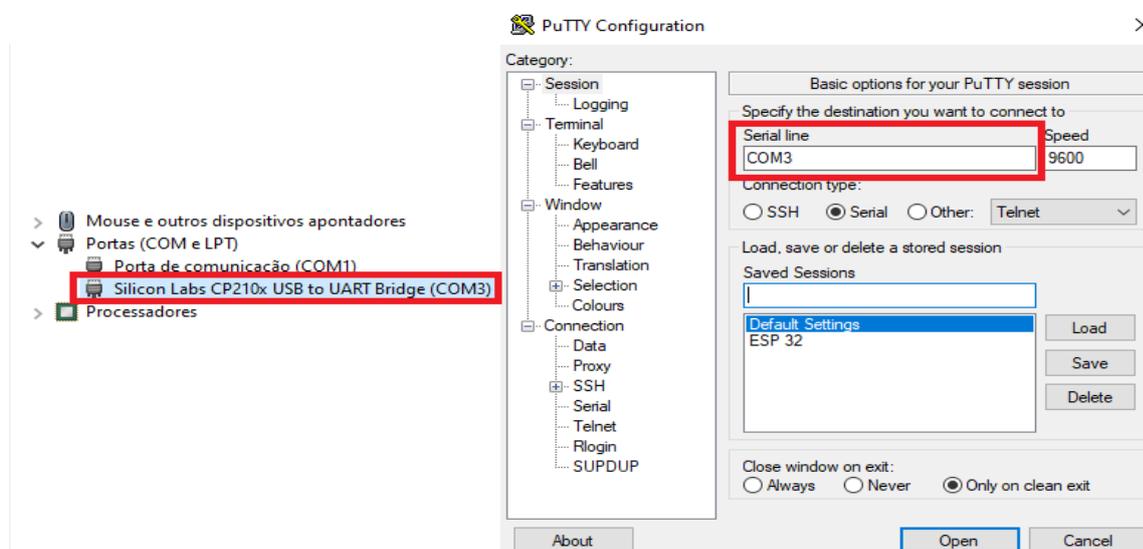
No projeto foi separada a programação em várias partes para que fique fácil de realizar uma alteração no software e de encontrar os algoritmos que estão gerando algum tipo de erro.

#### 4.2.1 Configuração do *hardware*

Para a configuração do *hardware* será necessário utilizar um cabo microUSB conectado a uma porta USB de um computador, será utilizado a comunicação serial do ESP 32 para isso, o primeiro passo para que seja possível realizar essa configuração é instalar o driver CP210x para o S.O utilizado. Após isso o ESP será reconhecido corretamente, então será necessário instalar o software, para uso técnico é possível utilizar o monitor serial da IDE do Arduino, porém a opção mais fácil e recomendada será utilizar o software *Putty* que pode ser instalado para o S.O determinado.

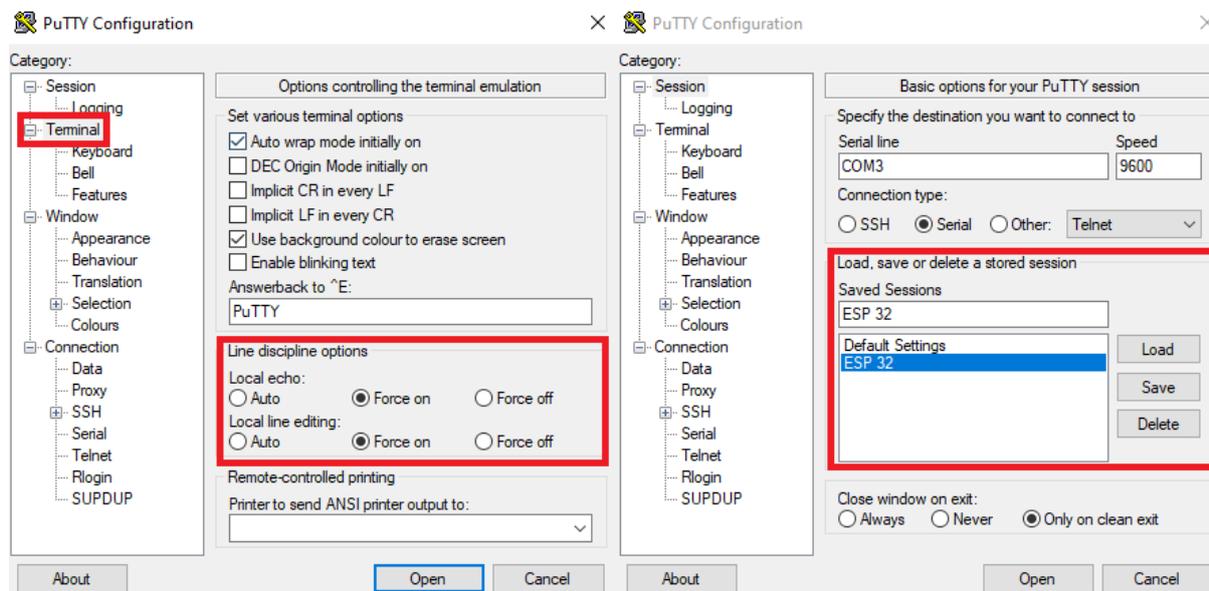
Com o *software Putty* instalado, deve abri-lo, e configurar o tipo de comunicação que é serial para o ESP 32, e a porta serial que está comunicando, pode ser visualizado isso no gerenciador de dispositivos do computador conforme a figura 24.

**Figura 24** – Tela de configuração



Será necessário configurar na opção “Terminal” no “Local echo” e “Local line editing” para “Force on” para que a *string* seja enviada para o ESP 32 apenas quando for digitado a tecla *enter* do computador, por fim pode-se salvar essa configuração para não ser necessário refazê-la ao abrir novamente o *software*, conforme mostrado na figura 25.

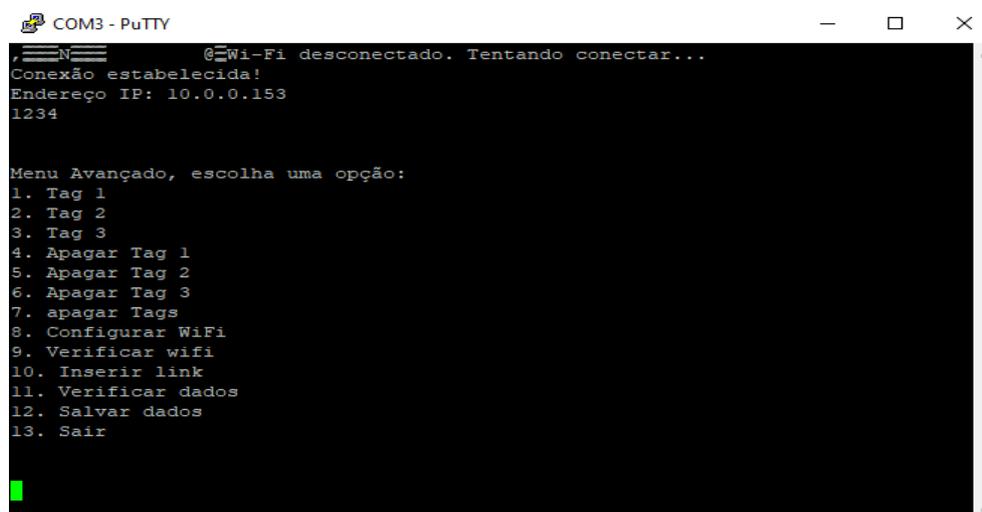
**Figura 25** – Configuração Terminal



Fonte: Autores, 2023

Ao iniciar o *Putty* configurado pela primeira vez, vai informar se o *Wi-Fi* foi ou não conectado, mas ao digitar a senha master (Nesse caso 1234) configurada no algoritmo vai apresentar o menu que foi desenvolvido para a configuração dos parâmetros necessários para o funcionamento do sistema, conforme a figura 26.

**Figura 26** - Tela de Menu



Fonte: Autores, 2023

### 4.2.1.1 Sistema Wi-fi

Para a conexão do *Wi-Fi* criamos uma *Void* chamada “*void ConectarWifi*” e inserimos o algoritmo nesse campo para depois ser chamado na *Void Loop* para efetuar sua função conforme pode ser observado na figura 24.

**Figura 27** – Código para conexão wifi

```

32 void ConectarWifi(){
33     if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
34         WiFi.begin(NOME, SENHA);
35         wifi = 0;
36     }
37     while (WiFi.status() == WL_CONNECTED && wifi == 0) {
38         Serial.println("Conexão estabelecida!");
39         Serial.print("Endereço IP: ");
40         Serial.println(WiFi.localIP());
41         wifi++;
42     }
43     if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
44         if (!wifiLost) {
45             wifiLost = true;
46             Serial.println("Wi-Fi desconectado. Tentando conectar...");
47         }
48     }
49     else {
50         wifiLost = false;
51     }}

```

**Fonte:** Autores, 2023

Nesse algoritmo, foi criado um *If* para analisar o status do *Wi-Fi* caso não esteja conectado o ESP 32 vai tentar iniciar a conexão com as variáveis criadas “NOME” e “SENHA” e adicionar o valor zero a variável “*wifi*”.

Em seguida na função *While* caso o status seja conectado e a variável *wi-fi* igual a zero, será informado no monitor serial que a conexão foi estabelecida e mostrar o IP de conexão do ESP 32, e vai somar mais 1 na variável *wifi* fazendo com que saia do loop.

Na próxima linha podemos ver um segundo *If*, esse se encarrega de caso o *wifi* não tenha estabelecido a conexão em um primeiro momento seja informado que o *Wi-Fi* está desconectado, pode-se observar uma variável do tipo *Bool* chamada “*wifiLost*” que está servindo para que essa mensagem não fique sendo encaminhada a todo momento no monitor serial e acabe prejudicando a configuração do dispositivo pelo monitor serial.

Esse é o algoritmo responsável por iniciar a conexão *Wi-Fi* na *Void Loop* como pode ser observado na figura 28, já na figura 27 no campo para iniciar a conexão do *wi-fi* são variáveis, e essas variáveis são manipuladas através de um menu e salvos na memória EEPROM do ESP 32, os algoritmos responsáveis por essa operação serão apresentados posteriormente.

**Figura 28** – Código para conexão *Wi-fi*

```
368 void loop() {
369     ConectarWifi();
370     LerTag();
371     RetiraTag();
372
373     master = 1234;
374     if(Serial.parseInt() == master){
375         while (Serial.available()) {
376             Serial.read();
377         }
378         Menu();
379     }
380     while (Serial.available()) {
381         Serial.read(); } }
```

Fonte: Autores, 2023

## 4.2.2 Comunicação *IoT*

Para entender como foi programado no ESP 32 a comunicação com a *IoT*, precisamos entender um pouco como o Aplicativo escolhido para essa integração funciona, nesse caso foi escolhido o Aplicativo IFTTT.

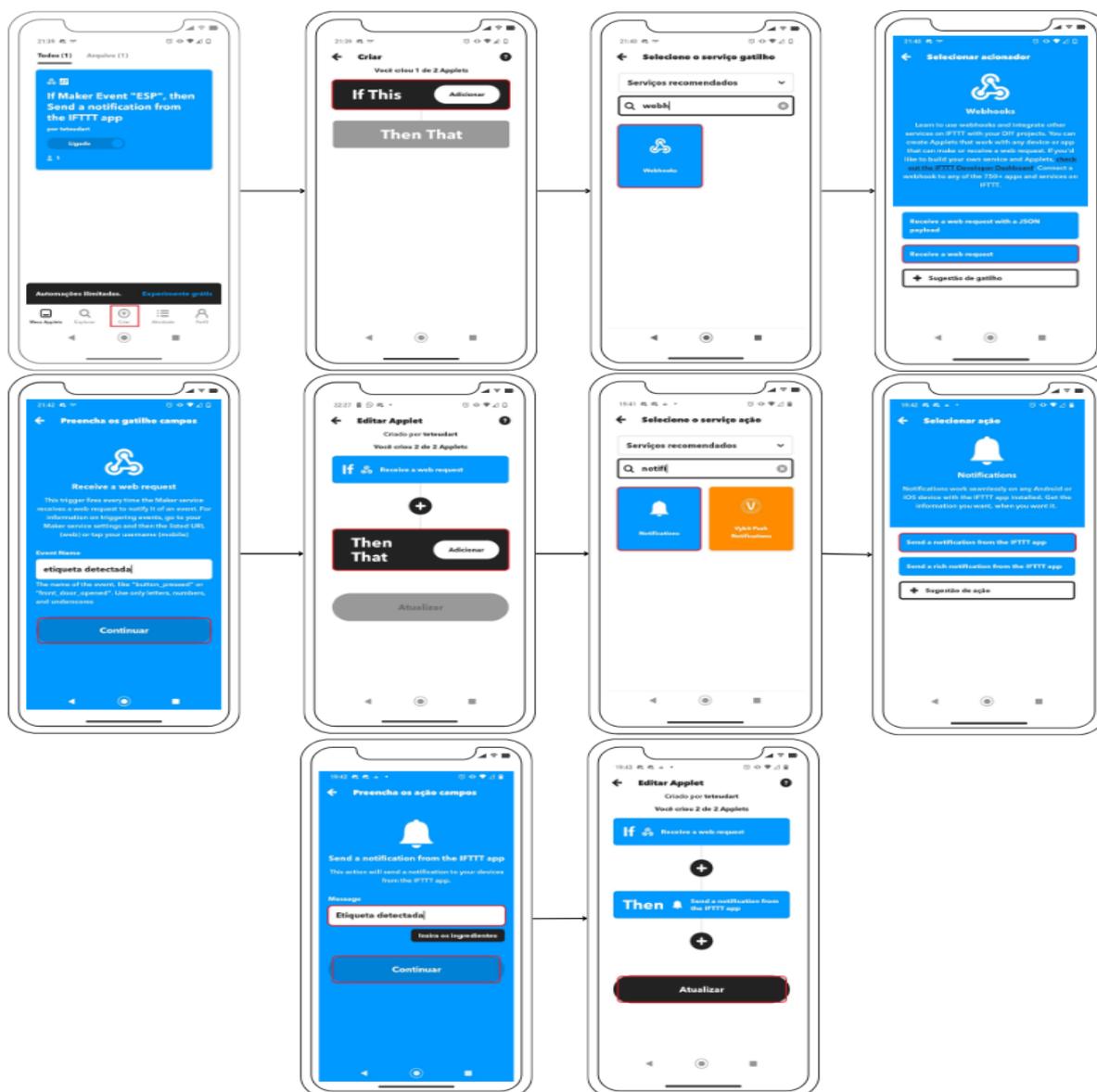
### 4.2.2.1 IFTTT

O IFTTT ou “*If This Then That*”, é um termo em inglês que traduzindo para o português significa “Se isto então aquilo”. Esse termo nomeia uma ferramenta de automação criada para integrar serviços digitais, redes sociais e dispositivos inteligentes. O nome e sua funcionalidade foram baseados nas funções “*if-then, if-then-else*”. O IFTTT é uma solução para automações, bem simples e intuitiva para qualquer usuário que tenha um nível mínimo de conhecimento em informática. A ferramenta funciona em três etapas, começando com um *Trigger* (gatilho), é definido pelo usuário uma condição inicial que deve acontecer. Depois de definido o gatilho é preciso criar uma ação, executada quando a condição for cumprida. Então com isso foi criado

um *Applet (script)* com um *trigger* e *action*. Quando a condição especificada acontece a ação é executada.

Agora sabendo o funcionamento do *IFTTT* é necessário primeiro criar um gatilho para realizar a ação que desejamos, e o *IFTTT* dispõe de um gatilho utilizando uma *Webhook* que é uma ferramenta *HTTP* utilizada para requisições, em nosso caso vamos utilizá-la para as requisições do ESP 32. Quando é selecionada essa opção, precisamos adicionar um nome para o evento que será importante mais tarde. Com essa parte concluída iniciamos a configuração da ação, nesse campo escolhemos o recurso “*Notifications*” que vai gerar uma notificação personalizada para o celular. Detalhes dessa configuração podem ser visualizados na imagem 29.

**Figura 29** - Essa figura será alterada apenas para ajustarmos os textos



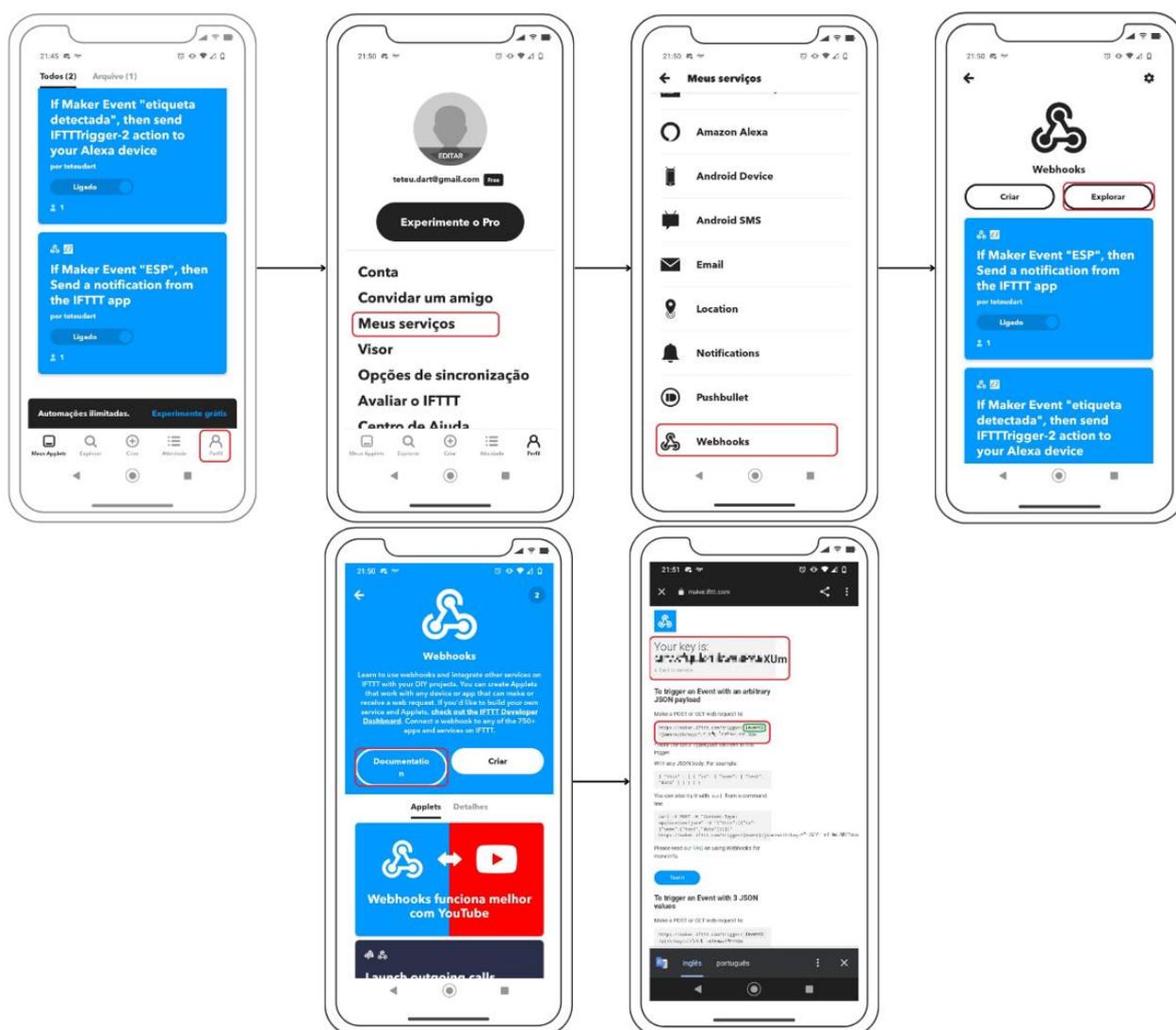
Após criada a automação no *IFTTT*, é necessário verificar a chave pessoal do *Webhook* que será utilizada para gerar um link único para gerar o gatilho na ferramenta. O formato segue o seguinte padrão: `https://maker.ifttt.com/trigger/{nome do evento}/json/with/key/{chave pessoal}`.

O nome do evento é o escolhido no momento que é criado o gatilho, já a chave pessoal é gerada ao terminar sua primeira configuração com o *Webhook* no *IFTTT*, podendo ser verificada pelo seguinte caminho no aplicativo:

Perfil > Meus serviços > *Webhooks* > Explorar > *Documentation*

Na imagem 30, podemos ver o caminho e onde visualizar a chave pessoal

**Figura 30** - Tela de configurações *IFTTT*



Fonte: Autores, 2023

Até esse ponto a configuração do *IFTTT* está concluída para se comunicar com o ESP 32 e gerar as notificações no celular, porém existem uma série de outras automações que o *IFTTT* proporciona além de gerar as notificações que poderiam ser utilizadas na ação dependendo da escolha do usuário. Agora basta programar o ESP 32 para gerar as requisições conforme a necessidade do nosso projeto pelo *link* do *Webhooks*.

#### 4.2.2.2 Comunicando o ESP 32 com o *IFTTT*

Na programação do ESP 32 foi criado no menu uma opção para receber o *link* gerado pelo *Webhooks* pessoal do usuário que se encontra na “*Void InserirLink*”, como é possível verificar na figura 31.

Figura 31 - Menu Inserir link

```
176 void InserirLink(){
177     {
178         while (Serial.available()) {
179             Serial.read();
180         }
181         Serial.println("Insira o link do IFTTT: ");
182         while (!Serial.available()) {}
183         // Espera a entrada do usuário
184         LINK = Serial.readStringUntil('\r');
185         Serial.print("Link configurado: ");
186         Serial.println(LINK);}}
```

Fonte: Autores, 2023

Na programação podemos ver uma função com um *While* aplicando um *Serial.Read*, que é usada para limpar o *buffer* do ESP 32, para não ter conflitos com caracteres remanescentes. Em seguida é apresentado um *Serial.println* para orientar o usuário a digitar seu link pessoal para as requisições, em sequência é aberto um loop com o *While*, para aguardar até que o usuário envie algum *caracter* (Neste caso é esperado que tenha sido digitado o *link*), após enviado os caracteres, eles são salvos na variável “*LINK*” e por último é apresentado os caracteres salvos na variável para o usuário confirmar se está correto.

Até o momento na programação o link foi inserido em uma variável, o restante da programação se encontra na “*Void RetiraTag*” onde serão realizadas as requisições conforme as condições que inserimos forem cumpridas, conforme pode ser visto na figura 32.

**Figura 32** – Tela apresentando *Void RetiraTag*

```

234 void RetiraTag(){
235     if (tagPresent && (millis() - lastReadTime > readInterval)) {
236         if(tagID != 0){
237             if(tagID == tagID1 || tagID2 || tagID3){
238                 // Inserir função para comunicação com APP
239                 HTTPClient http; // Fazer a solicitação HTTP para o link webhook
240                 http.begin(LINK);
241                 int httpResponseCode = http.GET();
242
243                 if (httpResponseCode > 0) {
244                     Serial.print("Resposta do webhook: ");
245                     Serial.println(http.getString());
246                 }
247                 else {
248                     Serial.print("Erro na solicitação HTTP. Código de erro: ");
249                     Serial.println(httpResponseCode);
250                 }
251                 http.end();
252             }
253             else{
254                 Serial.println("Tag não adicionada");
255             }
256         }
257         tagPresent = false;
258         tagID = 0;
259     }}

```

Fonte: Autores, 2023

Nesse algoritmo foram utilizados 3 *If*'s inicialmente, para determinar as condições para realizar as requisições nesse caso o primeiro *If* vai ser ativado quando a *tag* sair da presença do leitor e vai limitar o tempo para a próxima leitura (Para que não ocorra uma cascata de ativação), o segundo *If* é utilizado para não ativar a requisição com uma *tag* vazia, e o último *If* é usado para realizar a requisição caso a variável for igual a uma das *tags* adicionadas no sistema.

Cumprindo todas as condições, é ativado o servidor *client* e em seguida é iniciado o a variável *LINK* que deve contar o *LINK* adicionado pelo usuário anteriormente, dessa forma ativando o gatilho do *IFTTT*, depois é colocado mais um *If* para caso a resposta do link seja maior que zero seja coletado os caracteres encaminhados pela aplicação e mostrado na tela do monitor serial.

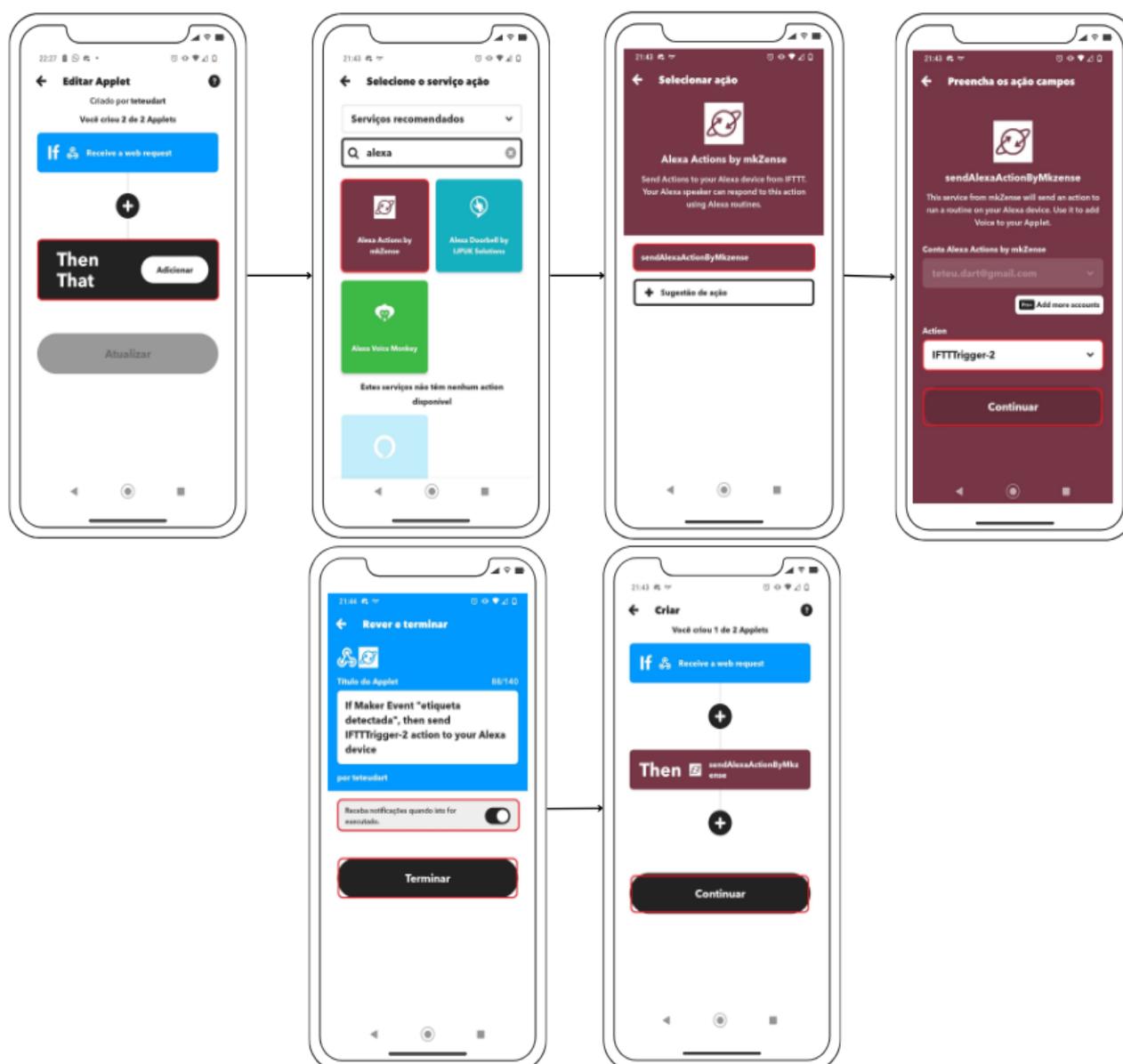
Foram adicionados dois *Else*'s um deles para caso não tenha resposta do link *HTTP* e indicar o erro em questão, e o segundo para caso a condição inicial das *Tags* não tenha sido atendida para informar que a *tag* não foi adicionada no sistema.

E por fim através do comando “*http.end*” o *link* é desativado, e a variável “*tagID*” e “*tagPresent*” são reiniciadas, tudo isso para que seja possível realizar uma nova requisição posteriormente.

### 4.2.2.3 Comunicação com IA

Para essa comunicação é bastante simples após os passos anteriores o algoritmo se mantém o mesmo, o que vai mudar é apenas a configuração de ação no *IFTTT*, neste caso será apenas editando a configuração da ação para invés de gerar a notificação, gere botões virtuais para a *Alexa* utilizando o “*Alexa Action By mkZence*”, essa ferramenta do *IFTTT* permite criar até 3 botões virtuais para a *Alexa* sem a necessidade de nenhum pagamento adicional, na figura 33 podemos ver como editar a ação no *IFTTT*.

**Figura 33** - Integração com IA



Fonte: Autores, 2023

Na primeira configuração desta opção no *IFTTT*, se nunca foi configurado nenhuma automação com a *Alexa* será necessário vincular à conta do aplicativo *Amazon Alexa*, para que seja feita a comunicação entre os aplicativos.

Após a configuração realizada do *IFTTT* será reconhecido pela *Alexa* os 3 botões virtuais, esses botões dentro do aplicativo *Amazon Alexa* podem ser utilizados como gatilhos para rotinas, basta selecionar o botão configurado na automação que foi criada no *IFTTT*, dessa forma é possível nas ações ativar outros dispositivos compatíveis com a *Alexa*, como uma sirene, ou mesmo ativar um alarme em uma *Echo dot* e também gerar notificações no celular, entre outras diversas aplicações a depender da necessidade. Na figura 34 pode-se visualizar um exemplo de rotina no aplicativo *Amazon Alexa* com os botões virtuais gerados pelo *IFTTT*.

**Figura 34** - Botões virtuais



Fonte: Autores, 2023

### 4.2.3 Dificuldades e problemas encontrados

Uma das primeiras dificuldades encontradas foi a questão de orçamento para o *hardware*, pois para projetar uma antena ou adquirir uma antena *RFID* para alcances maiores seria muito caro, e por conta disso em nosso protótipo foi utilizado uma antena de baixo custo e conseqüentemente com baixo alcance para detectar a *tag*.

Além disso foi encontrado problemas com relação a aplicativo de celular, o aplicativo era de terceiros (*Blynk IoT*) e para utilização deste era necessário abrir uma porta do modem para acesso remoto, e as operadoras hoje geralmente bloqueiam essas portas, sendo necessário entrar em contato com o provedor para fazer esse procedimento, se tornando inviável utilizar o dispositivo dessa forma. Ainda se tratando de aplicativos, tentamos criar um aplicativo, porém não tínhamos conhecimento prévio de como fazer isso, e nem familiarizados com a linguagem de programação, além disso a única ferramenta web gratuita que encontramos para fazer a comunicação entre o Aplicativo e o ESP envia e recebe apenas números inteiros (*ThingSpeak*), e para nosso projeto seria necessário enviar e receber *strings* principalmente, o que nos levaria a ter de criar do zero também uma ferramenta *web* ou pagar uma que tenha essa opção, o que tornou inviável por orçamento e também por ter de aprender do zero duas novas linguagens de programação com tempo limitado para criar essas aplicações. Por isso decidimos aproveitar a comunicação serial do ESP 32 e o software *Putty* que é gratuito e de fácil utilização para esse tipo de configuração e atenderia nossos objetivos do projeto.

Essas foram as principais dificuldades encontradas, houveram outras durante a programação do *software*, mas foram corrigidas durante as versões nas quais programamos, e nelas melhoraram *bugs* e também melhoraram a comunicação do ESP com o *software* e *IoT*.

## 5 CONCLUSÃO

Foi apresentado um equipamento para monitoramento de objetos em imóveis alugados, através da tecnologia RFID para identificar as etiquetas. Além de transmitir os disparos pela *IoT* para alertar o usuário em seu smartphone ou até mesmo pela *IA* da *Amazon*.

Ao analisar os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que o equipamento proposto atende aos objetivos levantados, pois se apresentou efetivo na identificação das etiquetas, para encaminhar as requisições e gerar as notificações no aplicativo escolhido e a comunicação com a *IA* da *Amazon* funcionou como o previsto. E com isso foi concluído que o RFID pode ser utilizado em cenários de monitoramento trazendo a vantagem de diminuir os disparos indesejados e aumentando a eficiência no cenário se comparado a outros sistemas que utilizam etiquetas *Zigbee* ou *Bluetooth*.

### 5.1 Sugestões de melhorias

A primeira melhoria sugerida é a antena utilizada no sistema, terá de ser projetado uma antena que tenha um melhor desempenho com a placa leitora RMD 6300 para ter um alcance mais amplo para identificar as etiquetas, ou mesmo trocar a placa Leitora por uma que tenha melhor desempenho para a mesma finalidade (O desafio aqui é fazer isso e se manter com baixo custo de produção).

Outras melhorias estão relacionadas ao *software*, como esse equipamento é um protótipo existem várias melhorias possíveis, nesse caso a utilização de uma *API* ou ferramenta *Web* que encaminhe caracteres faria possível a integração com um aplicativo no smartphone facilitando ainda mais a configuração para o usuário final.

Outra melhoria que pode ser bastante interessante seria a utilização de um banco de dados em nuvem, o qual proporciona a possibilidade de criação de contas e integrar com o aplicativo de celular, podendo ser criado tabela para cada dispositivo na casa, e tabelas separadas para cada casa do usuário para gerenciar seus produtos da melhor forma.

## REFERÊNCIAS

VIERA, B. et al. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/147/14702413.pdf>>. Acesso em: 23 maio. 2023.

CHEN, M.; CHEN, S. **RFID Technologies for Internet of Things**. [s.l: s.n.]. Acesso em: 23 maio. 2023.

**Como a tecnologia RFID transformará o varejo**. Disponível em: <<https://cev.fgv.br/noticia/como-a-tecnologia-rfid-transformara-o-varejo>>. Acesso em: 23 maio. 2023.

BASTOS, D. A.; SILVA, F. M. DA. Estudo e implementação de controladores para sistemas RFID. **bdm.unb.br**, 1 dez. 2007. Acesso em: 25 maio. 2023.

AMARAL, P. **Free Flow | Como funciona o novo sistema de pedágio que está gerando polêmica**. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/veiculos/free-flow-como-funciona-o-novo-sistema-de-pedagio-que-esta-gerando-polemica-236036/>>. Acesso em: 25 maio. 2023.

WWW.WBUY.COM.BR, WBUY L. V. -. **Veja como funcionam os dispositivos antifurto - RF e RFID**. Disponível em: <<https://www.i9automacaocomercial.com.br/blog/veja-como-funcionam-os-dispositivos-antifurto>>. Acesso em: 25 maio. 2023.

**RFID - ACURA**. Disponível em: <<https://www.acura.com.br/pt/tecnologia/rfid>>. Acesso em: 25 maio. 2023.

**Tecnologia RFID | RFID Brasil**. Disponível em: <<https://www.rfidbrasil.com/produtos-tecnologia-rfid-etiquetas-biblioteca>>. Acesso em: 27 maio. 2023.

**Antena. Funcionamento da antena**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/antena.htm>>. Acesso em: 27 maio. 2023.

POR, A. et al. **Estudo da tecnologia de identificação por radiofrequência -RFID**  
**UNIVERSIDADE DE BRASLÍA FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

<[https://bdm.unb.br/bitstream/10483/829/1/2006\\_AlessandroeMilene.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/829/1/2006_AlessandroeMilene.pdf)>.

Acesso em: 30 maio. 2023.

NARCISO, M. G. Aplicação da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) para controle de bens patrimoniais pela web. **www.alice.cnptia.embrapa.br**, 2008.

Acesso em: 30 maio. 2023.

**O que é RFID ?** Disponível em: <<https://www.ncontrol.com.pt/o-que-e-rfid.html>>.

Acesso em 05 junho. 2023

**Metodologia TCC: como fazer e exemplos.** Disponível em:

<<https://www.significados.com.br/como-fazer-metodologia-tcc/>>.

Acesso em 05 junho. 2023

TUMELERO, N. **Pesquisa explicativa: conceitos, objetivos, exemplos e comparativos.**

Disponível em: <<https://blog.metzzer.com/pesquisa-explicativa/>>.

Acesso em 01 de junho. 2023

**O que é IFTTT e como utilizar; veja guia.** Disponível em:

<<https://www.tecmundo.com.br/software/256707-ifttt-utilizar-veja-guia.htm>>.

Acesso em 01 de junho. 2023

**RFID (Radio Frequency Identification) - Guia CPCON 2023.** Disponível em:

<<https://www.grupocpcon.com/rfid-radio-frequency-identification/>>. Acesso em: Acesso em 10 de junho. 2023

ELETROGATE. **Conhecendo o ESP32 - Introdução (1).** Disponível em:

<<https://blog.eletrogate.com/conhecendo-o-esp32-introducao-1/>>.

Acesso em 20 de setembro de 2023

HUNT, V.; PUGLIA, A.; PUGLIA, M. **RFID-A GUIDE TO RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://download.e-bookshelf.de/download/0000/5690/33/L-G-0000569033-0002357144.pdf>>.

Acesso em: 21 setembro. 2023.