



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

Gustavo Yuken Kawase Maizatto

GERENCIAMENTO E O CONTROLE DE ESTOQUE USANDO
IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA

Ilha Solteira
2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

Gustavo Yuken Kawase Maizatto

GERENCIAMENTO E O CONTROLE DE ESTOQUE USANDO
IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
Unesp como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nome do orientador
Profa. Suely Cunha Amaro Mantovani

Ilha Solteira
2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M232g Maizatto, Gustavo Yuken Kawase.
Gerenciamento e o controle de estoque usando identificação por
radiofrequência / Gustavo Yuken Kawase Maizatto. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
91 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Suely Cunha Amaro Mantovani
Inclui bibliografia

1. Tecnologia RFID. 2. Gerenciamento de estoque. 3. Banco de dados. 4.
Código de barras. 5. Plataforma NodeMCU-ESP8266.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos trinta dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e três, o discente **GUSTAVO YUKEN KAWASE MAIZATTO**, matriculado sob o RA: 172054052, tendo como banca examinadora sua orientadora a Profa. Dra. Suely Cunha Amaro Mantovani, o Prof. Dr. Fábio Bertequini Leão e o Ms. Rodolfo Castro e Silva, Coordenador de TI – SENAR AR/GO, apresentou o Trabalho de Graduação intitulado "**GERENCIAMENTO E O CONTROLE DE ESTOQUE USANDO IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA**", obtendo a nota **4,0** e o conceito **Aprovado**.

Gustavo Yuken Kawase Maizatto

Gustavo Yuken Kawase Maizatto

- Discente -

Suely Cunha Amaro Mantovani

Profa. Dra. Suely Cunha Amaro Mantovani

- Orientadora -

Fábio Bertequini Leão

Prof. Dr. Fábio Bertequini Leão

- Membro da banca -



Documento assinado digitalmente

RODOLFO CASTRO E SILVA

Data: 30/06/2023 18:10:56-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Ms. Rodolfo Castro e Silva

- Membro da banca -

AGRADECIMENTOS

Agradeço prioritariamente aos meus pais pela minha criação e por serem o principal motivo de eu estar aqui hoje; pelo suporte que me forneceram quando decidi cursar Engenharia Elétrica em um lugar tão distante da minha casa, me ajudaram a desenvolver uma maior independência e encarar todos os desafios que a vida me impôs, sem recuar.

Agradeço aos meus avós por todo o carinho que eles sempre tiveram comigo, e faço essa homenagem também a eles, neste trabalho de graduação.

Agradeço aos meus colegas, amigos e aos professores que colaboraram com o meu desenvolvimento durante todos esses anos.

Agradeço também a minha orientadora Profa. Suely Cunha Amaro Mantovani, por toda a paciência comigo, durante a elaboração deste trabalho e por ter sido uma ótima professora na graduação.

RESUMO

Sistemas de identificação por RFID (Identificação por rádio frequência) têm sido muito utilizados em diversas áreas de negócios em que se deseja ter um controle de pessoas ou de produtos. Nesta pesquisa tem-se como proposta desenvolver um sistema para o gerenciamento e o controle de estoque de suprimentos em geral. Para isso, o sistema de gerenciamento e controle utiliza o módulo leitor RFID - RC522 que possui a tecnologia Mifare clássico, com um protocolo de leitura de etiquetas (tags) por proximidade, sendo que cada etiqueta possui um código único e um curto alcance. Para o controlador é usada a plataforma NodeMCU - ESP8266 com *wi-fi* embutido para a comunicação com a rede, realizando a transmissão dos dados lidos pelo sensor em diferentes tipos de *tags* para uma planilha desenvolvida no Google Planilhas. Os produtos que entram em estoque são catalogados e definidos com base nas informações únicas contidas em cada uma de suas *tags*. Com isso obtém-se como resultado um exemplo de gerenciamento de estoque de baixo custo, que pode auxiliar um médio e pequeno empresário.

Palavras-chave: Tecnologia RFID; gerenciamento de estoque; banco de dados; código de barras; plataforma NodeMCU-ESP8266.

ABSTRACT

Identification systems by RFID (Radio Frequency Identification) have been widely used in several business areas where people or products are wanted to be controlled. In this research it is proposed to develop a system for the management and control of stock of in general supplies. For this, the management and control system developed uses the RFID reader module - RC522, which has classic Mifare technology, with a proximity tag reading protocol, each tag having a unique code and a short range. For the controller, the NodeMCU platform - ESP8266 with built-in Wi-Fi is used to communicate with the network, transmitting the data read by the sensor in different types of tags to a spreadsheet developed in Google Sheets. Products entering and leaving stock are cataloged and defined based on the unique information contained in each of their tags. This results in an example of low-cost inventory management, which can help medium and small businesses.

Keywords: RFID technology; inventory management; database; bar code; platform NodeMCU-ESP8266.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Uma ilustração das etapas do sistema RFID.....	23
Figura 2	- Tipos de <i>tags</i> existentes no mercado.....	25
Figura 3	- Chipless <i>tag</i>	26
Figura 4	- Exemplos de chip <i>tags</i> passivas-cartão e chaveiro.....	28
Figura 5	- Exemplo de chip <i>tags</i> ativa.....	29
Figura 6	- (a) Leitor RFID RC522, Gbur (2017). (b) Módulo leitor NFC Pn532 V3, RFID ARDUINO (2023) (c) Leitor RFID (2023), Sensor de proximidade 125KHz Plug&play c/ cabo usb.....	30
Figura 7	- Circuito de um chip <i>tag</i> RFID com Antena.....	32
Figura 8	- O espectro de frequências com comprimento de onda.....	34
Figura 9	- Tipos de acoplamento em função da frequência.....	36
Figura 10	- Circuitos <i>tag</i> e leitor durante o acoplamento indutivo.....	36
Figura 11	- Princípio de operação <i>backscatter</i> de um transponder.....	37
Figura 12	- Plataformas de controle. (a) Arduino UNO R3. (b) Arduino Mega 2560. (c) ESP32 wi-fi e bluetooth. (d) ESP8266 Nodemcu V3.....	39
Figura 13	- Pinagem do NodeMCU ESP 8266 ESP-12E.....	40
Figura 14	- Aplicações em RFID	45
Figura 15	- Representação binária do código de barras.....	46
Figura 16	- Disposição dos dígitos no padrão EAN.....	47
Figura 17	- Comparando o fluxo de informações - código de barras x RFID	49
Figura 18	- Planta da sala para o caso em estudo.....	53
Figura 19	- Planta da sala para o caso de estudo com o sistema RFID.....	54
Figura 20	- (a) Tags passivas. (b) Leitor RFID RC522. (c) NodeMCU ESP8266.....	54
Figura 21	- Circuito completo do sistema RFID.....	55
Figura 22	- Ilustração para um sistema RFID completo.....	56
Figura 23	- Fluxograma para o sistema RFID elaborado.....	57
Figura 24	- Fluxograma do gerenciamento de estoque.....	59
Figura 25	- Diagrama de blocos do gerenciamento do estoque.	60

Figura 26	- Planilha “Produtos” – entrada dos dados brutos.....	61
Figura 27	- Planilha Log.....	62
Figura 28	- (a) Montagem em protoboard do sistema RFID usando dois leitores (b) Interface das planilhas vista pelo Computador.....	63
Figura 29	- Posicionamento das tags passivas tipo “chaveiro” nos produtos (a) e (b). (c) e (d) Tags passivas tipo “crachá”. (e) Produtos com as tags nas caixas.....	64
Figura 30	- Tela de cadastro de um produto.....	65
Figura 31	- Planilha de cadastro dos produtos – “Recepção”	66
Figura 32	- Lista de produtos cadastrados e suas tags.....	67
Figura 33	- Amostra da planilha “Tabelas individuais de produtos”	68
Figura 34	- Planilha completa de visualização.....	69
Figura 35	- (a) Amostra do controle de estoque. (b) Gráficos de barra, pizza e tabela com a quantidade de itens no estoque.....	70
Figura 36	- Esquema de ligação do ESP8266 com o RC522.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Tabela de dígitos binários para a leitura do código de barras.....	46
Tabela 2	- Diferenças entre o sistema RFID e código de barras.....	50
Tabela 3	- Lista de materiais e precificação.....	71
Tabela 4	- Principais frequências de operação do RFID.....	80
Tabela 5	- Especificações técnicas entre as plataformas Arduino x ESP.....	82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	14
1.2 Organização do texto	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
3 TECNOLOGIA RFID	19
3.1 Histórico	19
3.2 O RFID	21
3.3 Princípio de funcionamento do RFID	22
3.4 Características principais dos componentes do sistema RFID	24
3.4.1 Tags	24
3.4.2 Leitor	30
3.4.3 Antenas	32
3.4.4 Frequências de operação	33
3.5 Tipos de comunicação RFID	35
3.5.1 Sistemas N-bit transponder	35
3.6 Plataformas de controle	38
3.6.1 Plataforma Arduino	38
3.6.2 Plataforma ESP8266	39
3.7 Comunicação entre dispositivos e protocolos	40
4 GESTÃO DE ESTOQUE	42
4.1 Definição e principais conceitos	42
4.2 A gestão de estoque usando o sistema RFID	43
4.3 Código de barras	45
4.4 Comparação com o sistema RFID	47
4.5 Segurança nos sistemas RFID	50
4.6 Interferências nos sistemas RFID	51
5 METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	53
5.1 Estudo de caso	53
5.2 Desenvolvimento do hardware	53

5.3 Desenvolvimento das Planilhas.....	58
5.3.1 Fluxograma para o gerenciamento de estoque	58
5.3.2 Projeto do Banco de dados	60
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
6.1 Testes do hardware	63
6.2 Cadastros dos produtos	65
6.3 Resultados para o controle de estoque	68
6.4 Comentários finais.....	71
7 CONCLUSÕES	74
8 REFERÊNCIAS.....	76
APÊNDICE A – Frequências de operação do RFID.....	80
APÊNDICE B – Especificações técnicas entre as plataformas Arduino x ESP.	82
APÊNDICE C - Esquema de ligação do ESP8266 com o RC522.....	84
APÊNDICE D – Programação do Hardware.....	85
APÊNDICE E – PROGRAMAÇÃO PLANILHAS RECEPÇÃO	88
APÊNDICE F – PROGRAMAÇÃO PLANILHAS CADASTRO PRODUTOS.....	91

1 INTRODUÇÃO

As empresas estão sempre buscando novas tecnologias visando o processo organizacional e a manutenção de sua competitividade no mercado. Grandes supermercados apresentam dificuldade em monitorar o fluxo de produtos que estão saindo/chegando em seus estoques, para tornar este controle mais eficaz são feitos inventários rotativos e parciais. Os métodos de inventários rotativos¹ e parciais² não são seguros, por não ter a certeza que a contagem foi feita de forma correta, mesmo usando um processo crítico para as contagens (GONSALES, 2017).

A competitividade do mercado atual impulsiona cada vez mais, as empresas a evoluírem tecnologicamente e a investirem na qualidade dos seus produtos, na redução de custos dos produtos, melhorar a produtividade, agilidade e precisão nos processos de venda, entrega, etc. Neste universo, o controle de estoque auxilia no planejamento de compras e vendas de insumos (produtos), evita a perda de vendas aos consumidores pela falta de produtos nas prateleiras, auxiliando a superar as expectativas dos seus clientes, tanto nos produtos que são comercializados quanto nos serviços que são oferecidos.

Em empresas de todos os portes, um problema recorrente é a perda de estoque, que pode ocorrer por vários motivos, entre os quais, uma falha de registro, por furto, podendo acarretar grandes prejuízos a depender do valor da mercadoria. Nos últimos anos, devido à redução de custos e melhorias em seu funcionamento a utilização da tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (RFID) do inglês, Radio Frequency Identification tornou-se bastante conhecida. Esta tecnologia vem sendo utilizada em diversas áreas, além da cadeia de abastecimento, na segurança e rastreio de objetos e ramos de negócios em que se deseja ter um controle de pessoas ou de produtos.

Nas cadeias de abastecimento o RFID tem sido utilizado para rastrear o produto durante seu transporte, desde o momento em que sai do fornecedor até chegar ao seu destino (cliente). Na área de segurança a tecnologia permite o controle de acesso de pessoas em prédios mediante autorização. Na área hospitalar é bastante utilizado no rastreio de pessoas e objetos, como por exemplo, na

¹ Inventário rotativo é um processo de contagem contínua do estoque, sendo realizado por grupos de mercadorias, com periodicidade definida pela empresa.

² Inventário parcial é a verificação dos níveis de estoque em uma pequena seção do inventário, determinada pela mercadoria, marca, ou alguns itens.

localização de recém-nascidos para evitar trocas ou até mesmo roubo (WEINSTEIN, 2005). Na área alimentícia, foi aplicado o uso da tecnologia RFID para identificação das caixas de frios e carnes com a finalidade de solucionar um problema de peso exato da quantidade que era comprada e o que era vendido, com o uso do peso médio havia uma variação positiva ou negativa do que estava em estoque e o que eram vendidos aos consumidores podendo resultar em vendas adicionais ou falta do produto antes do esperado, as *tags* implantadas fornecem não somente informações de peso, mas também origem, destino, validade, especificação e valor (PANTA, 2014).

Apesar da diversidade das áreas de aplicação, a maioria das empresas que utilizam a tecnologia RFID reconhecem os benefícios da sua aplicação em controle de estoque, garantindo a melhoria no rastreo dos produtos durante o seu deslocamento, o aumento da eficiência e velocidade dos processos envolvidos, na geração de informações mais precisas e a redução de perdas; eficiência no reabastecimento, com exclusão de itens faltantes e com validade vencida; a prevenção de furtos e mercadorias falsificadas e principalmente a redução de custos com retrabalho, otimizando a mão de obra e o uso do tempo.

A tecnologia RFID é muito versátil, tanto em tipos de serviços em que é aplicado, quanto em um negócio que se pretende aperfeiçoar, aplicado preferencialmente em gestão de estoques, onde são demandadas agilidade e praticidade na manutenção e nos processos industriais que necessitam de uma tecnologia robusta e rápida.

O responsável por fazer um melhoramento na comunicação por radiofrequência, permitindo seu avanço, foi o físico escocês, Sir Robert Alexander Watson-Watt. Durante a Segunda Guerra Mundial, os britânicos usavam um sistema de RADAR que captava as ondas eletromagnéticas dos aviões inimigos permitindo identificar a sua localização e a sua velocidade. Com essas informações, tinham como saber, antecipadamente, os ataques alemães e alertavam a população a fim de que se protegesse (SANTINI, 2008).

A tecnologia de Identificação por Rádio Frequência utiliza ondas eletromagnéticas de baixa frequência (consequentemente o maior comprimento de onda) para fazer sua comunicação. Esta tecnologia usa *tags* (transponders) ou etiquetas com microchip e uma antena integrada em seu circuito. O microchip armazena em sua memória os dados do item desejado, implantado em um objeto,

sendo que a ativação do chip é feita quando esse objeto entra na área do leitor RFID, transmitindo os dados contidos no chip da etiqueta, para o leitor (VIEIRA, 2007).

Apesar de apresentar algumas limitações devido a sua simplicidade, nesta tecnologia os transponders possuem vários tamanhos e formatos diferentes para atender a necessidade de cada usuário, podendo dispensar o uso de baterias e memórias e operar em várias faixas de frequências, fazer a leitura de vários transponders ao mesmo tempo, de diferentes materiais e alguns têm um maior alcance.

As principais dificuldades apontadas por alguns autores para a adoção da tecnologia estão relacionadas com o alto investimento financeiro inicial para implantar a infraestrutura RFID; a compra dos leitores/codificadores RFID, e a etiquetagem dos objetos a serem identificados. Estas questões aos poucos estão mais acessíveis, à medida que aumenta a disponibilidade e a diversificação de materiais (SILVEIRA, 2017). Outra dificuldade é a padronização de ampla aceitação para a tecnologia RFID que pode ocasionar que etiquetas produzidas por um determinado fabricante, somente possam ser lidas por equipamento do mesmo fabricante (tecnologia proprietária), dificultando a interoperabilidade dos sistemas RFID.

O custo da implantação da tecnologia RFID é bem superior quando comparado com o custo da tecnologia do código de barras, dominante na atualidade. Além do mais, a infraestrutura para operar com a tecnologia de código de barras já está pronta, a sua substituição pela tecnologia RFID aumenta os custos, por isso, muitas empresas relutam em fazer o investimento visando a troca. Porém seu uso possui grandes vantagens, variando desde aplicações básicas como o aumento na agilidade da contagem dos produtos no estoque de forma automatizada (com uso de *tags* passivas baratas), até o uso com a possibilidade de coleta de informações mais específicas como dados de temperatura em que o produto esteve submetido durante a viagem (*tags* ativas mais caras) em processo de transporte de alimentos. Devido à crescente aceitação em nível mundial da tecnologia RFID, muitas dessas barreiras estão sendo superadas.

Na atualidade, a produção em grande escala ajuda a diminuir os custos dos sistemas RFID, alavancando novas aplicações desta tecnologia nas bibliotecas, na indústria farmacêutica, no varejo, entre outros lugares e serviços. Nos últimos anos

surgiram novos padrões que permitem a interoperabilidade entre hardware RFID de diversos fornecedores, o que elimina a necessidade de depender de um único fornecedor para adquirir o hardware e as etiquetas RFID (GONSALES, 2017).

O mercado global de RFID atualmente está concentrado em aplicações que envolvem quatro áreas básicas, tais como o controle de acesso, identificação de animais, indústria automotiva e cobrança automática de pedágios.

O RFID é uma tecnologia que vem evoluindo desde muito tempo e que hoje possui diversos campos de aplicação. Foi usada na Segunda Guerra para identificar aviões inimigos de aliados, e atualmente é aplicada na logística, com o controle de estoque em comércios através da rastreabilidade dos produtos; segurança, na identificação e no controle de entrada e saída de pessoas; na automação, como no caso do pedágio “sem parar”, em que os motoristas não precisam mais parar na praça do pedágio para pagar, dentre vários outros. Tornou-se uma tecnologia acessível às pessoas, encontrados em projetos de IoT (Internet das coisas) com a utilização de microcontroladores como Arduíno, ESP8266, ESP32.

1.1 Objetivos

Tem-se como objetivo utilizar a tecnologia de Identificação por Radio frequência (RFID) no controle de estoque com comunicação com um sistema web, de uma empresa de suprimentos em geral. Para isso, monta-se um sistema com um leitor e *tags*, com uma plataforma controladora, NodeMCU ESP8266. O sistema web é composto de planilhas que armazenam os códigos de leitura obtidos para o controle e gerenciamento de estoque, incluindo a compra/venda e reposição, retirada/entrada de produtos, conferência (contagem e identificação) e envio de produtos.

1.2 Organização do texto

O texto está organizado em seis capítulos sendo o primeiro a introdução contendo os objetivos.

No segundo capítulo faz-se uma revisão de literatura, contendo os principais autores que nortearam esta pesquisa.

Apresenta-se no capítulo 3 a tecnologia RFID sendo descritos os subsídios teóricos necessários iniciando com o histórico, elementos principais do sistema, princípio de funcionamento e as plataformas necessárias para o controle.

No capítulo 4 definem-se os principais conceitos que envolvem um estoque, a gestão de estoque e a gestão de estoque utilizando o sistema RFID. Em seguida, descreve-se como funciona o código de barras e faz-se uma comparação do código de barras com o sistema RFID. A segurança no sistema RFID e as interferências que podem afetar a gestão do estoque são comentadas neste capítulo, também.

Faz parte do capítulo 5 o desenvolvimento do projeto contendo os componentes de hardware e software utilizados para o sistema RFID, visando sua aplicação em gerenciamento de estoque de suprimentos em geral.

Apresentam-se no capítulo 6 os resultados obtidos e as discussões do desenvolvimento do sistema RFID e custos. Inicia-se com os testes do hardware, o que inclui o posicionamento das *tags* e depois a apresentação das planilhas com o gerenciamento de entrada/saída de produtos. No capítulo 7 têm-se as conclusões seguidas pelas referências e Apêndices.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo apresenta-se uma revisão da literatura que inclui alguns trabalhos publicados sobre RFID que mostram a evolução do tema e suas aplicações, e com ênfase naqueles que forneceram os subsídios para o desenvolvimento desta pesquisa.

Em Melara (2011) seu Trabalho de Conclusão de Curso, descreve os estudos realizados sobre a tecnologia RFID aplicados a gestão de estoques em uma empresa, como forma de avaliar as vantagens do seu uso e o custo de implantação, frente ao código de barras. Ressalta que a tecnologia RFID é usada na Europa, desde 1987 na cobrança de pedágios, e os elementos principais que a compõe, como faixa de frequência de operação, *tags*, controlador, antena, as normas e padrões que regem o RFID e sua arquitetura. Destaca que com o uso do RFID a gestão dentro do estoque é em tempo real, cujas informações podem ser armazenadas e visualizadas facilmente, criando históricos de toda a sua movimentação. Outra vantagem é a quantidade de informações que podem ser armazenadas em uma *tag* RFID, tais como origem, destino, peso, tamanho, entre outras. Estas informações são lidas em milissegundos, proporcionando uma maior flexibilidade e um melhor controle do estoque. Para exemplificar o uso desta tecnologia, apresenta uma aplicação na gestão de estoque de uma empresa multinacional que serve como estudo de caso, operando no Brasil, que trabalha com máquinas de diagnósticos *in-vitro* para analisar as reais vantagens da tecnologia e os custos de sua implantação. Considerando as recomendações de *payback* industrial, que gira em torno de dois anos, conclui que o sistema RFID atende esse requisito e é uma aplicação altamente recomendável para estoques.

Em Costa (2018), tem-se o desenvolvimento de um sistema de controle de estoque projetado para realizar o monitoramento de um galpão fictício com uma entrada e uma saída, que vai constituir a planta de trabalho. Esta planta possui várias divisórias e em suas portas existem antenas para localizar a transição de mercadorias entre os espaços, tornando possível realizar os seus rastreios através das etiquetas RFID. Esse sistema é um projeto IoT e utiliza microcontroladores e periféricos de baixo custo, como o módulo NodeMCU ESP8266 que possui wi-fi para realizar a transmissão dos dados via rede local para o servidor, o módulo RFID RC-522 com frequência de 13,56 MHz para realizar a leitura das *tags* e um projeto no

My SQL (sistema de gestão de banco de dados). Destaca que o rastreamento dos objetos é realizado em tempo real, alimentando o banco de dados com a data e hora em que as *tags* foram detectadas pelas antenas e a quantidade disponível no local desejado, além de mostrar a *tag* relacionada com o código de barras do produto. Conclui que o sistema desenvolvido contribui para a organização, permitindo o agrupamento de dados relacionados aos locais e fluxos de entrada ou saída, possibilitando o gerenciamento e visualização das informações consideradas críticas para o controle do estoque. Considera limitações de hardware, o alcance de leitura pelo leitor e também destaca que é possível a leitura de apenas duas *tags* de forma simultânea. Ressalta que os equipamentos utilizados não são adequados em situações reais, e que o custo de um sistema RFID de alto nível é ainda um dos principais empecilhos, principalmente para empresas de pequeno porte.

Um protótipo de um sistema RFID é descrito em Dias (2018), semelhante ao que foi apresentado em Costa (2018), mas aplicado a uma situação prática no controle de estoque de um supermercado. É um projeto de IoT que também utiliza microcontroladores de baixo custo: Arduíno Uno, módulo Ethernet Shield para realizar a comunicação de rede do Arduíno com o servidor e um leitor RFID RC-522. A Merceria em que o protótipo foi aplicado não possuía um controle entrada/saída de produtos, portanto não conseguiam antecipar os produtos necessários para serem repostos nas prateleiras, acarretando prejuízos. O leitor foi instalado na porta de entrada do local de armazenamento dos produtos, sendo necessário aproximá-los do leitor para serem detectados. O projeto utiliza um banco de dados no MySQL para o armazenamento dos dados colhidos em tempo real dos produtos por meio das *tags* RFID e, assim, realizar o seu gerenciamento (contendo várias informações como UID da etiqueta, peso, preço e quantidade) com os produtos do supermercado, esse cadastro de informações é realizado de forma manual no MySQL. Para visualizar as informações do banco de dados (MySQL), é utilizada uma página na web para poder demonstrar de forma gráfica e separada cada produto e categorias. O autor considera que o projeto desenvolvido trouxe bons resultados para o supermercado que agora possui uma melhor organização de seus produtos, auxiliando na tomada de decisões. Este projeto demonstra que é possível conseguir bons resultados, na prática, por mais que os equipamentos utilizados sejam de baixo custo, e afirma que o leitor utilizado é um limitador para a distância da leitura das etiquetas.

Por fim, uma aplicação futurista com a utilização do sistema RFID e IoT é exposta em Panta (2014) em um supermercado brasileiro de uma determinada rede. Neste mercado são utilizados leitores RFID, *tags* ativas e passivas e como banco de dados o SQL 2005, e um dos vários exemplos do sistema RFID utilizado são os carrinhos inteligentes conhecidos como PSA (Personal Shopper Assistant) e a triangularização de antenas RFID. Os PSA's possuem telas LCD conectadas ao wi-fi para que o cliente visualize um mapa da loja, e com as antenas RFID, saiba sua própria localização bem como a dos produtos desejados. Os PSA's também registram os itens adicionados no carrinho e o valor total dos itens acumulados previamente para o consumidor, cada produto está equipado por uma *tag* RFID que é identificada pela antena do terminal do caixa a qual realiza uma leitura de preços à distância, sem que os produtos sejam tirados do carrinho. O mercado também possui uma balança digital com recursos RFID que exibem informações nutricionais das frutas e verduras que são pesadas, além de possuir gôndolas com *tags* RFID com display digital, as quais exibem o preço dos produtos que podem ser atualizados de forma remota. Conclui que o uso da tecnologia RFID permite que o sistema rastreie e colete os dados dos produtos, de diferentes locais em tempo real, o que garante um caráter de comodidade, agilidade e precisão para o cliente final, além de beneficiar o próprio supermercado automatizando todos os processos de logística e armazenamento, evitando erros humanos e melhorando o gerenciamento dos estoques.

Com esta revisão obteve-se os subsídios e o entendimento necessários para o desenvolvimento desta pesquisa, o que inclui a plataforma de controle, tipo de leitor RFID e *tags* com a finalidade de gestão de estoques.

3 TECNOLOGIA RFID

Neste capítulo descrevem-se os subsídios teóricos necessários para o entendimento de como surgiu a tecnologia, elementos principais do sistema, princípio de funcionamento, tipos de leitor e *tags*, plataforma de controle e o tipo de comunicação entre os componentes do sistema RFID. Inicia-se pelo histórico, RFID e o seu princípio de funcionamento.

3.1 Histórico

A tecnologia e os conhecimentos utilizados nos sistemas RFID tiveram seu principal desenvolvimento a partir do século XIX graças aos avanços científicos conquistados na área do eletromagnetismo com as descobertas do físico e químico britânico, Michael Faraday, sobre a indutância elétrica, e equações que descrevem o comportamento eletromagnético pelo físico matemático escocês, James Clerk Maxwell. Equações confirmadas em 1887, pelo físico Heinrich Rudolf Hertz pelo estudo das ondas eletromagnéticas, o primeiro a realizar a transmissão e recepção de ondas de rádio, e logo após Guglielmo Marconi realiza a primeira transmissão para grandes distâncias, atravessando o Oceano Atlântico (MELARA, 2011).

O conhecimento da transmissão e recepção de ondas de rádio foi uma tecnologia utilizada em sistemas de detecção de objetos RADAR (Radio Detection and Ranging), patenteada pelo físico escocês Robert Alexander Watson-Watt. Foi usada durante a Segunda Guerra Mundial para alertar os países em conflito com a detecção da aproximação das aeronaves, porém esse sistema não distinguia aviões inimigos dos aliados. Foi descoberta pelos alemães uma técnica para distinguir o sinal recebido pela base por meio do movimento de giro das hélices dos aviões ao retornar, essa rotação gerava uma alteração na frequência do sinal que era detectado pelo radar diferenciando as naves. Essa técnica foi uma das primeiras formas de RFID passivo, pois utilizava a identificação por meio de ondas de rádio sem a necessidade de um transmissor ativo no objeto a ser identificado. (MELARA, 2011).

Ainda na Segunda Guerra, Watson-Watt foi o responsável por liderar o projeto IFF (Identify Friend or Foe), que ajudou a criar o primeiro projeto de sistema de identificação ativo, implantado na Força Aérea Britânica. Cada avião recebia um

transmissor e, quando recebia um sinal do radar, o transmissor retornava um sinal que identificava a aeronave como aliada, assim evitando incidentes.

A partir dos anos 60, houve um desenvolvimento exponencial do RFID, várias entidades perceberam o potencial dessa tecnologia, surgindo fortes investimentos e muitos registros de patentes. Em 1973, o empreendedor Charles Walton patenteou o transponder passivo para a abertura de portas sem o uso de chaves, e Mario Cardullo uma etiqueta ativa. O transponder embutido no cartão passava por um leitor que identificava um número armazenado na *tag* RFID, se fosse a numeração válida, a porta era desbloqueada. Dentre as aplicações, têm-se as comerciais, com a utilização de *tags*, somente para verificar a presença de produtos e assim evitar roubos. Este sistema, denominado EAS (Eletronic Article Surveillance) consistia em um disposto magnético que estava embutido nos produtos, assim que efetuada a compra, o mesmo era removido para que o cliente pudesse sair da loja, sem que os alarmes fossem ativados quando atravessassem pelos sensores nas portas dos estabelecimentos. Como a aplicação era somente detecção de presença e não identificação específica, a *tag* possuía somente 1-bit. (MELARA, 2011).

Ainda nos anos 70, o sistema RFID foi aplicado mais uma vez de forma inovadora, dessa vez em um sistema de rastreamento de materiais nucleares. Essa aplicação foi requisitada pelo Departamento de Energia do governo dos Estados Unidos para o Laboratório Nacional de Los Alamos. Nos anos 80, os mesmos responsáveis pelo projeto de rastreio, formaram uma empresa que desenvolveu o pagamento automático de pedágio. O laboratório ainda criou aplicações com *tags* passivas para o rastreio de vacas, com a finalidade de impedir que medicamentos e hormônios fossem dados a vacas doentes; outra aplicação desenvolvida com *tags* que funcionam a 125 KHz (*transponders* menores) injetados na pele das vacas, sendo um sistema utilizado até os dias atuais. Estas *tags* também são utilizadas para controle de acesso em edifícios (UFRJ. A HISTÓRIA DO RFID, 2013).

Com o passar do tempo, as empresas comercializavam transponder de baixa frequência (125 KHz) e evoluíram para alta frequência (HF) de 13,56 MHz, utilizada no RC522, evolução importante, pois a alta frequência permitiu maior alcance e velocidade de transferência de dados. Em 1990 foi patenteado o RFID de ultra - alta frequência (UHF) pelos engenheiros da IBM, patente depois vendida para a INTERMEC (fornecedora de códigos de barra). Porém, o UHF RFID ganhou uma grande importância somente em 1999 quando a Uniform Code Council, a EAN

International, a Procter & Gamble e a Gillette investiram para criar o Auto -- ID Center, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), em que foram feitas pesquisas para o uso de tags RFID de baixo custo, para serem aplicadas em uma cadeia logística para rastreamento de produtos. Eram *tags* simples com um microchip contendo poucas informações (número serial) para baratear a produção, e esse número seria armazenado em um banco de dados na internet (UFRJ. A HISTÓRIA DO RFID, 2013).

Por volta de 1999 e 2003 houve vários ganhos para o RFID com a abertura de centros de pesquisas em diversos países, os quais desenvolveram dois protocolos de interface de ar (Class 1 e Class 0) que ditam como a *tag* e o leitor se comunicam. Foi criada a EPC Global Inc, que é referência mundial na padronização dos sistemas RFID para a regularização de EPC's (Eletronic Product Code), os quais são designados como identificadores universais, sendo atribuído para a identificação de um produto (código único) e a arquitetura de redes para a busca de *tags* RFID na internet. Houve também o licenciamento pela Uniform Code Council em 2003, responsável por criar o EPC global (conjunto de normas e serviços) para a comercialização da tecnologia EPC RFID. Depois disso, com o encerramento do Auto -ID Center, as pesquisas foram repassadas para o Auto -ID Labs. (ALMEIDA, 2011).

3.2 O RFID

RFID é a sigla para RadioFrequency Identification , tecnologia que utiliza uma comunicação por radiofrequência, sem fios, para transmitir dados de um dispositivo móvel, com uma simples etiqueta, chamadas de *tag* para um leitor. As etiquetas RFID são hardwares que possuem uma antena e um chip envoltos por algum material, como vidro ou plástico, os quais respondem a sinais remotos de um leitor geralmente conectado a um computador.

O RFID, portanto, possui dois componentes principais, as *tags* ou *transponders* e um leitor. Um sistema de RFID é composto por leitores configurados em rede, etiquetas, e um servidor para gerenciar a rede. A etiqueta tem sua estrutura plana, adesiva, de dimensões reduzidas, contendo um microchip (de silício) em conjunto com sensores especiais e dispositivos que permitem a codificação e leitura dos dados contidos na mesma, remotamente. A leitura ocorre

quando um leitor específico envia ondas de radiofrequência à etiqueta, que repassa seus dados armazenados ao leitor (PIZZETTI, 2007).

Existem vários métodos de identificação, mas o mais comum é armazenar um número serial que identifica uma pessoa ou objeto e, talvez, outras informações, em um microchip que está ligado a uma antena (o chip e a antena juntos são chamados de *transponder* ou *tag* RFID). A antena permite que o chip transmita a informação de identificação a um leitor, o leitor converte as ondas de rádio refletidas da *tag* RFID em informações digitais, que depois podem ser repassadas a computadores que podem fazer uso delas (ZIMPEL *et al*, 2015).

Pode-se afirmar que um leitor modula uma determinada frequência de rádio, transmite para uma *tag*, que recebe e, por meio de um elemento de acoplamento, repassa-as para o seu microchip. Quando a *tag* não possui uma bateria própria, a energia é fornecida pelo leitor através das ondas de rádio, o que permite que ela só permaneça ativa quando estiver sob a área de cobertura do leitor. Assim, acontece a comunicação por meio da radiofrequência, em ambos os sentidos (ZIMPEL *et al*, 2015; FREITAS; DA SILVA; BRANÇÃO, 2019)

A utilização da identificação por radiofrequência dentre suas inúmeras vantagens e aplicabilidades, possibilita o reconhecimento de produtos com potenciais ganhos de eficiência ao longo da cadeia de abastecimento, trazendo para a atualidade oportunidades que antes existiam apenas no imaginário das grandes empresas. A aplicação desse sistema com etiquetas pode auxiliar no controle de todo o processo, desde a embalagem do produto até a expedição, incluindo as perdas (ZIMPEL *et al*, 2015).

Esta tecnologia vem sendo implantada em diferentes setores, desde Bibliotecas a Indústrias; em um contêiner ou numa lata de refrigerantes, sendo monitoradas por leitores e checadas via rede, por meio da Internet.

3.3 Princípio de funcionamento do RFID

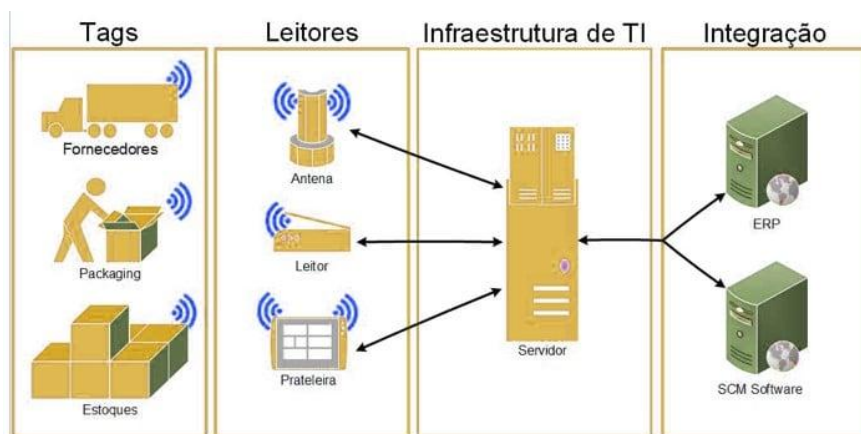
O aparelho leitor (transceptor) envia por meio da antena sinais de radio frequência (RF) buscando as *tags* dentro do seu alcance a serem identificadas. No momento em que a *tag* absorve essas ondas eletromagnéticas há o acoplamento com a antena possibilitando a troca de informações e assim os dados armazenados no objeto passam a ser recebidos pelo leitor, que é gerenciado por um sistema

computacional, conectado à rede. O circuito da *tag* possui um capacitor conectado em paralelo com a bobina da antena do leitor, e com essa combinação gera um circuito paralelo ressonante que responde somente a frequência de transmissão do leitor. (UFRJ. A HISTÓRIA DO RFID, 2013).

É importante ressaltar que, em sua grande maioria, os sistemas RFID são eletromagnéticos (*Backscatter*³) ou magnético indutivo⁴. A utilização irá depender das necessidades da aplicação, custo, velocidade e o alcance da leitura – o elemento principal que permite a comunicação entre a etiqueta e o leitor é a antena, que está no leitor e também na *tag*.

Concluindo, para funcionar, o sistema RFID necessita de tags (etiquetas), leitores, antenas e uma Infraestrutura de tecnologia da informação (servidor). Os itens (produtos) recebem as etiquetas RFID já com as informações, as antenas são distribuídas no ambiente para realizar a leitura das tags e assim se comunicar com o servidor e armazenar e integrar as informações no banco de dados, o qual realiza o controle das informações, um resumo destas etapas é mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Uma ilustração das etapas do sistema RFID



Fonte: I3C - Como funciona o RFID, 2020.

Um exemplo de ciclo das etapas que normalmente acontecem para o funcionamento da RFID em uma fábrica:

³ *Backscatter* - um dos princípios de funcionamento de sistemas RFID. Está relacionado aos sistemas com acoplamento magnético, caracterizada pela análise da energia refletida do sinal do leitor para *tag* (vice e versa) devido às perdas que ocorrem no meio. A energia das ondas emitida pelo leitor é cerca de 10 vezes maior que a energia devolvida pela *tag* durante a comunicação.

⁴ Sistemas magnéticos indutivos funcionam através do acoplamento por vizinhança, ou seja, é a transferência de energia de um circuito para outro através da indutância mútua entre dois circuitos, no caso entre a *tag* e o leitor (UFRJ. A HISTÓRIA DO RFID, 2013).

1. Colagem das *tags* nos produtos que serão rastreados na fábrica;
2. Identificação das *tags* ao sair da fábrica realizada pelo leitor RFID;
3. Ao chegar a um depósito é feita uma nova leitura para conferência (das informações enviadas pelo sistema online) em todos os itens;
4. No depósito os leitores RFID são utilizados para acompanhar os inventários e identificar os produtos na saída;
5. Do depósito até ao centro de distribuição há outra verificação;
6. O acompanhamento do ciclo ocorre até a entrega final.

Após a impressão da *tag* RFID é possível acompanhar todo o percurso de um produto ou caixa com lote de produtos até o percurso final, pois em cada etapa de deslocamento há antenas com leitores para realizar a identificação das *tags*. Em comparação ao código de barras, há um ganho significativo de tempo e quantidade de itens que podem ser conferidos.

A seguir descrevem-se com mais detalhes os componentes *tags*, leitor, antenas, frequências de operação e a plataforma de controle para um sistema RFID.

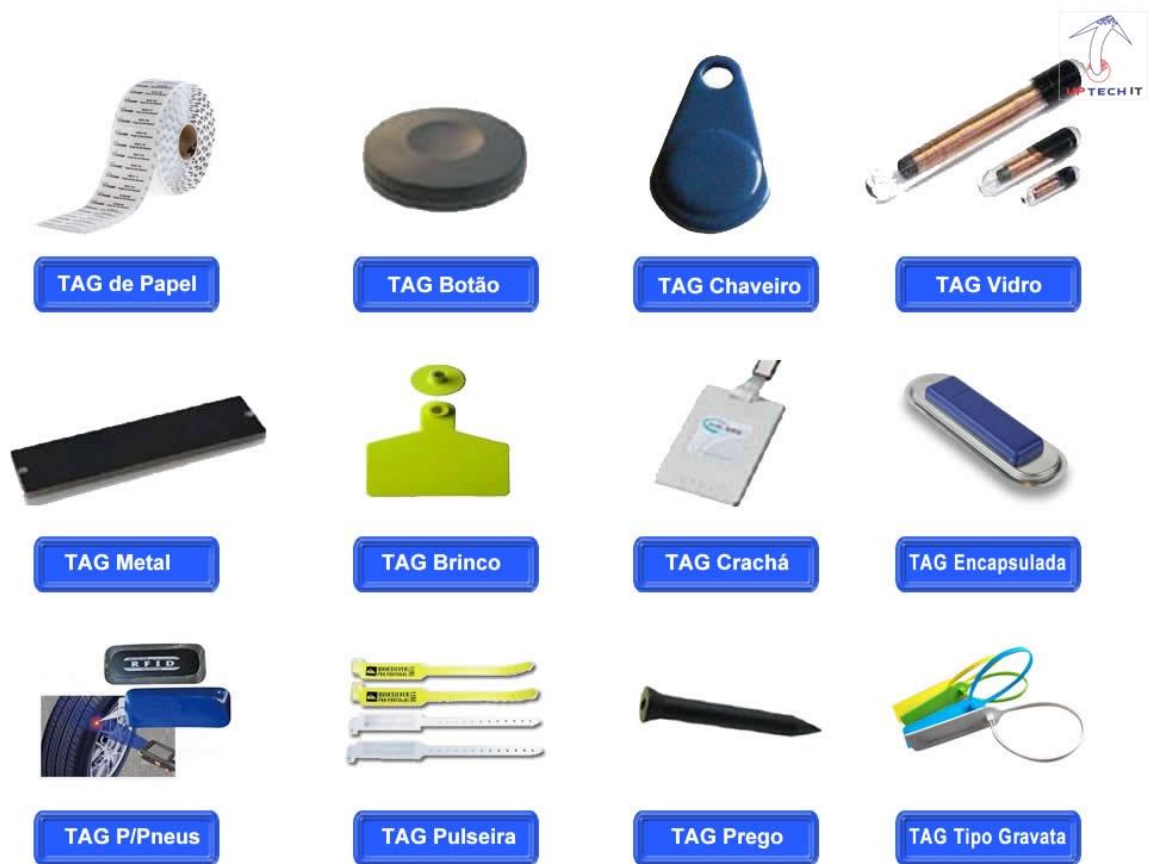
3.4 Características principais dos componentes do sistema RFID

São apresentadas neste tópico as características dos vários tipos de *tags*, leitor, antena de detecção RFID e frequências de operação adequadas.

3.4.1 Tags

A *tag* ou também conhecida como transponder (transmitter + responder) é um dos elementos principais para a arquitetura do sistema RFID. Consiste em um dispositivo eletrônico em diversos formatos, desde cartões, chaveiros ou em etiquetas, cuja escolha do modelo vai depender da aplicação, na Figura 2 apresenta-se a grande diversidade de *tags* existentes.

Figura 2 - Tipos de *tags* existentes no mercado



Fonte: Couto e Malafaia, 2019.

As *tags* são classificadas em dois grupos, as contendo um chip de silício dedicado e as sem chip (*chipless tags*), divididas em 4 classes :

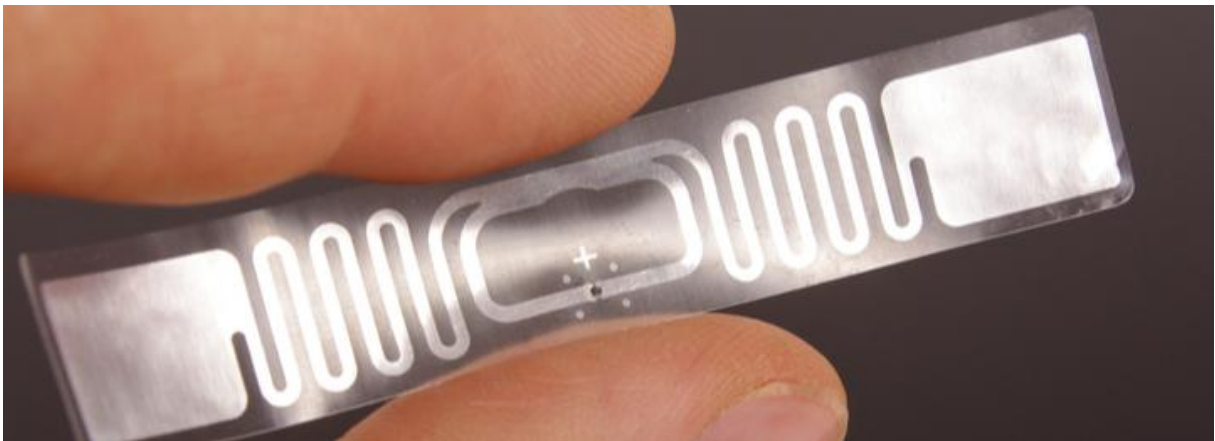
- Classe 1 - *Tags* passivas (*chipless tags*);
- Classe 2 - *Tags* passivas da classe 1 com memória ou capacidade de responder protocolos adicionais;
- Classe 3 - *Tags* semi-passiva, possuem bateria para intensificar a amplitude das ondas de rádio refletidas;
- Classe 4 - *Tags* ativas, também possuem bateria que é utilizada para aprimorar diversas funções da tag;
- Classe 5 - *Tags* que podem comunicar umas com as outras (similar a classe 4) se comunicam com a classe 1, 2 e 4, passivamente. (COUTO; MALAFAIA, 2019; FINKENZELLER, 2010).

3.4.1.1 Tags Passivas

Tags passivas são todas aquelas que não possuem bateria para realizar a comunicação com a antena e, portanto, passam a maior parte do tempo em *stand by*. Neste caso o leitor sempre irá se comunicar primeiro, visto que é necessário que sejam enviados sinais de RF na área de interrogação, para que a *tag* responda. São mais baratas que as ativas e semi-passivas e se dividem em dois tipos: sem chip (*chipless tags*) e com chip (*Chip tags*).

As *chipless tags*, ilustrada na Figura 3, são foco de pesquisa atualmente, visando o desenvolvimento de *tags* de baixo custo de produção, visto que o componente de maior custo é o seu chip de silício.

Figura 3 - Chipless tag



Fonte: Kanada, 2021.

As *chipless* não tem protocolo de comunicação no seu princípio de funcionamento. Enquanto que, nos chips tags, o sinal é demodulado, faz o processamento da informação (possivelmente escreve dados na sua memória) e envia uma resposta, modulando sua carga.

As *chipless tags* funcionam com uma malha de antenas dipolares⁵ que reagem a diferentes frequências, determinada pelo comprimento da antena e cada antena responde com 1 bit. Sua composição é dada por um codificador planar (normalmente um padrão contendo o código de identificação) e às vezes com uma antena para comunicação com o leitor. Ao usar tintas condutoras de baixo custo, o preço da etiqueta pode ser substancialmente reduzido. Por não possuírem um cip,

⁵ Antenas dipolares- a polarização ocorre por meio de “n” dipolos, formando uma rede de antenas.

não necessitam de energia adicional, requerendo apenas a energia necessária para transmitir as ondas de rádio. Assim, não possuem capacidade de processamento, e são limitadas ao seu desempenho de armazenamento, transferência de dados e alcance que são menores do que as das tags com chip. (SHAHID, 2019; ALMEIDA, 2011).

As *chipless tags* têm como principais vantagens:

- Maior precisão de leitura em materiais líquidos ou metais;
- Possibilidade de operar em maiores temperaturas;
- Menor preço por etiqueta.

Quanto às desvantagens têm-se:

- Menor envio de dados (limitados a no máximo a 24bits de dados);
- Limitação da distância de leitura;
- Baixa robustez em determinados ambientes (locais com muitas interferências).

Os chips *tags* (com CI's) possuem processamento e não precisam de contato para realizar a transmissão de dados, sendo possível armazenar dados. Devido às suas características, estas são as mais comumente utilizadas para a identificação dos produtos e para o funcionamento do RFID. O microchip de silício é utilizado para armazenar informações e o processamento, e há um transmissor conectado a antena para realizar a comunicação com outro dispositivo e transmitir os dados por meio das ondas eletromagnéticas (MELARA, 2011). Um exemplo de aplicação do chip *tag* são os Smart Cards que são cartões que possuem chip dourado para realizar o contato elétrico com os equipamentos de leitura e também sem contato (o chip interno que se comunica com o leitor através do RFID). Este tipo de comunicação é regulado pela norma ISO/IEC 14443 (MELARA, 2011) que defini os tipos de cartões sem contato para comunicações de até 10 cm.

Estes chips *tags* possuem uma memória não volátil EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) além do circuito integrado e o identificador, e quando submetidos a um campo eletromagnético leitor (sinal), o seu circuito é acoplado e ocorre a geração de energia necessária através da indução eletromagnética. A antena da *tag* gera uma pequena corrente (alternada) que é retificada por meio de um retificador de onda completa, obtendo uma corrente

contínua, suficiente para alimentar os seus circuitos e dar uma resposta através do mesmo canal de recepção na antena, retornando os dados armazenados na memória da etiqueta (QUEIROZ; ARAÚJO; HORTA, 2014). Na Figura 4 mostram-se dois exemplos desse tipo de *tag*.

Figura 4 – Exemplos de chip *tags* passivas-cartão e chaveiro.



Fonte: Usinainfo, 2023.

Como nesse tipo de *tag* o leitor sempre se comunica primeiro, ocorre uma dependência dos sinais de RF emitidos, ou seja, é necessário que o mesmo forneça potência suficiente para que haja alimentação dos componentes da etiqueta, estabelecendo a comunicação (com acoplamento indutivo para frequências de até 100 MHz ou princípio *Backscatter* a partir de 100 MHz), havendo assim, um limite maior na distância quando comparado com as etiquetas ativas e semi - passivas.

Os chips *tags* têm como vantagens, menor custo e tamanho, maior vida útil que as *tags* que utilizam bateria, sendo praticamente infinita, e não necessitam de qualquer tipo de manutenção. As *tags* passivas são muito utilizadas no controle de estoque e rastreamento, como a etiquetagem de produtos, coleira em animais, ou em cartões para identificação de pessoas no controle de acesso.

3.4.1.2 Tags ativas

As *tags* ativas possuem baterias e diferentemente das passivas podem emitir o próprio sinal para o leitor, de forma ativa, sem a necessidade de o leitor energizá-las com o seu campo eletromagnético e assim precisam de pouca potência para se comunicar com o leitor. Possuem maior capacidade de memória e transferência de dados, variando de 100 a 200 bytes por segundo, um exemplo desse tipo de *tag* ativa é apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Exemplo de chip *tags* ativa

Fonte: Melara, 2011.

O seu alcance é normalmente superior a maior parte das *Tags* passivas (100 m), trabalham em frequências superiores UHF (850 MHz – 5,8 GHz) e por esse motivo são utilizadas para rastreamento de objetos de alto valor e a longos alcances. Como exemplo, tem-se a etiquetagem de suprimentos militares, onde é necessária maior robustez da comunicação entre etiqueta e o leitor (QUEIROZ; ARAÚJO; HORTA, 2014; ALMEIDA, 2011). Por dependerem de bateria, sua vida útil é menor, e seu custo unitário é superior a *tags* passivas, limitando sua área de aplicação. A alimentação própria permite funções adicionais, podendo realizar o monitoramento e controle independente, além da capacidade de realizar diagnósticos no sistema e dispensar a instalação de diversas antenas para cobrir o ambiente, uma vez que a emissão própria em sinais de alta frequência permite a melhor identificação da etiqueta (MELARA, 2011).

3.4.1.3 Tags semi-passivas

São *tags* que possuem bateria para alimentar o seu circuito interno, mas diferentemente das ativas, não emitem sinal próprio, com a comunicação feita somente pelo leitor por meio da técnica de *backscatter*. Possuem um alcance de leitura maior quando comparada com as *tags* passivas (seu funcionamento está entre *tags* passivas e ativas). São utilizadas quando se deseja ter um maior alcance de leitura, no controle de acesso devido ao baixo custo em cartões feitos de plástico ou vidro (QUEIROZ; ARAÚJO; HORTA, 2014; ALMEIDA, 2011).

Características das *tags* RFID como tamanho, tipo de antena e material de construção, também podem afetar o alcance de leitura. *Tags* maiores, com antenas

mais eficientes e feitas de materiais que não absorvem o sinal de radiofrequência, geralmente possuem um alcance de leitura maior em comparação com as tags menores ou feitas de materiais que atenuam o sinal.

3.4.2 Leitor

O leitor (ou *transceiver*) é o dispositivo que realiza a comunicação com as *tags* por meio de uma antena que emite sinais RF, realizam a transmissão e recepção de sinal em um único dispositivo. Quando o leitor é ligado procura *tags* nos arredores para receber o sinal transmitido com informações únicas, via protocolos de comunicação. Para ilustrar, alguns modelos de módulo leitor RFID comercializados são apresentados na Figura 6.

Figura 6 - (a) Leitor RFID RC522, Gbur (2017). (b) Módulo leitor NFC Pn532 V3, RFID ARDUINO (2023) (c) Leitor RFID (2023), Sensor de proximidade 125KHz Plug&play c/ cabo usb.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Usinainfo, 2023.

O leitor de RFID permite ler, interpretar e escrever nas *tags*, embora tenha como principal função, realizar a consulta da *tag* ligada a uma ou mais antenas, por intermédio de uma interface (normalmente um cabo coaxial), emitindo ondas de RF, com potência normalmente fornecida pelo aparelho de leitura. É necessário um controlador ou microcomputador (Arduino, ESP8266, ESP32, etc.) no leitor, para fazer o controle de cada transmissor.

As diferenças entre os leitores estão na frequência de trabalho, interfaces de comunicação, mobilidade e *firmware*, podem diferir em formato e tamanho dependendo de sua aplicação. Usam diversos tipos de porta para a troca de dados com outros dispositivos, tais como, RJ45, ethernet, usb, porta serial, variando de acordo com o fabricante e o tipo de leitor. No caso do sensor RFID RC522 é utilizada a comunicação serial SPI (Serial Peripheral Interface) (MELARA, 2011).

A maioria dos leitores trabalha com leitura de todas as frequências de *tags* ou em faixas de frequência padronizadas entre 125 KHz e 2.4 GHz. Essa característica pode ser modificada pelo *firmware*, com uma espécie de filtro, limitando espectros específicos de funcionamento, determinando os parâmetros de leitura. Cada frequência tem a sua característica em relação à distância, para realizar a troca de informação da etiqueta com o leitor, e estas frequências são classificadas conforme o seu comprimento de onda, sendo considerada como baixa frequência (LF) a faixa de 125 – 134 KHz, alta frequência (HF), 13,56 MHz, ultra alta frequência (UHF) ,860-960 MHz e de micro-ondas, 2,45 GHz (CHAGAS; PIMENTEL, 2017).

Pode ter mobilidade fixa, anexado a alguma construção ou equipamento como empilhadeira, entrada de uma plataforma de carga, mas também pode ser móvel, semelhante a pistolas ou PDAs (Personal Digital Assistant) que faz a leitura sem estar preso a um local físico. (MELARA, 2011).

Quanto ao *firmware*, processa os dados capturados pelo leitor, reconhecendo apenas eventos significativos para as aplicações, criando uma interface de gestão e consulta dos leitores, aferidas pelo RFID. Em outras palavras, como a maioria dos leitores captam todos os dados em sua área de interrogação, cabe ao *firmware* intermediar o tratamento dessa informação, organizar e transformar em dado útil ao sistema. Ao fim de toda essa interação entre *tag* e leitor, o sistema se comunica e envia a informação para um banco de dados, processado por um servidor.

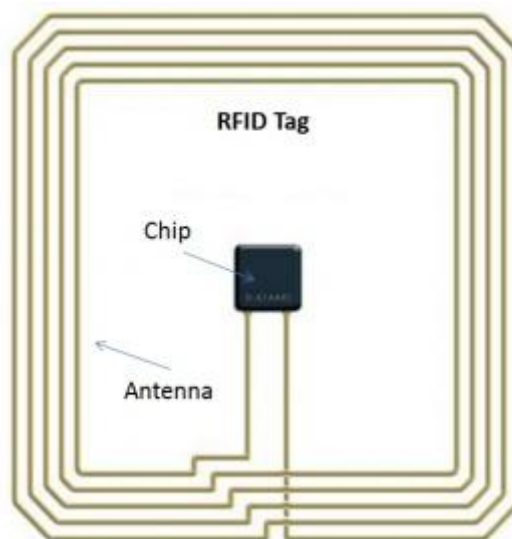
O *firmware* está acessível através de um navegador, em um IP específico, com interface para estabelecer as configurações necessárias, permitindo personalizar o sistema de acordo com a utilização.

Por último tem-se a Interface de rede (Network Interface), componente do leitor que efetua a ligação entre a informação que resulta da leitura da *tag* e outro elemento básico da arquitetura do sistema RFID, o *Middleware*⁶. Este concentra a cada solicitação a informação resultante da leitura da *tag* e o reconhecimento dos eventos (ações no processo) (MELARA, 2011).

3.4.3 Antenas

As antenas de detecção são conectadas aos leitores RFID, sua função é irradiar as ondas eletromagnéticas que induz uma corrente elétrica nas antenas das etiquetas RFID, fornecendo energia ao microchip para enviar seu sinal com as informações contidas nas etiquetas. Uma vez que essas tags são atingidas pela irradiação dessas ondas, ocorre um acoplamento entre esse objeto e a antena. Na Figura 7 é apresentado o circuito de um leitor com sua antena e o chip de processamento de uma *tag*.

Figura 7- Circuito de um chip *tag* RFID com Antena



Fonte: Guimarães, 2021.

⁶ Software utilizado para comunicação entre sistemas operacionais e aplicativos como sensores e um controlador, disponibilizando a funcionalidade para a conexão das aplicações.

Ressalta-se que para realizar a comunicação entre si, tanto a antena da etiqueta quanto a do leitor, devem estar sintonizadas na mesma frequência, caso contrário não haverá comunicação, ou seja, *tags* de 13,6 MHz não se comunicam com antenas de 125 KHz.

3.4.4 Frequências de operação

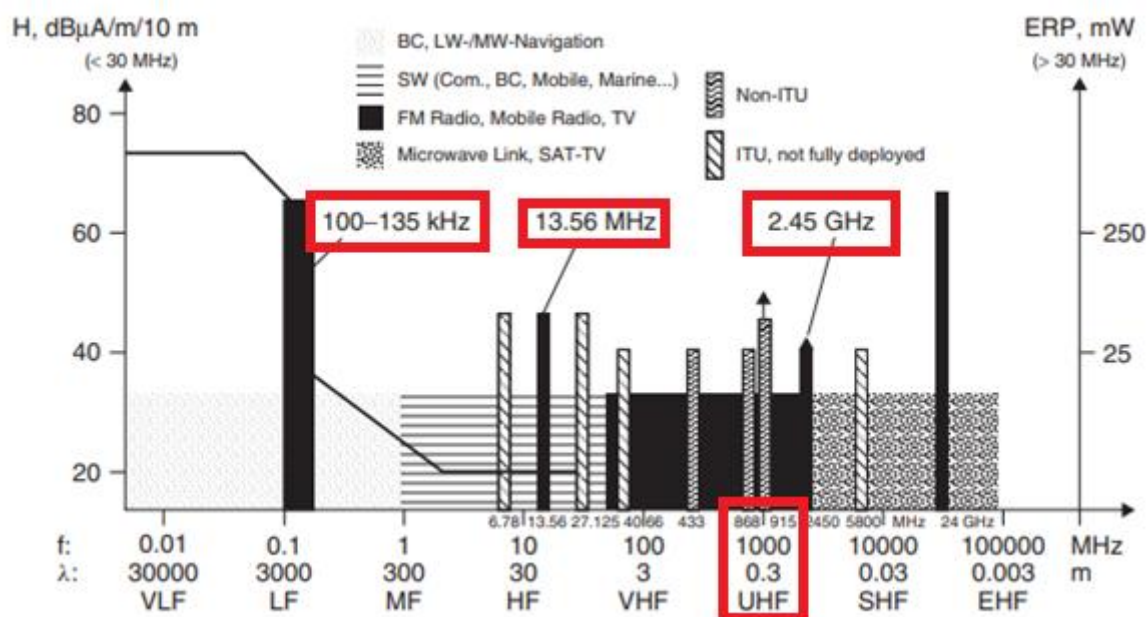
Os sistemas RFID são classificados como sistemas de rádios, pois geram ondas eletromagnéticas determinadas conforme necessidade da aplicação. A transmissão de dados sem fio não necessita de meio físico, sendo uma grande vantagem, por outro lado podem ocorrer ruídos e interferências sendo necessário tomar medidas para a confiabilidade e segurança desses dados.

A frequência de emissão da antena é um dos principais pilares do sistema RFID por estabelecer a relação entre leitor e a *tag*. Vários fatores influenciam na sua escolha, como alcance, custo, resistência de interface de comunicação e aplicação. Portanto, deve-se atentar para o espectro dos sistemas de rádio local, pois estes interferem de forma significativa na comunicação dos sistemas RFID e vice-versa. Devido a essa restrição, os sistemas RFID operam em faixas de frequência limitadas.

Quando surgiu essa tecnologia, faixas de frequência de operação abaixo de 135 KHz eram usadas para implementação da identificação por radiofrequência e além dessas são usadas frequências ISM (Industrial Scientific and Medical) reservadas para aplicações médicas, industriais e científicas. As frequências ISM clássicas são 13,56 MHz e 2,45 GHz, amplamente utilizadas em sistemas RFID atuais (FINKENZELLER, 2010).

Na Figura 8 têm-se as faixas de frequência (f), de acordo com o valor do comprimento de onda (λ) sua classificação e a força do campo magnético. Cada faixa tem limitações, devido ao tamanho do comprimento de onda e frequência.

Figura 8 – O espectro de frequências com comprimento de onda



Fonte: Adaptado de Finkenzeller, 2010.

Na Figura 8 foram evidenciadas as principais frequências RFID utilizadas no mercado, LF, HF, UHF e micro-ondas. Devido ao crescimento da importância dos sistemas RFID e aumento da regulação liberal de frequências na Europa e outras regiões, novas faixas de frequências para os sistemas RFID foram criadas e as condições para as frequências ISM existentes foram melhoradas.

Cada país vem trabalhando e atribuindo diferentes partes da faixa do espectro de radiofrequência, buscando a padronização das frequências nas bandas da LF cuja faixa é de (125 – 134) KHz, HF 13,56 MHz e UHF (860-960) MHz. Para LF, os sistemas adotados utilizam sempre 125 ou 134 KHz, para HF é sempre utilizado 13,56 MHz (com algumas exceções), na UHF não há um acordo do espectro a ser utilizado. Na Europa, as frequências entre (865 - 868) MHz foram reservadas para os sistemas de *Backscatter* (UHF), nos Estados Unidos é utilizada a faixa de 902-928 MHz e o Brasil utiliza a faixa de 902-907,5 MHz e 915-928 MHz.

Sistemas RFID de curta distância (SRD) não necessitam de registro ou autorização e nenhum custo é associado ao uso destas frequências, tanto privado quanto profissional (FINKENZELLER, 2010; PERIN, 2021). No Apêndice A têm-se os detalhes das principais faixas de frequências e comprimento de ondas (≤ 3000) disponíveis para os sistemas RFID.

3.5 Tipos de comunicação RFID

As interações que ocorrem entre a *tag* e o leitor dependem de vários fatores, dentre eles, o tipo de antena, tamanho, tipo de *tag* e suas dimensões, frequência e as condições do meio ambiente quanto às interferências. Após finalizar todas essas etapas, ocorre a comunicação que em sistemas RFID irá depender do tipo de aplicação do sistema, o que por consequência selecionará a *tag* a ser utilizada. Há dois tipos de sistemas básicos no RFID (OLIVEIRA, PEREIRA, 2006).:

- Sistemas 1-bit *transponder* (EAS - Electronic Article Surveillance);
- Sistemas N-bit *transponder* (*tags* com memória e processamento).

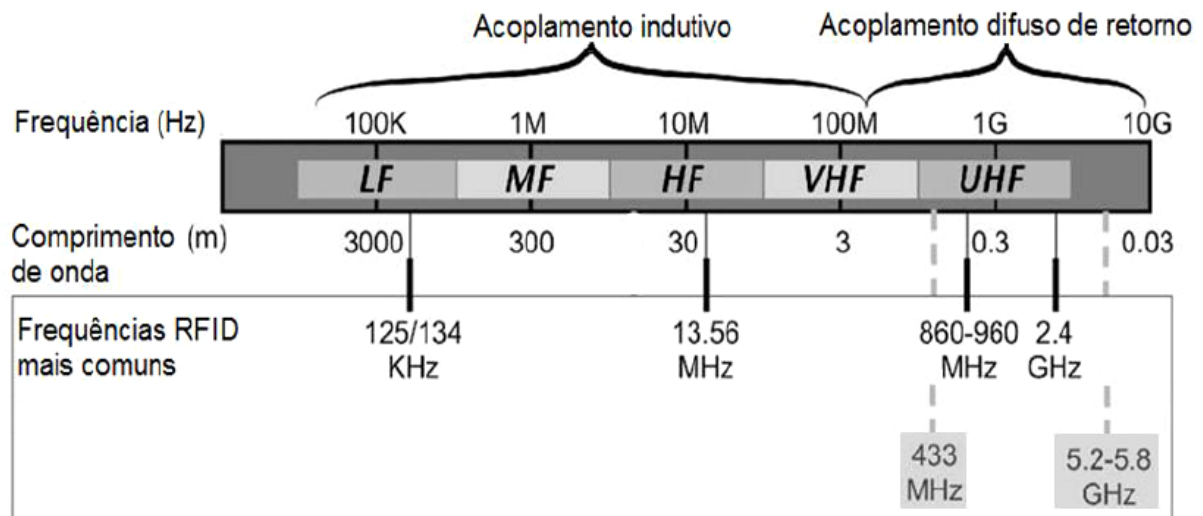
3.5.1 Sistemas N-bit transponder

Nestes, os tipos de *transponder* utilizam microchips eletrônicos como armazenamento, cuja capacidade pode ultrapassar 100 K bytes e processamento de dados. São estabelecidos os procedimentos *Full-duplex* (FDX) ou *Half duplex* (HDX) para leitura de dados ou escrita nas *tags*, junto ao leitor.

Na comunicação FDX tem-se a informação enviada e recebida simultaneamente, sendo o modo de comunicação mais rápido. Na transmissão HDX a informação enviada em dois sentidos, mas não de forma simultânea, enquanto um envia a informação o outro recebe, havendo inversão de papéis entre os comunicadores, caso os dados estejam corrompidos o emissor enviará os dados novamente repetindo o processo até que os dados sejam recebidos corretamente (MELARA, 2011)

Há dois tipos de acoplamentos principais que são baseados no alcance de cada *tag*, na Figura 9 indica-se qual o acoplamento para as duas faixas principais de frequência.

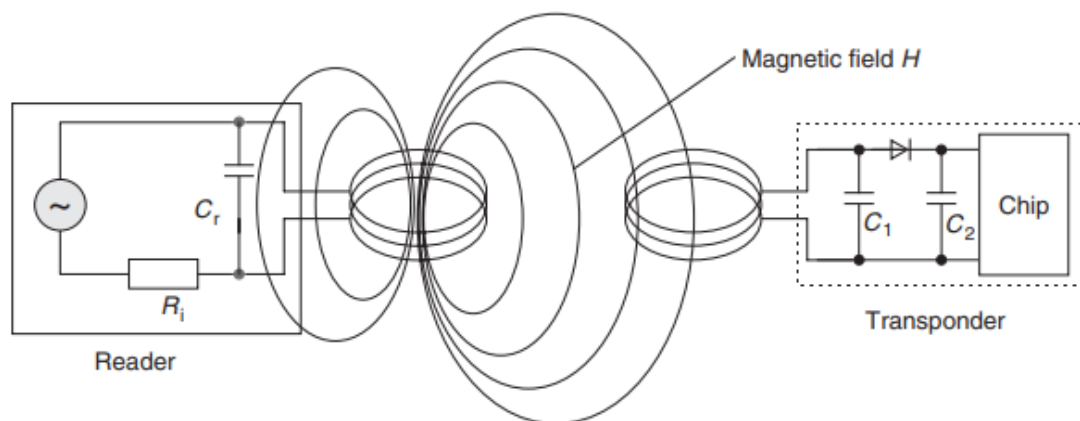
Figura 9 - Tipos de acoplamento em função da frequência.



Fonte: Couto e Malafaia, 2019.

Um *transponder* com acoplamento indutivo representa um aparelho eletrônico de dados, normalmente com um único microchip e uma bobina de área larga. Esse tipo opera praticamente sempre de forma passiva, o que significa que toda energia necessária para operação do microchip deve ser fornecida pelo leitor. Assim, a bobina da antena do leitor gera um forte sinal eletromagnético de alta frequência para que seja induzida uma tensão e por consequência uma corrente no circuito do *transponder*, o qual retorna para o leitor o seu código de identificação ID. Essas bobinas formam circuitos ressonantes com seus capacitores em paralelos e ajustados a frequência de operação do dispositivo de leitura, conforme mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Circuitos *tag* e leitor durante o acoplamento indutivo.

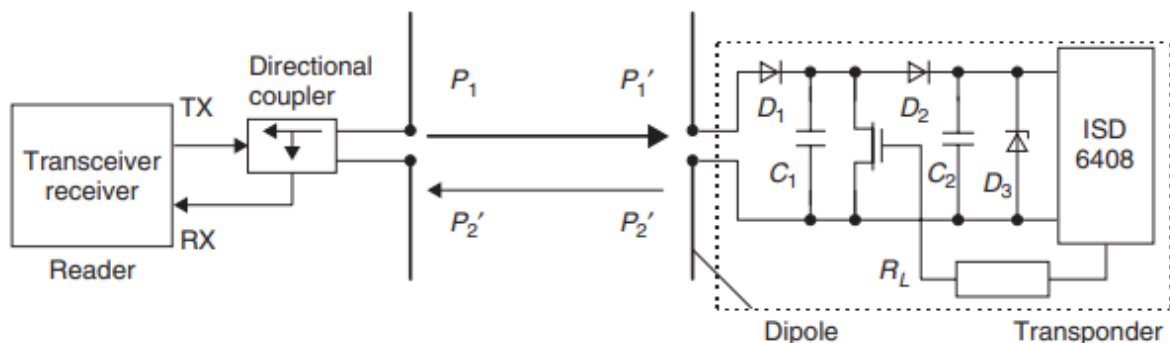


Fonte: Finkenzeller, 2010.

O layout das bobinas pode ser interpretado como um transformador. Formam um sistema de proximidade por não poder exceder uma distância de $0,6 \lambda$ (comprimento de onda). A eficiência de transferência de potência entre a antena, o leitor e o *transponder* é proporcional à frequência, número de enrolamentos da bobina e a área abrangida pela bobina da *tag*, juntamente com o ângulo relativo das duas bobinas uma com a outra e a distância entre as duas bobinas (FINKENZELLER, 2010).

No acoplamento difuso de retorno ou *backscatter*, tem-se a operação na faixa de UHF e micro-ondas possuindo um alto alcance. Há a operação com comprimentos de onda curtos o que reduz o tamanho da antena garantindo eficiência na detecção. O leitor realiza a transmissão da potência para o *transmitter* considerando as perdas que haverá no ambiente externo durante a transmissão, também a potência consumida pelo circuito é considerada. Neste são usadas *tags* ativas em operações *stand by*, ou seja, a *tag* é somente ativada quando ela se encontra dentro da região de interrogação (pulso inicial do leitor) e somente assim ocorre a transmissão dos dados. Para isso é utilizado o princípio de radares, em que as ondas eletromagnéticas são refletidas em objetos, cujas dimensões são maiores que a metade do comprimento de onda emitida por seu coeficiente de reflexão, e descrito pela seção transversal de espalhamento dos objetos em ressonância com a frequência da onda que os atinge. O circuito desse sistema é apresentado na Figura 11.

Figura 11- Princípio de operação *backscatter* de um *transponder*



Fonte: Finkenzeller, 2010.

Durante a comunicação, parte dela é perdida no meio e parte se comunica com a *tag*, a qual realiza a retificação da tensão pelo circuito dos diodos que,

posteriormente, é utilizado para retirar o dispositivo do *stand by* ou é utilizada para alimentar em curtas distâncias. A antena da *tag* reflete uma potência para chavear uma carga em paralelo com a bobina do dispositivo de leitura junto com os dados de transmissão, ou seja, a amplitude de onda é refletida do *transponder* para o leitor em *backscatter* (FINKENZELLER, 2010; MELARA, 2011)

3.6 Plataformas de controle

Sistemas embarcados ou *Single Board* consistem em um computador completamente encapsulado ou dedicado ao dispositivo/sistema o qual ele controla, possuindo uma série de tarefas predefinidas, diferentemente de computadores que possuem um propósito geral (nosso desktop). Alguns dos sistemas embarcados mais famosos são Arduíno, ESP8266, ESP32 e *Raspberry Pi*.

3.6.1 Plataforma Arduino

O Arduino teve seu início na Itália em 2003 e é o microcontrolador responsável por iniciar a revolução dos projetos IoT, justamente por ser uma plataforma de baixo custo, *open source*, ou seja, de código aberto, permitindo que vários usuários possuam acesso aos códigos bases, possibilitando a criação de diversas bibliotecas, facilitando a codificação e o desenvolvimento de projetos na comunidade. Essa placa possui diversas versões (Uno, Mega, Leonardo, Due, Nano etc.) que podem ser usadas em diferentes tipos de aplicações e necessidades.

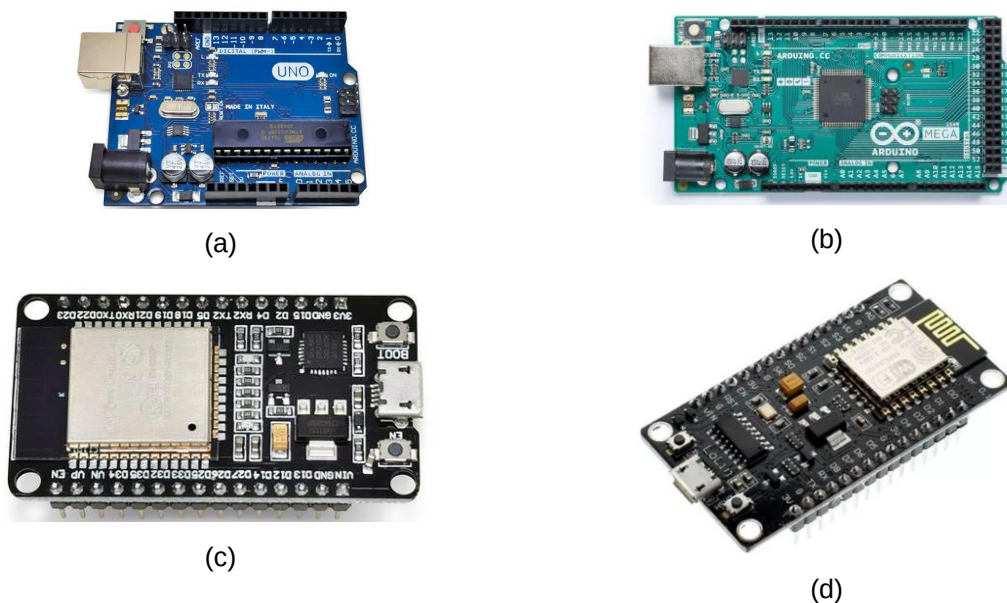
É composta por um microprocessador da Atmel, no caso do UNO R3 Atmega328P, com memória RAM, memória EEPROM/Flash (armazenamento do software), temporizadores, contadores, entradas analógicas e digitais do tipo PWM (Pulse Width Modulation) , alimentação em 5V, dentre outros. Pode expandir suas funções por meio de *shields* (periféricos do Arduino) como por exemplo o acesso a internet por meio do Ethernet Shield ou a visualização dos dados usando um display LCD (Liquid Crystal Display). O microcontrolador da placa é programado com o ambiente de desenvolvimento próprio, chamado IDE (Integrated Development Environment), ferramenta de desenvolvimento para editar o código, acessar um terminal, executar um *script*, “*debugar*” e compilar usando um único ambiente. Sua linguagem de programação é baseada no C/C++ (MARQUES, 2020).

3.6.2 Plataforma ESP8266

O Microcontrolador ESP8266 teve sua origem na China em 2014 e tornou-se famoso por ser um hardware promissor de baixo custo. Seu principal diferencial está no wi-fi integrado. Esse microcontrolador tem recursos para comunicação wi-fi e portas GPIO (General Purpose Input/Output), permitindo a conexão com placas e sensores; uma CPU de 32 bits com um clock de 80 MHz e está disponível interfaces I²C, SPI; PWM e a interface serial. Possui alimentação de 3,3 V junto aos sinais que seus pinos recebem, significando um menor consumo de energia em modo *sleep*.

O desenvolvimento dos chips da família ESP é pelo *firmware* NodeMCU que possui um código aberto assim como o Arduino, facilitando a sua programação. Também o ESP possui diversas versões (ESP 8266 ESP-01, ESP-05, ESP-12E, ESP 32 etc.) que são completas comparadas entre si e dependendo da aplicação desejada. O ESP 32 é o modelo mais completo e com recursos aprimorados em comparação ao ESP 8266, mantendo ainda o baixo custo. Para ilustração apresentam-se na Figura 12, alguns modelos e em uma Tabela no Apêndice B, um resumo comparativo das especificações técnicas entre as plataformas mencionadas.

Figura 12 – Plataformas de controle. (a) Arduino UNO R3. (b) Arduino Mega 2560. (c) ESP32 wi-fi e bluetooth. (d) ESP8266 Nodemcu V3.

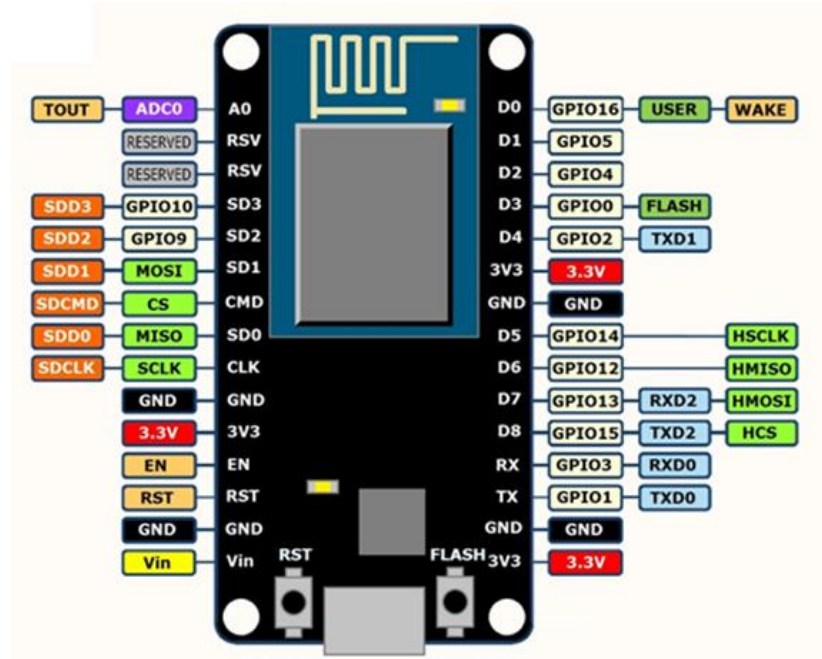


Fonte: Própria do autor.

Foram apresentados modelos básicos, para projetos introdutórios, mas outros modelos mais robustos e com mais recursos estão disponíveis no mercado de

componentes, cuja utilização irá depender da aplicação. Neste trabalho utiliza-se a versão NodeMCU ESP8266 ESP-12E, que possui wi-fi, 11 pinos de GPIO que podem funcionar como pinos I²C, SPI e PWM, uma antena interna (PCB) o que atende às necessidades da aplicação em questão, na Figura 13 mostra-se a pinagem do ESP 8266 ESP-12E .

Figura 13- Pinagem do NodeMCU ESP 8266 ESP-12E



Fonte: Koyanagi, 2022

3.7 Comunicação entre dispositivos e protocolos

A comunicação em um computador/microcontrolador é do tipo serial e paralelo. Na comunicação serial há o envio de um bit de cada vez de forma sequencial, fisicamente necessita de apenas um par de fios no canal de comunicação para que o processo ocorra (processo mais econômico). A comunicação serial é mais vantajosa para longa distância por necessitar de apenas um par de fios para realizá-la.

Na comunicação paralela um conjunto de bits é enviado/recebido em paralelo. Fisicamente é necessário um fio para cada bit para ser transmitido, tornando o processo mais complexo e custoso, sendo necessária a sincronização de todos os bits transmitidos. A comunicação paralela é mais aplicada para curtas distâncias.

Atualmente, a comunicação serial é amplamente utilizada devido a melhora na qualidade da velocidade nos meios de transmissão, sendo a comunicação paralela utilizada somente internamente no computador/microcontrolador para trocas de dados entre memórias, processador e dispositivos de entrada e saída nos barramentos.

Toda comunicação entre equipamentos é orientada por meio de um protocolo, que são conjunto de regras e procedimentos que regem a troca de dados entre dispositivos, máquinas e redes. Os protocolos disponíveis no ESP 8266 são:

- I²C (Inter-Integrated Circuit), protocolo de comunicação serial síncrono, regido pelo conceito Master/Slave: um mestre dita o sincronismo da comunicação para todos os demais dispositivos conectados a ele (Slaves). A sua taxa máxima de velocidade é de até 400 kbps (bits por segundo) sendo o seu fluxo de dados *Half Duplex*, ou seja, o sentido dos dados é bidirecional na comunicação entre o receptor e o emissor, porém não pode ocorrer a transmissão dos dados entre eles de forma simultânea. Possui a característica de *pull-up* com dois fios SDA (responsável pela transmissão dos dados) e SCL (*clock* do barramento) junto a uma alimentação Vcc de 3,3 V ou 5 V. Com um barramento de dados bidirecional (para os sinais de entrada e saída), o número de *Slaves* que podem ser conectados é limitado ao tamanho do endereço (PROTOCOLO I²C, 2023).

- SPI (Serial Peripheral Interface), protocolo de comunicação serial síncrono (*Master / Slave*): mais veloz que o I²C atingindo uma velocidade de até 2 Mbps. A comunicação SPI apresenta os sinais de comunicação em uma direção fixa e definida, ou seja, existem dois transistores definindo o estado de um pino (*push-pull*). O princípio do SPI é o shift-register, ou seja, permite converter o sinal serial para paralelo de acordo com o *clock*, pelos registradores dos dispositivos, e esse princípio permite que os dados sejam recebidos e transmitidos ao mesmo tempo entre o *master* e os *slaves* de forma bidirecional se configurando em um fluxo de dados *Full Duplex*. Para a comunicação SPI são definidos os pinos: MISO (pino de entrada do mestre), MOSI, pino de saída do mestre; SCLK (*clock*) e SS (seletor de escravo) (TOCCI: WIDMER; MOSS, 2019; SACCO, 2014).

4 GESTÃO DE ESTOQUE

Neste capítulo definem-se os principais conceitos que envolvem um estoque, a gestão de estoque e a gestão de estoque utilizando o sistema RFID. Depois disso, descreve-se como funciona o código de barras, em seguida faz-se uma comparação do código de barras com o sistema RFID e por fim a segurança no sistema RFID e as interferências que podem afetar a gestão do estoque.

4.1 Definição e principais conceitos

Estoque é definido como o conjunto de bens que estão armazenados em um determinado local para suprir uma necessidade. Se antigamente a ideia de montar um estoque visava ter uma grande quantidade, superior ao que era utilizada, hoje a ideia da gestão de estoque está relacionada à disponibilidade de um estoque de segurança de um determinado item e não da sobra de vários, para que sejam evitadas, por exemplo, paradas indesejáveis de uma produção por conta da necessidade de materiais indisponíveis (FREITAS; SILVA; BRANCÃO, 2019).

Gestão de estoque é parte importante da cadeia de gerenciamento de suprimentos. O controle de estoque é parte vital do composto logístico, pois esses podem absorver de 25% a 40% dos custos totais, representando uma porção substancial do capital de uma empresa.

A principal função da gestão do estoque é a integração da entrada e saída de materiais com o processo ao qual ele está inserido, possuindo a característica de suporte a área, para atender clientes imediatos. O gerenciamento se torna mais eficaz conforme é envolvida outras áreas e departamentos da empresa (ex: compras, logística, planejamento e controle da produção), pois para evitar desperdícios é necessário o conhecimento do processo, capital investido e disponibilidade do estoque existente, valor total gasto e a demanda prevista, buscando fazer um planejamento racional de suas necessidades (da empresa) (FREITAS; SILVA; BRANCÃO, 2019).

Em uma empresa, por meio do gerenciamento do estoque é possível ter um maior controle de entrada e saída de produtos e de todos os gastos. Para atender a demanda dos consumidores, os estoques precisam fornecer um nível de disponibilidade de produtos, e quanto mais perto das necessidades dos clientes,

melhor a satisfação destes. A disponibilidade de um produto proporciona tanto a manutenção do estoque, como o crescimento das vendas.

4.2 A gestão de estoque usando o sistema RFID

Para melhorar o controle de estoque, empresas estão utilizando meios mais modernos que os antigos inventários, eliminando erros relacionados a movimentação dos materiais no depósito, evitando dificuldade de localização, validade de produtos, reclamações de clientes, tempo de veículos em fábrica, ajustes de inventário, etc.

O código de barras foi durante muito tempo a tecnologia predominante no controle, movimentação e armazenamento de produtos. Todavia, essa tecnologia apresenta limitantes importantes como, a leitura unitária do item, a necessidade da etiqueta ser posicionada no campo de visão do leitor, implicando em restrição de tempo e menor agilidade no controle do estoque.

Com o produto dentro do estoque, a próxima etapa envolve a expedição, que é o departamento responsável pelo envio do produto até o destino final, pela verificação de notas fiscais, pesagem da carga (estipular custo de transporte) e carregamentos dos produtos até os veículos.

O processo envolvendo a expedição segue o fluxo de trabalho da separação do produto, pré-embarque, alocando as mercadorias no pedido do cliente, conferência das quantidades solicitadas, faturamento com a emissão da nota fiscal para o cliente e envio.

Antes do RFID o pré-embarque e a conferência eram realizados manualmente com o auxílio de um leitor óptico de código de barras. Em Freitas, Silva e Brancão (2019) relatam que a implantação do RFID em um estudo de caso, uma indústria da cidade de Jaú fundada no ano de 1988, reduziu em nove vezes o tempo do processo logístico, constituindo de um total de cinco etapas: separação, pré-embarque, conferência, faturamento e envio que durava um total de 2 horas de trabalho. Com o uso do RFID, as atividades para um lote de mesmo porte passaram a demandar apenas 20 minutos. Além dos ganhos mencionados, a implantação do RFID permitiu uma segurança ampliada do estoque, possibilitando ao setor de compras, programar corretamente a aquisição de matérias-primas, assim como estender esta previsibilidade para a área de manufatura, proporcionando agilidade

dos processos, melhora da produtividade, da qualidade e a relação de confiança com o seu cliente.

Portanto, o sistema RFID automatiza e organiza melhor as informações em um estoque com mínima margem de erro, possibilita que a produção, vendas, data de validade e a localização de um produto seja controlada de forma segura e com amplas vantagens em relação ao código de barras. Outras vantagens com a aplicação desta tecnologia na gestão do estoque são a localização mais rápida dos itens em processo de busca, a contagem de estoque, por exemplo, pode ser instantânea, ainda a melhoria no reabastecimento do estoque e a identificação de itens com validade vencida.

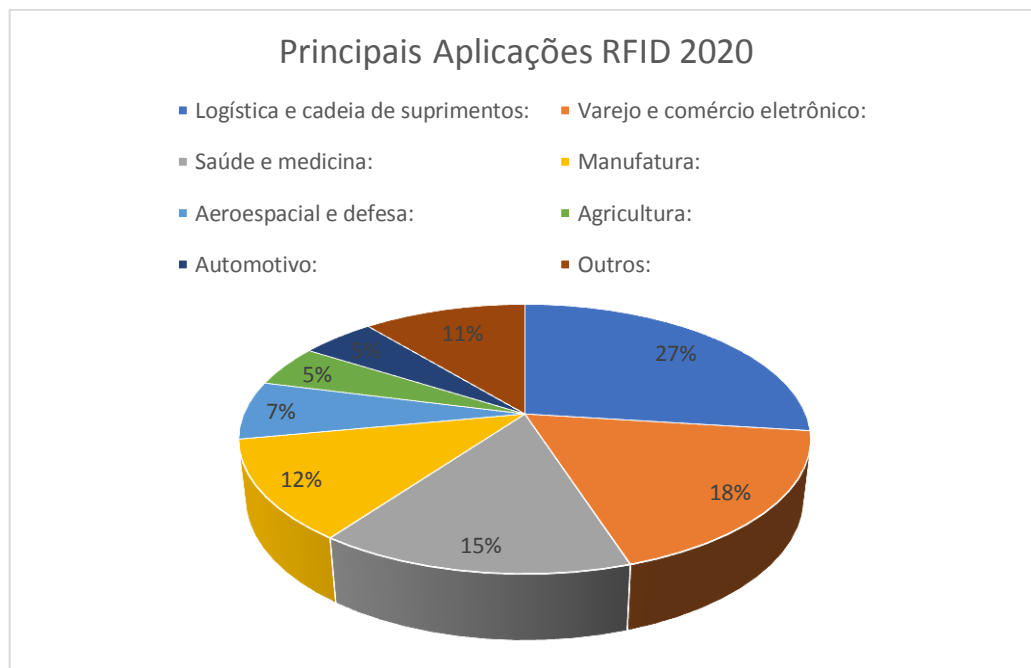
A tecnologia RFID tem sido empregada em várias outras áreas, como por exemplo, em segurança, implantes de chips em animais, hospitais, veículos, entre outros:

- O RFID é utilizado para propor maior agilidade em pagamento de pedágios e estacionamentos de shoppings –. uma etiqueta adesiva é colada no para-brisa dos veículos, o usuário deve ter acesso a antena instalada e esta faz a leitura, abrindo a cancela automaticamente;
- Nos hospitais os RFID ativos são usados para rastrear peças de equipamentos solicitadas pelo médico agilizando o trabalho dos médicos e dos enfermeiros, proporcionando mais tempo de atenção aos pacientes, além do uso mais eficiente dos equipamentos do hospital, cortando despesas extras relativas à locação e aquisição de equipamentos adicionais;
- Implantes de chips RFID em animais, também estão sendo usados em humanos. Uma experiência feita com implantes de RFID foi conduzida pelo professor britânico de cibernética, Kevin Warwick, que implantou um chip no seu braço em 1998. A empresa Applied Digital Solutions propôs seus chips como uma solução para identificar fraude, segurança em acesso a determinados locais, computadores, banco de dados de medicamento, iniciativas anti-sequestro, entre outros. Combinado com sensores para monitorar funções do corpo, o dispositivo Digital Angel poderia monitorar pacientes (CLAMPITT, 2007);
- Utiliza-se esta tecnologia na área de segurança, para carros. Houve um crescimento nos anos 90 de roubo de carros, tornando o mercado

promissor na área de segurança para carros, alarmes e sistemas de imobilização. Controles de alarme com alcance de 5 a 20 metros surgiram no mercado onde pequenos transmissores de radiofrequência operam na frequência de 433.92 MHz, para destravar as portas de um carro;

- Os sistemas RFID são usados na Indústria de semicondutores, onde um número crescente de fabricantes de semicondutores, como a Motorola passou a utilizar RFID nas suas salas assépticas, com o objetivo de implementar níveis superiores de controle, incrementar a qualidade, aumentar a eficiência dos operadores e o uso dos equipamentos. Na Figura 14 mostram-se algumas áreas de aplicação do sistema RFID.

Figura 14 – Aplicações em RFID



Fonte: IDtechEx , 2021.

4.3 Código de barras

O código de barras, uma das tecnologias mais utilizadas no gerenciamento de estoque e identificação de produtos, utiliza código binário comprimido em um campo de barras e espaços arranjados em uma configuração paralela, organizadas de acordo com um padrão pré-determinado, representando elementos de dados, podendo ser interpretado de forma numérica e alfanumérica (FINKENZELLER, 2010).

Usa-se um scanner (leitor) para fazer a leitura das barras por meio de uma varredura ótica de forma individual e a curta distância, que realiza a leitura das barras largas e estreitas e as aberturas através da reflexão do feixe (interpretação alfanumérica ou numérica), não podendo haver obstrução entre o leitor e o código. Cada dígito apresentado no código de barras é representado por 7 barras ou espaços, conforme ilustrado na Figura 15, sendo que a barra representa o dígito '1' e o espaço em branco o dígito '0'.

Figura 15 - Representação binária do código de barras



Fonte: Melara, 2011

Durante a leitura, para a identificação de cada número ser igual em binário, independente se a leitura é feita pela direita ou pela esquerda, o resultado será o mesmo, porém com a troca de "0" pelo "1" ou "1" pelo "0". Os dígitos em decimal e seus correspondentes binários estão apontados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de dígitos binários para a leitura do código de barras

dígito	do lado esquerdo	do lado direito
0	0001101	1110010
1	0011001	1100110
2	0010011	1101100
3	0111101	1000010
4	0100011	1011100
5	0110001	1001110
6	0101111	1010000
7	0111011	1000100
8	0110111	1001000
9	00010011	11101100

Fonte: A matemática do código de barras, 2023

Existem diversos tipos de códigos de barra, aproximadamente 10 diferentes tipos de códigos de barra são utilizados atualmente, apesar de serem parecidos em aparência, o mais popular é o código EAN (European Article Number), inicialmente aplicado a uma indústria. O código EAN representa o desenvolvimento do UPC (Universal Product Code) dos Estados Unidos, uma subsequência de códigos EAN e, portanto, é compatível com o mesmo.

O código de barras é composto por 13 dígitos os quais identificam o país, companhia, número do item do fabricante e um dígito de verificação. O quadro com a disposição dos dígitos é apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Disposição dos dígitos no padrão EAN

Identificado do país		Identificador da empresa					Número de série do produto					Código de verificação
X	X	Y	Y	Y	Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	V

Fonte: Melara, 2011

No Brasil o padrão mais utilizado é o EAN-8, similar ao padrão ilustrado na Figura 16, por conseguir trabalhar com espaços limitados. Esse padrão inicia os três dígitos com o prefixo EAN/UCC, os quatro itens posteriores referenciam o produto, o último dígito é um código verificador.

O uso massificado dessa tecnologia trouxe vários benefícios ao varejo, melhorando toda a sua cadeia de processo, principalmente no faturamento de produtos e o custo dessa aplicação é baixo por se tratar de uma simples impressão. O sistema é de fácil uso e automatiza o controle de grande número de itens de uma maneira mais eficiente e exata, comparado com a digitação realizada por uma pessoa (eliminando o erro humano), além de ser flexível, não se limitando a dimensão do material nem às aplicações (MELARA, 2011)

4.4 Comparação com o sistema RFID

O código de barras é usado ao redor do mundo, seja na indústria ou no comércio. Por se tratar de uma simples impressão, é muito flexível e o seu custo é baixo, permitindo o acesso pelo público em geral. A busca por processos cada vez

mais automatizados vem crescendo ao longo do tempo, o código de barras foi revolucionário quando foi usado pela primeira vez em 1974, nos estados Unidos e continua sendo vantajoso seu uso até hoje, porém, a tecnologia RFID vem ganhando espaço ao longo dos anos e é inevitável compará-las, pois possuem a mesma finalidade.

O código de barras quando comparado ao sistema RFID apresenta grandes limitações, uma delas é o campo de visão que, se obstruído, não é possível realizar a leitura. O laser precisa atingir a etiqueta para realizar a leitura das barras, e as suas condições físicas também devem estar perfeitas (não danificadas). No ambiente industrial, são comuns ambientes hostis, com elevado nível de contaminação (substâncias capazes de degradar com facilidade a etiqueta), portanto, deve-se considerar estes fatores ao optar-se por um sistema de código de barras.

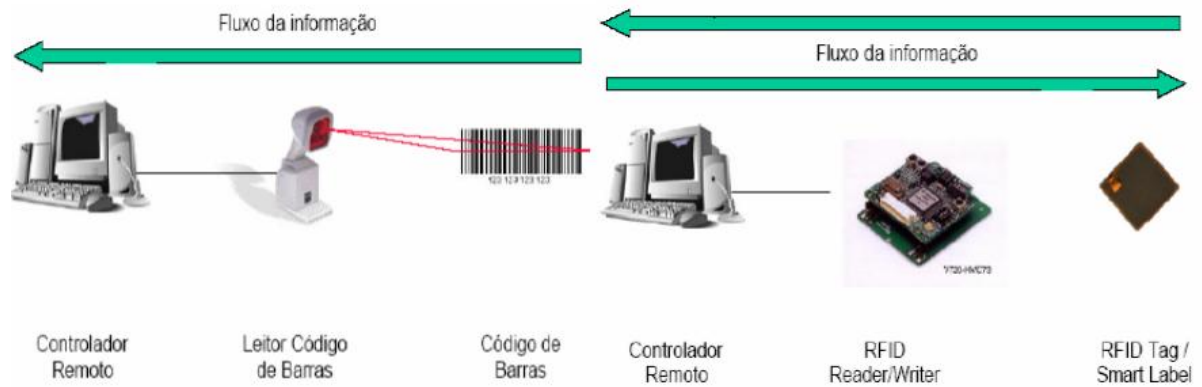
Quanto ao RFID, a principal limitação está no tipo da antena, pois sem ela não existe comunicação, ao contrário, mesmo que o código de barras esteja danificado, pode-se realizar a leitura pelo código numérico que também está presente na etiqueta, digitando o código de forma manual. A capacidade de processamento de dados do RFID permite a criação de um banco de dados na própria *tag* o que facilita a rastreabilidade do produto e a inserção de inúmeros atributos para a individualização de cada item. Outra vantagem do sistema RFID é que as *tags* RFID com memória integrada em seu circuito podem chegar a armazenar alguns kilobytes, enquanto a quantidade de informação carregada no código de barras é pequena.

O sistema RFID não precisa de um campo de visão para que a *tag* seja lida, mas apenas que esteja dentro do alcance do campo eletromagnético gerado pela antena, para que essas ondas emitidas tenham energia, o suficiente, para penetrar e acoplar magneticamente (com a geração de corrente) o circuito da *tag* e assim possa ocorrer a comunicação. Devido a essa propriedade, a localização das *tags* RFID é muito mais flexível do que o código de barras, não precisando estar necessariamente expostas, ou seja, podem ficar dentro de caixas ou invólucros, e não necessitam de manipulação direta para leitura (MELARA, 2011).

Outra diferença dos dois sistemas está no fluxo de informação, no código de barras é possível apenas realizar a leitura, enquanto em determinadas *tags* RFID é possível fazer a leitura e a escrita podendo ocorrer atualização dos dados em tempo real das

informações contidas na *tag*, conforme representação dos dois sistemas na Figura 17 (MELARA, 2011).

Figura 17 – Comparando o fluxo de informações - código de barras x RFID



Fonte: Melara, 2011

A capacidade de comunicação também permite a leitura simultânea de grandes volumes de itens, dependendo da robustez, precisão e capacidade de processamento do sistema RFID, enquanto que no código de barras é apenas possível a leitura individual.

Em termos de custo/benefício, o código de barras possui um baixo custo e pode ser produzido na sua própria casa com o uso de uma impressora. As *tags* RFID são mais caras e apesar da previsão de redução de custo, nunca serão mais baratas que uma simples impressão da tinta em um papel, por outro lado, o código de barras nunca terá as mesmas vantagens que o sistema RFID.

Ao longo prazo, o sistema RFID é considerado um bom investimento, com elevada eficiência quando comparado ao código de barras, sendo bastante comum um complemento das duas tecnologias em um sistema híbrido, em que em falhas da comunicação em radiofrequência seja substituído pelo código de barras. Na Tabela 2 resumem-se as principais diferenças entre os sistemas RFID e o código de barras.

Tabela 2– Diferenças entre o sistema RFID e código de barras

Parâmetros do sistema	Código de barras	Sistemas RFID
Quantidade de dados	1-100	16-64k
Densidade de dados	Baixo	Muito alta
Leitura de máquina	Boa	Boa
Leitura por pessoa	Limitada	Impossível
Influência de sujeira	Muito alta	Sem influencia
Influência ótica (cobertura)	Falha total	Sem influencia
Influência de direção e posição	Baixo	Sem influencia
Degradação e desgaste	Limitada	Sem influencia
Custo de compra	Muito baixo	Médio
Custo de operação (impressão)	Baixo	Sem
Cópia não autorizada/modificação	Razoável	Impossível
Velocidade de leitura	Baixo (4 segundos)	Muito rápida (0,5)
Distância máxima entre portador de dados e o leitor	0-50 cm	0-5m (micro-ondas)

Fonte: Adaptado de Finkenzeller, 2010

Apesar de todas as diferenças, a melhor tecnologia será aquela que melhor se adequar a determinada aplicação e justificar o custo/benefício. O uso da tecnologia automática de identificação vem crescendo cada vez mais e ocupando mais espaços no mercado, como demonstrado.

4.5 Segurança nos sistemas RFID

As bases do RFID estão relacionadas aos princípios de disponibilidade, integridade e confidencialidade. A disponibilidade diz respeito ao sistema estar disponível para ser acessado a qualquer momento, interferências, no entanto, podem ocorrer limitando o funcionamento do sistema em certas ocasiões. Já a integridade, tem o objetivo de garantir a exatidão e autenticidade da informação transmitida (evitando alterações). Quanto a confidencialidade, são medidas realizadas para limitar o acesso às informações de pessoas não autorizadas. (ALMEIDA, 2011)

A implantação dos sistemas RFID em um mundo cada vez mais conectado é de extrema importância. Os conceitos de Indústria 4.0, IoT e Big Data estão relacionados e fazem parte da atual revolução industrial em que a circulação de dados é uma das principais temáticas e por isso vem crescendo a necessidade da proteção da informação.

É crescente o armazenamento de dados , informações pessoais como cartões de crédito, número de contas bancárias, declaração de renda, tudo isso fez com que as informações passassem a ser uma *comodity* e fosse necessário desenvolver camadas de segurança para os dados.

Por isso, a segurança em sistemas RFID é necessária para que as informações nas *tags* não sejam acessadas por pessoas com más intenções. A privacidade em sistemas RFID envolve o vazamento de informações contida nas *tags* e o seu rastreamento, as *tags* podem responder aos interrogadores sem o conhecimento de quem está realizando a “solicitação de acesso” e quando as informações contidas são pessoais, o problema se torna ainda maior.

Os sistemas RFID podem sofrer dois tipos de ataques físicos e de captura de dados (através das ondas de RF). O ataque mais perigoso é o físico, mas é de fácil identificação, pois é necessário ter o contato direto com a *tag* ; enquanto nos ataques de capturas de dados (ataques passivos) o invasor não precisa do contato direto, pois o ataque ocorre através da interceptação da comunicação entre leitor e etiqueta, mais detalhes sobre o assunto podem ser encontrados em Oliani, Silva e Santos, 2014.

Para se proteger contra esses ataques, existem contramedidas, entre essas existe a Gaiola de Faraday que bloqueia as frequências de rádio utilizando o isolamento, e a Criptografia que utiliza várias versões para maiores proteções contra diversos tipos de ataques, o que justifica o grande empenho que os pesquisadores vêm tendo no estudo destas. O desafio nesses casos é a criação de criptografias leves em *tags* de baixo custo devido a menor capacidade computacional em questão de armazenamento, consumo de energia e circuitos. (OLIANI; SILVA; SANTOS, 2014).

4.6 Interferências nos sistemas RFID

Para o controle de estoque efetivo é necessário garantir uma efetividade na leitura das *tags*. Vários fatores podem interferir no alcance de leitura em sistemas RFID, incluindo:

- Frequência de operação no sistema RFID - pode afetar diretamente o alcance de leitura, frequências mais altas, como UHF, geralmente possuem

um alcance de leitura maior em comparação com frequências mais baixas, como LF ou HF;

- Potência de transmissão do leitor - pode afetar diretamente o alcance de leitura, quanto maior a potência de transmissão, maior o alcance de leitura. No entanto, a potência de transmissão é limitada por regulamentações locais e preocupações com a interferência eletromagnética;
- Sensibilidade da antena do leitor RFID (incluindo tamanho e tipo) - pode afetar o alcance de leitura, antenas mais sensíveis podem captar sinais de *tags* RFID a uma maior distância, enquanto as menos sensíveis têm um alcance de leitura menor; assim para diferentes tamanhos. Antenas direcionais ou omnidirecionais podem também afetar a forma como o sinal é propagado e, conseqüentemente, o alcance de leitura;
- Ambiente e obstáculos (incluindo os materiais) – onde o sistema RFID é implantado também pode influenciar o alcance de leitura. Obstáculos físicos como paredes, metais e outros objetos, podem atenuar o sinal RFID, reduzindo o alcance de leitura. Há determinadas frequências que se comportam melhor em um material do que outras, por exemplo, a UHF não funciona bem em metais e água.

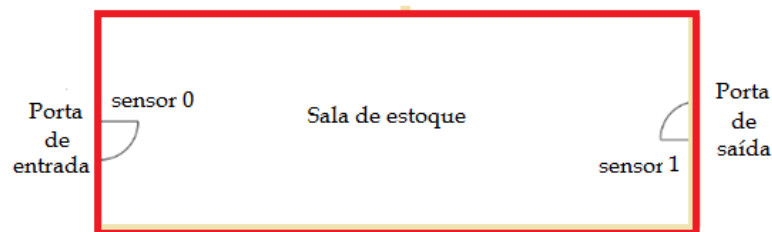
5 METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste tópico apresentam-se os componentes de hardware e software utilizados no desenvolvimento do projeto de um sistema RFID, visando sua aplicação em gerenciamento de estoque para estudo de caso, de uma indústria de suprimentos em geral.

5.1 Estudo de caso

Visando o dimensionamento do hardware e o desenvolvimento do programa baseou-se em uma planta hipotética de uma sala de 100m², Figura 18, que serve como depósito para armazenar o material, com uma porta de entrada e uma porta de saída, de forma que são necessários dois sistemas com sensores RFID para o controle do estoque, controlados por somente um microcontrolador. A dimensão do depósito é de 4x8x3, 4 metros de largura, 8 metros de comprimento e 3 metros de altura.

Figura 18 – Planta da sala para o caso em estudo.



Fonte: Própria do autor

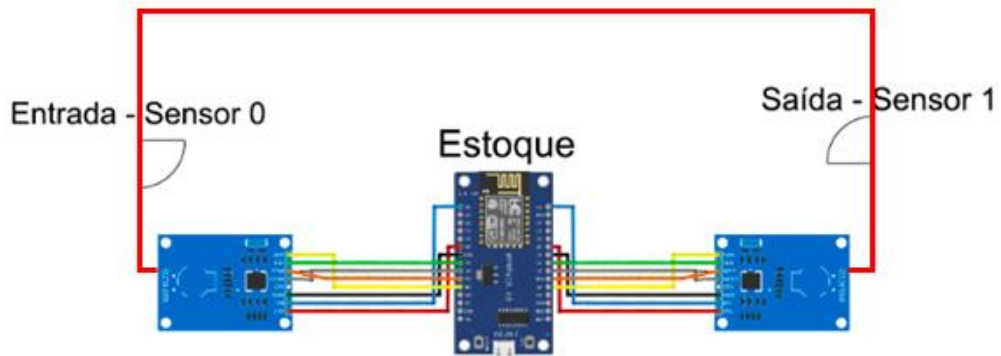
5.2 Desenvolvimento do hardware

Neste estudo de caso tem-se como objetivo, demonstrar as funcionalidades de um sistema RFID em um banco de dados online (em planilhas) para a gestão do estoque podendo servir para um ambiente genérico qualquer, seja para uma loja de roupas, supermercado, etc.

Neste controle de estoque foram usados dois sistemas RFID e um microcontrolador NodeMCU ESP8266, prevendo dois acessos ao depósito de estocagem, conforme ilustrado na Figura 19. Nos dois sistemas foram usadas dois

tipos de *tags* passivas (chip tags) com processamento apresentado na Figura 20 (a), dois leitores RFID RC522, na Figura 20 (b) e o microcontrolador na Figura 20 (c). Por fim, é apresentado em *proto board*, o circuito completo do projeto, Figura 21.

Figura 19- Planta do depósito para o sistema RFID.



Fonte: Própria do autor

Figura 20 – (a) Tags passivas. (b) Leitor RFID RC522. (c) NodeMCU ESP8266



(a)



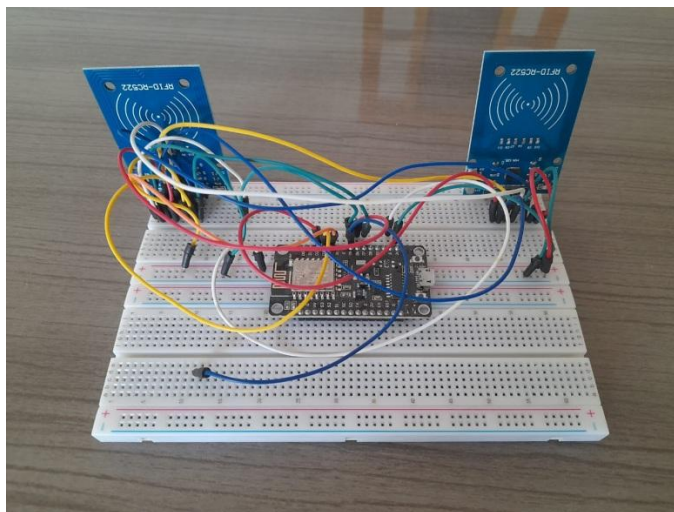
(b)



(c)

Fonte: Própria do autor

Figura 21– Circuito completo do sistema RFID



Fonte: Própria do autor

As *tags* passivas são usadas uma em cada produto, permitindo que o produto seja identificado pelo seu (da tag) UID e lidos, depois enviados para uma planilha. Apesar destas *tags* terem a função de escrita/leitura em uma memória EEPROM, neste projeto foi utilizada apenas a função leitura que fornece a sua UID, a função escrita foi utilizada somente para testes.

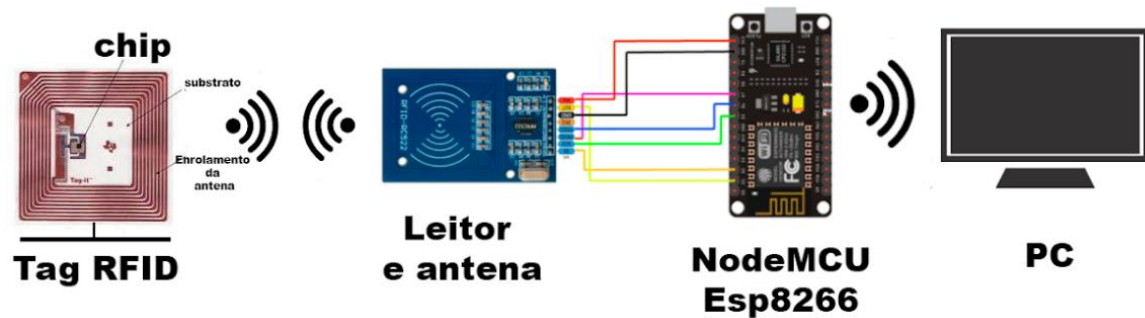
O leitor RC522 tem alcance razoável e com baixo custo, respondendo a faixa de 13,6 MHz, em alta frequência, o que permite rápida troca de informações à distâncias maiores de leitura. O diagrama esquemático de ligação do ESP8266 com o leitor RC522 são apresentados no Apêndice C.

Na plataforma de desenvolvimento, NodeMCU ESP8266 é embarcado o programa desenvolvido na IDE (Integrated Development Environment) do Arduíno, na linguagem C++, cuja lógica desenvolvida obtêm a leitura de dados da *tag* (em cada sensor) e envia para o banco de dados elaborado no Google planilha via conexão *wi-fi*. O NodeMCU ESP8266 atende às necessidades do projeto com comunicação *wi-fi* e portas GPIO que permitem a conexão com placas e sensores.

Para ligar os dois leitores RC522 no mesmo controlador, foram conectados os mesmos pinos do ESP8266 correspondentes ao RST, CLK, MISO, MOSI. Apenas o pino SDA é dedicado para troca de informação serial recebida durante a leitura das *tags*. Com dois acessos ao depósito, um leitor RFID representa a entrada de produtos do sensor S_0 (lado esquerdo) e o outro a saída, sensor S_1 (lado direito).

Tem-se na Figura 22 uma ilustração do sistema RFID projetado e como funciona a tecnologia.

Figura 22 - Ilustração para um sistema RFID completo.

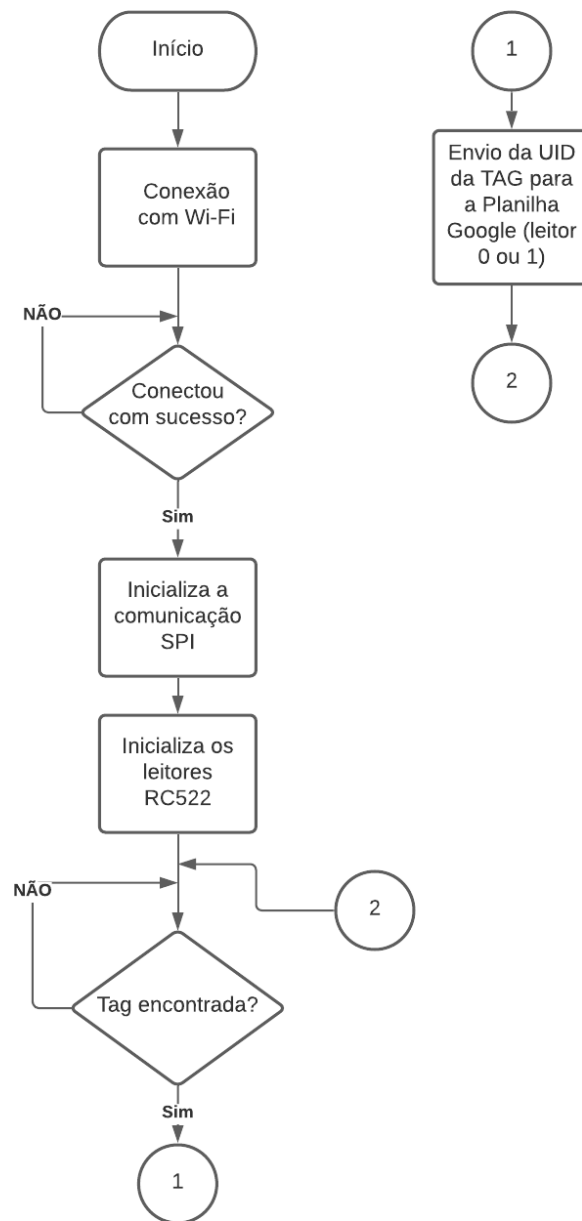


Fonte: Própria do autor

Na Figura 22 a *tag* é energizada por meio das ondas eletromagnéticas da antena do leitor que identifica o UID da etiqueta, pelo campo eletromagnético emitido da antena. As informações lidas pelo leitor RFID podem ser armazenadas em um computador ou celular, em planilhas com a visualização e o tratamento dos dados.

No programa depois da leitura da *tag* com o sensor MiFare RC522, o ESP8266 realiza o processamento dos dados identificados e os envia, por meio da conexão *wi-fi*, ao banco de dados *online* no Google Planilhas. O programa elaborado é embarcado na plataforma, seu fluxograma é mostrado na Figura 23 e o código do programa encontra-se no Apêndice D.

Figura 23 – Fluxograma para o sistema RFID elaborado.



Fonte: Própria do autor

5.3 Desenvolvimento das Planilhas

Como mencionado anteriormente o banco de dados é montado no Google Planilhas, onde é possível desenvolver uma interface, organizá-la e dispor de gráficos, sem a necessidade de criar um site, ou seja, contratar um servidor de banco de dados.

O Google Apps Scripts (2019) , *open source*, foi utilizado para fazer a tela de entrada dos produtos, consiste de um dos softwares mais utilizados para criar planilhas automatizadas. Desenvolve aplicativos baseado no JavaScript, para serviços de apps como o Google Suite, lembrando o Excel, é um recurso semelhante a programação em Visual Basic for Applications (VBA). Com este software é possível realizar a integração do ambiente de programação C++ por meio da plataforma do Arduíno IDE, com as planilhas Google, usando os dados obtidos pela leitura do leitor do sensor RFID.

A plataforma de desenvolvimento, NodeMCU ESP8266, programada usando a IDE do Arduino, utiliza várias bibliotecas disponibilizadas no seu código, entre essas:

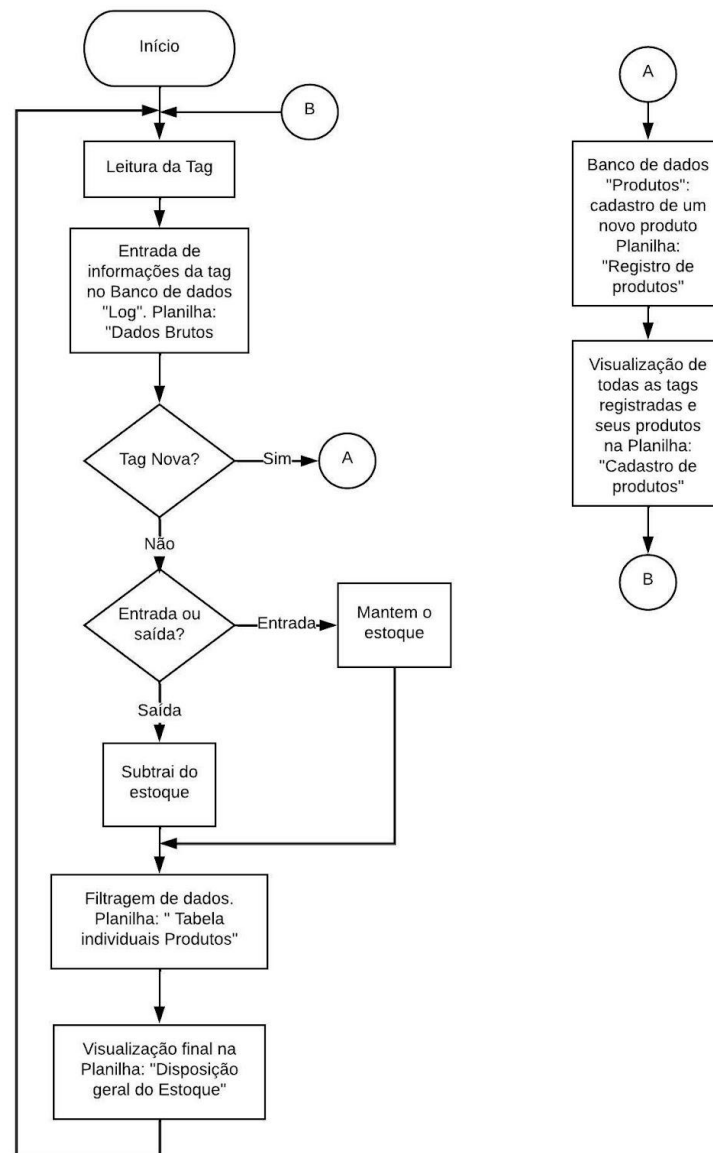
- ESP8266Wi-Fi.h - Wi-Fi integrado do ESP8266;
- HTTPSRedirect.h - envio dos dados do ESP8266 para as planilhas Google ;
- MFRC522.h - para a leitura/escrita de uma tag RFID com ISO/IEC (14443A/MIFARE interface);
- TimeLib.h - para obter dados sobre o tempo dentro do Sketch do Arduíno;
- NTP_RTC.h - para obter a hora em tempo real pela conexão *wi-fi* ;
- SPI.h - a Serial Peripheral Interface, para o protocolo de dados seriais síncronos utilizado em microcontroladores para comunicação entre o microcontrolador e um ou mais periféricos.

5.3.1 Fluxograma para o gerenciamento de estoque

Para o caso de estudo em questão, foram elaboradas oito planilhas de gerenciamento e controle de estoque. Para isso, fez-se o levantamento do tipo de produto, *tag* específica para aquele produto, tipo de posicionamento dos produtos para leitura, custos envolvidos, contagem do produto, saída/entrada. Baseado

nestas informações foi realizado o fluxograma do programa, envolvendo todas as planilhas, Figura 24.

Figura 24 - Fluxograma do gerenciamento de estoque.



Fonte: Própria do autor

Neste fluxograma com a leitura da *tag*, os dados serão dispostos conforme a sua identificação inicial — a leitura pelo sensor de entrada, realiza a verificação se sua UID é nova ou repetida, se nova, ocorre a contabilização no estoque; leitura pelo sensor de saída, se a tag já estava no estoque, ocorre a subtração do item, caso contrário, não acontece nada. O sistema foi testado de diversas formas, incluindo o

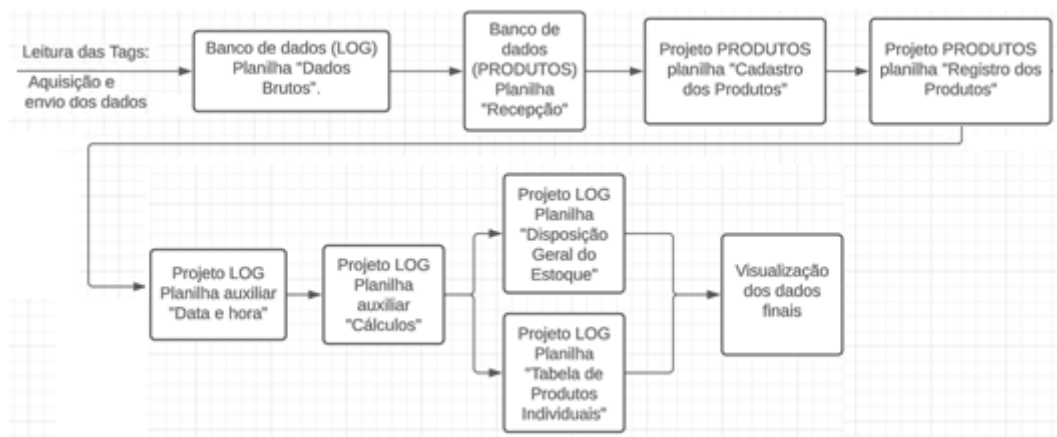
fluxo incorreto de operação, ou seja, caso um funcionário entre e saia do estoque pelo local errado: saindo pela entrada ou entrando pela saída. Nestes casos, o sistema foi programado para que apenas apareça um alerta de item repetido, o mesmo não será contabilizado ou retirado, neste processo incorreto do fluxo.

5.3.2 Projeto do Banco de dados

Os produtos definidos com base nas informações únicas contidas em cada uma de suas *tags* (cards UID) entram, por meio do leitor, em uma planilha para serem catalogados.

As planilhas desenvolvidas no Google Planilhas constituem o banco de dados, com um total de 8 planilhas divididas em dois projetos principais no Google sheets, contendo uma planilha principal nomeada “Log” e outra nomeada “Produtos”. Ilustra-se por um diagrama de blocos, Figura 25, o funcionamento das planilhas elaboradas.

Figura 25 - Diagrama de blocos do gerenciamento do estoque.



Fonte: Própria do autor

No banco de dados (Log) têm-se:

- Dados brutos;
- Data e hora;
- Cálculos;
- Disposição geral do estoque e Tabelas de produtos individuais.

No banco de dados (Produtos) têm-se:

- Recepção;
- Cadastro de Produtos;
- Registro dos Produtos.

A planilha nomeada “Produtos” mostrada na Figura 26 é utilizada para realizar o cadastro dos produtos. Enquanto o controle dos produtos que entram no local com a contagem atual no estoque (quantidade que entra e sai) é realizada no projeto principal “Log”.

Figura 26 – Planilha “Produtos” – entrada dos dados brutos

A2 $\sum$ $\text{=IMPORTRANGE("https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VrLMWhQzV_n_I_h3N0bD7fB9MkCpKDV-CVdZ9rPcIo/edit#gid=0"; "Dados Brutos!B3:B1000")}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	UID										
2	cb7ee420	Repetido	Perfume								
3	d9284e5a	Repetido	Sabonete Limão								
4	637a1b63	Repetido	Sabone do egito								
5	d9284e5a	Repetido	Sabonete Limão								
6	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença								
7	d9284e5a	Repetido	Sabonete Limão								
8	b9746459	Repetido	Hidratante								
9	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença								
10	637a1b63	Repetido	Sabone do egito								
11	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença								
12	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença								
13	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente								
14	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente								
15	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente								
16	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente								
17	463267af	Repetido	Escova								
18	463267af	Repetido	Escova								
19	463267af	Repetido	Escova								
20	463267af	Repetido	Escova								
21	463267af	Repetido	Escova								
22	463267af	Repetido	Escova								
23	463267af	Repetido	Escova								
24	463267af	Repetido	Escova								
25	463267af	Repetido	Escova								
26	463267af	Repetido	Escova								
27	463267af	Repetido	Escova								
28	463267af	Repetido	Escova								
29	463267af	Repetido	Escova								
30	463267af	Repetido	Escova								

Fonte: Própria do autor

A planilha “Log” apresentada na Figura 27, é a aba do Google Planilhas que por meio do leitor, capta todos os dados enviados pelo ESP 8266 e os organiza de forma a poder realizar as análises e controle dos dados do estoque. Apresenta os dados brutos onde são registrados a data e hora, o UID das *tags*, qual o seu status (identificada, ou repetida), o cadastro do produto e qual sensor que a detectou, se S_0 , o sensor de entrada no estoque, ou S_1 , o sensor de saída do estoque, identificados pelas antenas MiFare RC522, quando a *tag* estiver bem próxima.

Figura 27 - Planilha “Log”

A1:E1 Controle de entradas e saídas									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Controle de entradas e saídas						Contagem	Entrou	Saiu
2	Data	Card UID	Status	Registro	Entrada(s0)/Saída		0	7	7
3	16/12/2021 11:43:36	cb7ee420	Identificado	Estocado	sensor0				
4	16/12/2021 11:43:48	d9284e5a	Identificado	Estocado	sensor0				
5	16/12/2021 11:43:59	637a1b63	Identificado	Estocado	sensor0				
6	16/12/2021 11:44:57	d9284e5a	Repetido	Sabonete Limão	sensor0				
7	16/12/2021 11:45:15	da39f4b8	Identificado	Estocado	sensor0				
8	16/12/2021 11:46:02	d9284e5a	Repetido	Sabonete Limão	sensor0				
9	16/12/2021 11:46:16	b9746459	Identificado	Estocado	sensor0				
10	16/12/2021 11:46:47	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença	sensor0				
11	16/12/2021 11:46:53	637a1b63	Repetido	Sabone do egito	sensor0				
12	16/12/2021 11:47:40	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença	sensor1				
13	16/12/2021 11:47:50	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença	sensor1				
14	16/12/2021 11:47:58	93cc1d24	Identificado	Estocado	sensor1				
15	16/12/2021 11:48:04	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente	sensor1				
16	16/12/2021 11:48:16	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente	sensor1				
17	16/12/2021 11:48:29	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente	sensor1				
18	21/12/2021 23:14:11	463267af	Identificado	Estocado	sensor0				
19	13/2/2022 14:36:09	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
20	13/2/2022 14:37:39	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
21	13/2/2022 14:37:45	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
22	13/2/2022 14:38:09	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
23	13/2/2022 14:38:35	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
24	13/2/2022 14:38:42	463267af	Repetido	Escova	sensor1				
25	13/2/2022 15:19:44	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
26	18/2/2022 16:00:38	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
27	18/2/2022 16:11:33	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
28	18/2/2022 16:19:41	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
29	18/2/2022 16:36:43	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
30	18/2/2022 16:48:22	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
31	18/2/2022 16:50:36	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
32	9/4/2022 15:37:53	463267af	Repetido	Escova	sensor0				
33									
34									
35									
36									
37									
Dados Brutos ▾ Disposição geral do Estoque ▾ Tabelas individuais Produtos ▾									

Fonte: Própria do autor

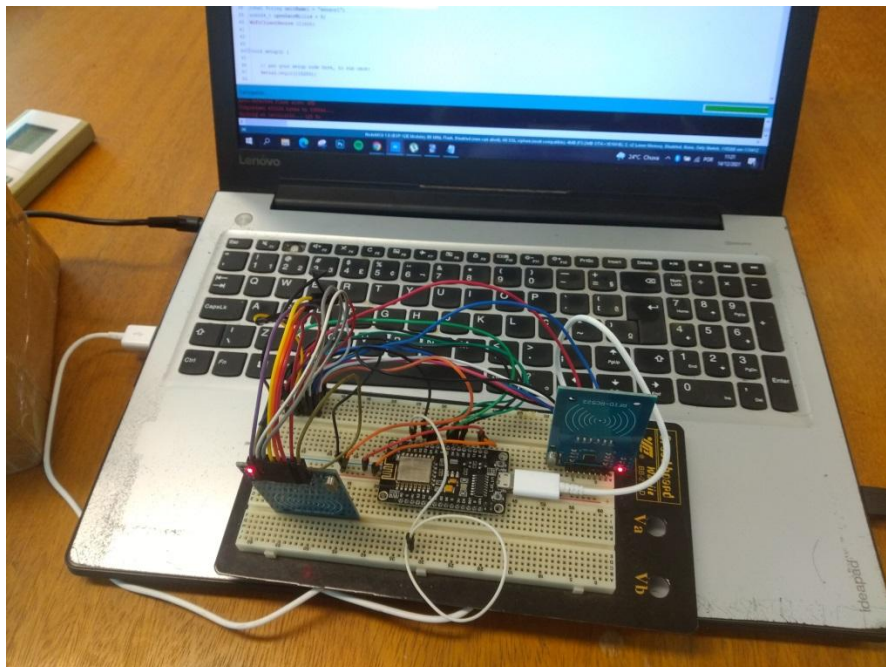
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item são apresentados os resultados e discussões do desenvolvimento do sistema RFID aplicado à gestão de estoque de uma empresa de suprimentos em geral. Inicia-se com os testes do hardware, o que inclui o posicionamento das *tags* e depois a apresentação das planilhas elaboradas.

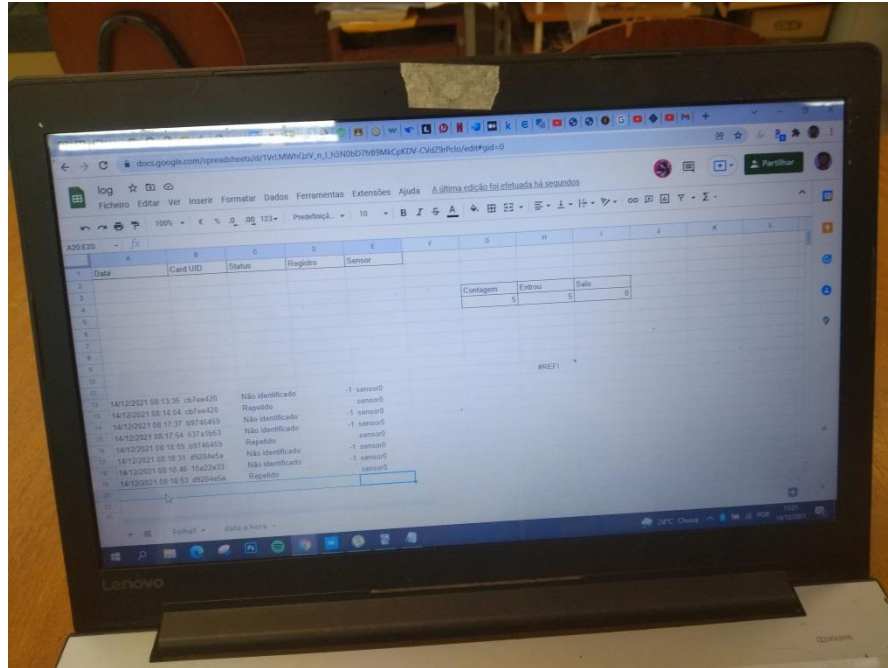
6.1 Testes do hardware

Os testes para o hardware implementado são apresentados nas Figuras 28 (a) e (b). Em (a) mostra-se a montagem do sistema RFID em *protoboard*, conectado a um laptop pela USB e em (b) é visualizado na tela do laptop a entrada de dados dos produtos, ou seja, a leitura das *tags* em uma planilha. O circuito não foi implementado na prática em um circuito impresso devido às restrições na pandemia.

Figura 28 – (a) Montagem em *protoboard* do sistema RFID usando dois leitores (b) Interface das planilhas vista pelo Computador



(a)



(b)

Fonte: Própria do autor

Na Figura 29 de (a) a (e) mostram-se o posicionamento dos dois tipos de *tags* passivas chaveiro e crachá (cartão) coladas aos produtos cosméticos (sabonetes) simulando uma caixa de produtos e a sua leitura pelo leitor RC522. Ressalta-se que devido ao tipo de leitor usado, os produtos com as *tags* devem ser posicionadas próximo às laterais da caixa, é o que sugere a Figura 29 (e).

Figura 29—Posicionamento das *tags* passivas tipo “chaveiro” nos produtos (a) e (b). (c) e (d) *Tags* passivas tipo “crachá”. (e) *Tags* próximas às laterais das caixas.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Própria do autor

6.2 Cadastros dos produtos

Para relacionar uma determinada *tag* a um produto é necessário realizar o seu cadastro no sistema, toda *tag* possui um (UID), cuja alteração depende do seu tipo. O registro de um produto é realizado toda vez que uma nova *tag* entra no sistema, conforme mostrado na tela de cadastro elaborada para a entrada dos produtos nas planilhas, Figura 30, no projeto da planilha “Produtos”.

Figura 30 - Tela de cadastro de um produto

Sistema de cadastro de produtos

TAG a ser cadastrada: aa9df3af

Produto:

Última TAG lida: aa9df3af

Cadastrar

Fonte: Própria do autor

Os UID's obtidos no projeto "Log" na aba "Dados Brutos" são enviados para outra planilha auxiliar ilustrada na Figura 31, "Recepção", e são tratados conforme a necessidade de registro.

Figura 31- Planilha de cadastro dos produtos – "Recepção"

A2 =IMPORTRANGE("https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VrLMWhQzV_n_I_h3N0bD7frB9MkCpKDV-CVdZ9rPcIo/edit#gid=0"; "Dados Brutos!B3:B1000")

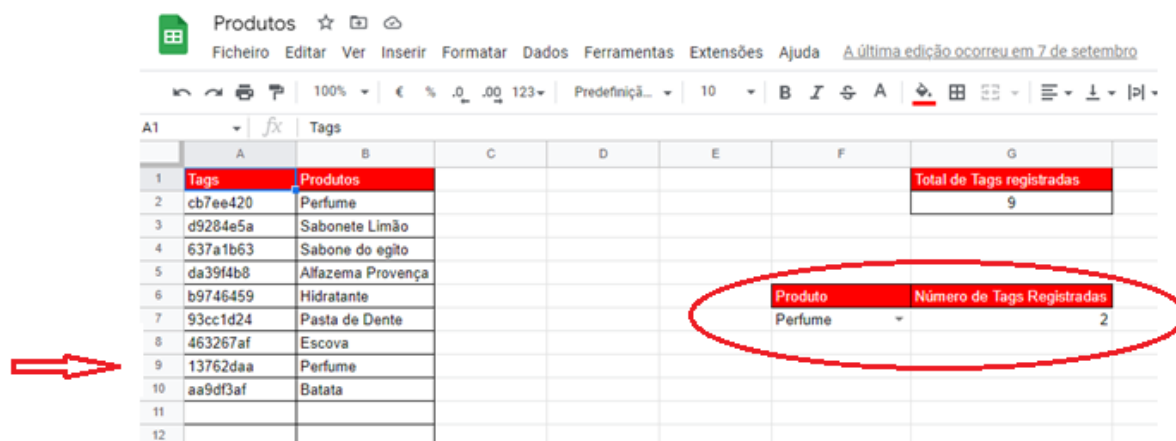
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	UID										
2	cb7ee420	Repetido	Perfume								
3	d9284e5a	Repetido	Sabonete Limão								
4	637a1b63	Repetido	Sabone do egito								
5	d9284e5a	Repetido	Sabonete Limão								
6	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença								
7	d9284e5a	Repetido	Sabonete Limão								
8	b9746459	Repetido	Hidratante								
9	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença								
10	637a1b63	Repetido	Sabone do egito								
11	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença								
12	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença								
13	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente								
14	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente								
15	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente								
16	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente								
17	463267af	Repetido	Escova								
18	463267af	Repetido	Escova								
19	463267af	Repetido	Escova								
20	463267af	Repetido	Escova								
21	463267af	Repetido	Escova								
22	463267af	Repetido	Escova								
23	463267af	Repetido	Escova								
24	463267af	Repetido	Escova								
25	463267af	Repetido	Escova								
26	463267af	Repetido	Escova								
27	463267af	Repetido	Escova								
28	463267af	Repetido	Escova								
29	463267af	Repetido	Escova								
30	463267af	Repetido	Escova								

Fonte: Própria do autor

Como são dados provenientes de um projeto "Log" (em outra aba do navegador) é necessário utilizar a função IMPORTRANGE e obter o link de acesso da planilha *online* de origem, e assim realizar a importação dos dados.

A planilha de entrada dos dados brutos não foi formatada, pois é uma planilha auxiliar e não é para ser visualizada, estando oculta no sistema final. O cadastro por esta planilha ocorre de forma automática e visual usando uma macro, cuja lógica se encontra no Apêndice F. Cada *tag* possui um código único, a UID, e nesta planilha tem-se a mesma *tag* com o status repetido, representando os testes de fluxo incorreto, com o funcionário entrando ou saindo pelo local errado. Os dados registrados são salvos na planilha de cadastro de produtos apresentada na Figura 32.

Figura 32- Lista de produtos cadastrados e suas tags



	A	B	C	D	E	F	G
1	Tags	Produtos					Total de Tags registradas
2	cb7ee420	Perfume					9
3	d9284e5a	Sabonete Limão					
4	637a1b63	Sabone do egito					
5	da39f4b8	Alfazema Provença					
6	b9746459	Hidratante					
7	93cc1d24	Pasta de Dente					
8	463267af	Escova					
9	13762daa	Perfume					
10	aa9df3af	Batata					
11							
12							

Fonte: Própria do autor

Esta planilha contém os dados de cadastro dos produtos e suas respectivas tags, com as suas quantidades cadastradas e os produtos relacionados, cada item possui UID's únicos, obtidos de suas tags. Nesta planilha pode-se visualizar que o item "perfume" possui duas tags e a quantidade de tags registradas, sendo o valor atualizado automaticamente, por meio da função CONT.SE. É possível visualizar individualmente a quantidade de cada produto cadastrado por meio de uma lista, a qual é atualizada conforme a adição de novos produtos no estoque.

O controle dos produtos cadastrados é feito na planilha Log. A tabela de dados brutos é atualizada para a visualização de seus dados com filtros de data, hora e dos produtos. Assim, são criadas planilhas auxiliares para os dados serem tratados e posteriormente serem dispostos em uma tabela dinâmica junto aos seus gráficos.

A planilha "data e hora" é uma planilha auxiliar utilizada somente para realizar a separação da data e hora de uma célula única para duas células, e assim serem tratadas como informações separadas (uso da função SPLIT). Esse passo é importante para a criação do filtro que foi utilizado nas tabelas dinâmicas finais.

Com os dados trabalhados na planilha "Tabelas Individuais Produtos" foram colocados, para disposição e visualização individuais, todos os produtos do estoque e suas tags relacionadas, assim, toda vez que uma tag nova for cadastrada para um mesmo produto, será possível visualizar quais são todas as UID's relacionadas, conforme amostra na Figura 33.

Figura 33 – Amostra da planilha “Tabelas individuais de produtos”

<i>Dia</i>	<i>Card UID</i>	<i>Status</i>	<i>Registro</i>		Alfazema Provença
16/12/2021	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença		1

<i>Dia</i>	<i>Card UID</i>	<i>Status</i>	<i>Registro</i>		Escova
13/2/2022	463267af	Repetido	Escova		1
18/2/2022	463267af	Repetido	Escova		
9/4/2022	463267af	Repetido	Escova		

Fonte: Própria do autor

6.3 Resultados para o controle de estoque

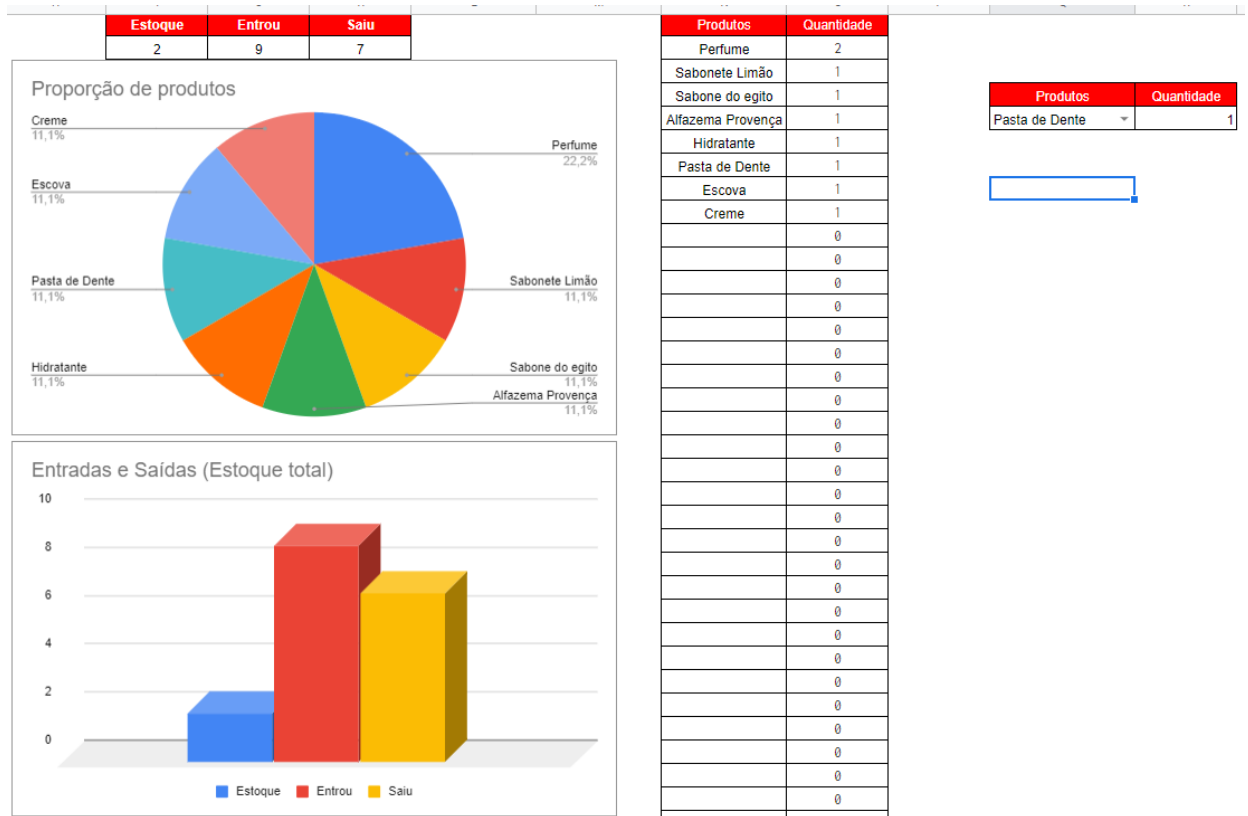
O controle geral e final do estoque desse sistema é feito por meio da planilha “Disposição Geral do Estoque” que contém todas as informações da planilha de “Dados Brutos”, com a possibilidade de visualizar de forma completa, gráficos da proporção dos produtos no estoque, a quantidade de entradas e saídas e quantidade. Também é capaz de filtrar na tabela, as informações apresentadas por data, status de identificação, produto, ou sensores de entrada e saída, permitindo verificar quantos produtos entraram em um determinado dia, quais são os produtos cadastrados e suas *tags*. Na Figura 34 apresenta-se a planilha completa.

Esta planilha apresenta todo o log de produtos, tais como, informações como dia de entrada e hora exata no servidor e qual o produto registrado, se ele entrou pela primeira vez, ou se passou novamente pela entrada ilustrando seu status de repetido. Caso a *tag* seja identificada, mas não registrada, aparecerá na coluna “produto” o status “não registrado” conforme evidenciado na Figura 35 (a). Na parte gráfica tem-se a quantidade de produtos que há no estoque, mostrada pelo gráfico de barras e a sua proporção apresentada no gráfico de pizza, além disso, é possível também visualizar de forma individual, a quantidade que há no estoque de cada item, informações ressaltadas na Figura 35 (b).

Figura 35 – (a) Amostra do controle de estoque. (b) Gráficos de barra, pizza e tabela com a quantidade de itens no estoque.

<i>Dia</i>	<i>horário</i>	<i>Card UID</i>	<i>Status</i>	<i>Produto</i>	<i>Entrada(s0)/Saída(s1)</i>
+ Total de					
16/12/2021	11:43:36	cb7ee420	Identificado	Perfume	sensor0
	11:43:48	d9284e5a	Identificado	Sabonete Limão	sensor0
	11:43:59	637a1b63	Identificado	Sabone do egito	sensor0
	11:44:57	d9284e5a	Repetido	Sabonete Limão	sensor0
	11:45:15	da39f4b8	Identificado	Alfazema Provença	sensor0
	11:46:02	d9284e5a	Repetido	Sabonete Limão	sensor0
	11:46:16	b9746459	Identificado	Hidratante	sensor0
	11:46:47	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença	sensor0
	11:46:53	637a1b63	Repetido	Sabone do egito	sensor0
	11:47:40	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença	sensor1
	11:47:50	da39f4b8	Repetido	Alfazema Provença	sensor1
	11:47:58	93cc1d24	Identificado	Pasta de Dente	sensor1
	11:48:04	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente	sensor1
	11:48:16	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente	sensor1
	11:48:29	93cc1d24	Repetido	Pasta de Dente	sensor1
21/12/2021	23:14:11	463267af	Identificado	Escova	sensor0
+ Total de 13/2/2022					
18/2/2022	16:00:38	463267af	Repetido	Escova	sensor0
	16:11:33	463267af	Repetido	Escova	sensor0
	16:19:41	463267af	Repetido	Escova	sensor0
	16:36:43	463267af	Repetido	Escova	sensor0
	16:48:22	463267af	Repetido	Escova	sensor0
	16:50:36	463267af	Repetido	Escova	sensor0
9/4/2022	15:37:53	463267af	Repetido	Escova	sensor0
18/5/2022	23:43:31	13762daa	Identificado	Perfume	sensor0
	23:44:56	aa9df3af	Identificado	Creme	sensor0
	23:46:40	13762daa	Repetido	Perfume	sensor0
	23:46:54	aa9df3af	Repetido	Creme	sensor0

(a)



(b)

Fonte: Própria do autor

6.4 Comentários finais

Para a implantação deste projeto os materiais e os gastos são listados na Tabela 3.

Tabela 3- Lista de materiais e precificação

Unidade	Material	Preço (R\$) *
2	Leitor Mifare RC522	20,00
8	Tags passivas (2 tags cartão e 6 tags chaveiro)	16,00
1	microcontrolador NodeMCU ESP8266	60,00
1	Computador Pessoal-PC	2500,00
Total		2596,00

* Esses são os valores médios encontrados no mercado brasileiro de e-commerce como o Mercado Livre.

Para integração do sistema na coleta das *tags*, toda a programação foi realizada pelo autor e não houve gastos com hospedagem do banco de dados. Portanto, os custos podem variar conforme a quantidade de *tags* que serão

utilizadas no sistema, a aquisição de leitores mais precisos e o custo de manutenção das planilhas.

Resumindo, para a estimativa de custos na implantação de um sistema RFID mais robusto, devem ser considerados:

- Quantidade e tipo de *tags* RFID: dependendo da frequência de operação, sistemas UHF entre R\$10,00 a R\$ 50,00 por *tag* e suas características;
- Quantidade de leitores: considerando o seu posicionamento, capacidade de leitura simultânea e alcance desejado (unidades de leitores RFID UHF estão com o valor variando entre R\$ 1.000,00 e R\$ 20.000,00);
- Infraestrutura de rede: devem ser considerados elementos como cabos, switches e roteadores para conexão dos leitores RFID no sistema;
- Software e integração: para integrar um sistema existente são necessários verificar toda a infraestrutura local, e o software que irá realizar a gestão do banco de dados no sistema (esse valor varia dependendo do local da aplicação custando aproximadamente em torno de R\$ 10.000,00 ou mais);
- Finalmente, acrescenta-se a essa estimativa os custos de manutenção e suporte.

Para a implantação de um sistema semelhante usando o código de barras, devem ser considerados:

- Equipamentos para leitura: scanners de código de barras para leitura dos códigos, os custos variam de R\$ 300,00 a R\$ 3.000,00 conforme o grau de tecnologia embutida – wireless, por exemplo;
- Software para gerenciamento: necessitam de um sistema para gerenciar e processar as informações coletadas (custos a cerca de uma licença de software podem variar de R\$ 1.000,00 a R\$ 5.000,00 podendo ultrapassar);
- Etiquetas de código de barras: na escolha do tipo de etiqueta deve ser considerado o ambiente em que será aplicado e sua durabilidade (custos em torno de R\$ 0,10);
- Infraestrutura de rede: consideram a conexão dos scanners e um software para gerenciamento dos recursos;
- Finalmente, acrescenta-se a essa estimativa os custos de manutenção e suporte.

Para ambos os casos, o maior custo será a implantação da infraestrutura e a integração ao ambiente a ser inserido. A principal diferença se apresenta na origem dos dados a serem lidos, as *tags* e o código de barras. O código de barras será mais barato do que as *tags* de um sistema RFID por possuírem, na maioria das vezes, um circuito e processamento interno com memórias. No código de barras o tipo de produção também é mais facilitado, sendo apenas impressas em um papel o padrão EAN a ser captado pelo leitor.

7 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema básico de controle de estoque para um estudo de caso, uma indústria de suprimentos em geral, utilizando a tecnologia de identificação de produto por RFID.

O RFID é um sistema inovador e a sua implantação permite, a contagem de produtos, com exatidão e em grande escala, tratando-se de um sistema que otimiza os processos de gerenciamento de estoque e sujeito a menos erros.

No protótipo do sistema RFID desenvolvido aplicam-se conceitos de IoT para gerenciar os produtos em uma área (ou depósito) simulando um ponto de entrada no estoque e em outro ponto, uma saída de produtos. O leitor, um em cada ponto, fornece os dados dos produtos (com *tags*) que são enviados para uma planilha (ou planilhas) que devem ser preenchidas visando a contagem dos produtos, a organização do estoque e o gerenciamento pelo usuário. As múltiplas *tags* são colocadas em todos os produtos que podem estar em uma caixa maior, em grande quantidade.

A criação das planilhas baseada no Google Planilhas compõe o banco de dados e torna possível realizar a apresentação e visualização rápida e instantânea de todo o estoque por meio de tabelas e de *dashboards*, sem a necessidade de hospedagem em um servidor pago. Por ser online, pode-se acessar as planilhas de qualquer dispositivo com que se tenha compartilhado o acesso das planilhas, seja como editor ou visualizador.

É possível identificar os produtos que entram e saem do estoque, dia e horário por meio do seu cadastro, e por qual sensor que é realizada a leitura, permitindo saber os itens que estão no estoque, os que foram vendidos e a entrada de novos produtos, contribuindo para a organização do estoque e para o aumento da produtividade e lucro de uma empresa.

Para a implantação real em uma indústria de cosméticos, o sistema desenvolvido com a tecnologia RFID deve ser redimensionado, em quantidade de *tags* e leitores, verificar o custo/benefício do investimento a ser realizado e o mercado. O gerenciamento de estoque e a automatização da identificação dos produtos e os potenciais ganhos de eficiência nos processos (redução de perdas nos estoques com o rastreamento dos materiais e maior rapidez na contabilização), contribuem com a sua organização por meio dos dados coletados, controlando o

fluxo (entrada e saída), possibilitando gerenciar e visualizar as informações coletadas e decidir quais medidas a empresa deve tomar, uma vez que os lucros de uma empresa advêm, em sua maioria, do estoque de produtos ofertados para os consumidores.

Com base no protótipo implementado são verificadas algumas limitações do RFID, caso seja implantado em um estoque em alta escala, no que diz respeito a leitura de múltiplas *tags*. Depende do leitor, permitir a leitura simultânea de *tags*, leituras para distância maior que 10 cm, sem a necessidade de estar com a *tag* no campo de visão. Por enquanto, têm-se leituras a curto alcance, um produto por vez.

Vem crescendo cada vez mais e em diversas áreas o uso do sistema RFID, à medida que seus custos de implantação diminuem, porém diversos fatores são considerados para obter sucesso, como o tipo de tag, leitor, frequência dentro da aplicação escolhida devido as possíveis interferências para o sistema. Por outro lado, o código de barras, devido a sua simplicidade na aplicação e baixo custo, é ainda bastante competitivo e a depender da aplicação, seu uso é mais vantajoso. Para as empresas, a troca por outro sistema de controle de estoque mais moderno, pode significar alto investimento.

Para futuros trabalhos, poder-se-ia melhorar a organização das planilhas e adquirir leitores e *tags* mais precisas.

8 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lucas Cavalcante de. **Aplicações da tecnologia de identificação por radiofrequência - RFID**. 2011. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Redes de Computadores, Ufrj, Fortaleza, 2011. Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/grad/13_1/rfid/cap2_1.html. Acesso em: 26 mar. 2023.

A MATEMÁTICA DO CÓDIGO DE BARRAS. SP: Derivando a matemática, 2023. Disponível em: <https://www.ime.unicamp.br/~apmat/a-matematica-do-codigo-de-barras/>. Acesso em: 07 maio 2023.

CHAGAS, João Marcos A. N.; PIMENTEL, Julia S.; **Aplicação de tecnologia smart sard e RFID no ambiente universitário**. Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: <file:///D:/TEMA%20DE%20TCC%20USANDO%20RFID/ARTIGO%20RFID/monopoli10022845.pdf>. Acesso em: 15 nov 2021.

COSTA, Alexsander Muniz da. **RFControl: Sistema de gerência de estoque utilizando RFID**. 2018. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Departamento de Computação e Sistemas, UfOP, João Monlevade, 2018. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/821/1/MONOGRAFIA_RFControlSistemaGer%C3%A4ncia.pdf. Acesso em: 15 nov. 2021.

COUTO, Guilherme Dantas; MALAFAIA, Tarsius Sergio. **RFID Radiofrequency Identification**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2019. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2019-1/vf/rfid/>. Acesso em: 26 mar. 2023.

CLAMPITT, Harold G. **The RFID certification textbook**. [s. L.]: American RFID Solutions, 2007.

DIAS, Chrystian de Oliveira. **Implantação de sistema de gerenciamento de estoque utilizando tecnologia RFID**. 2018. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdades Doctum de Caratinga, Caratinga, 2018. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/226/1/TCC%20CHRYSTIAN%20DE%20OLIVEIRA%20DIAS.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2021

FINKENZELLER, Klaus. **RFID handbook: fundamentals and application in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication**. 3. ed. São Paulo: Wiley, 2010. 480 p.

FREITAS, Ariane Cristina de; SILVA, Renata Regina da; BRANCÃO, Alessandro Lameiro. **Estudo de caso da Implantação do RFID no controle de estoque e expedição em uma indústria na cidade de Jaú**. Jaú: Fateclog, 2019. 11 p. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2019/ESTUDO%20DE%20CASO%20DA%20IMPLANTAC%3%87%C3%83O%20DO%20RFID%20NO%20CONTROLE%20DE%20ESTOQ>

UE%20E%20EXPEDI%C3%87%C3%83O%20EM%20UMA%20IND%C3%9ASTRIA%20NA%20CIDADE%20DE%20JA%C3%9A.pdf. Acesso em: 28 mar. 2023.

GBUR, Felipe. **Módulo RFID RC522 Mifare com Arduino**. SP. Vida de Silício, 2017. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/modulo-rfid-rc522-mifare/>. Acesso em: 15 nov. 2021.

GOOGLE APP SCRIPTS O que é e para que serve o Google Apps Scripts. SP: Meta Dev Studio, 2019. Disponível em: <https://www.metadevstudio.com.br/artigo/o-que-e-e-para-que-serve-o-google-apps-scripts>. Acesso em: 15 nov. 2021.

GONSALES, Samuel. E-commercebrasil: por que etiquetas inteligentes RFID estão revolucionando a gestão de estoque. 2017. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/etiquetas-rfid-revolucionando-gestao-estoques/>. Acesso em: 14 nov 2021.

GUIMARÃES, Fábio. **Módulo RFID RC522 com Arduino**. São Paulo: Mundo Projetado, 2021. 1 v. Disponível em: <https://mundoprojetado.com.br/modulo-rfid-rc522/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

I3C. **Como funciona o RFID?** 2020. 1 v. TCC (Graduação) - I3C, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://i3csolucoes.com.br/como-funciona-o-rfid/>. Acesso em: 26 mar. 2023.

IDTechEx. **RFID forecasts, players and opportunities 2021-2031** [online]. Cambridge: IDTechEx, 2021. Disponível em: <https://www.idtechex.com/pt/research-report/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2021-2031/815>. Acesso em: 26 abr. 2023.

KANADA, Kishor. **How chipless RFIDs will revolutionize consumer and defense applications**. São Paulo: Analog Ic Tips, 2021. 1 v. Disponível em: <https://www.analogictips.com/how-chipless-rfids-will-revolutionize-consumer-and-defense-applications/>. Acesso em: 26 mar. 2023.

KOYANAGI, Fernando. **Introdução ao ESP8266**. São Paulo: Fernando K Tecnologia, 2022. Disponível em: <https://www.fernandok.com/2017/10/introducao-ao-esp8266.html>. Acesso em: 07 mai 2023.

LEITOR RFID Sensor Proximidade 125khz Plug&play com cabo USB. SP. Mercado Livre, 2023. Disponível em: <https://Seulink.digital/FZVbl>. Acesso em: 27 mar. 2023.

MARQUES, F. **Mergulhando no mundo Arduino**. Masterwalker Shop, 2020. Disponível em: <https://www.masterwalkershop.com.br/>. Acesso em: 17 mai 2023.

MELARA, Eduardo Plasti. **Estudo da tecnologia RFID e sua aplicação na gestão de estoques**. Guaratinguetá: UNESP, 2011. 84 p. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119930/melara_ep_tcc_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 mai 2023.

MÓDULO RFID / NFC PN532. SP. Wj Componentes Eletrônicos, 2023. Disponível em: <https://Seulink.digital/dnS8U>. Acesso em: 27 mar. 2023.

OLIANI, Rogéria; SILVA, Alexandre César R. da; SANTOS FILHO, Tércio Alberto dos. **Uma abordagem sobre segurança em sistemas RFID**. Ilha Solteira: Unesp, 2014.

OLIVEIRA, Alessandro de Souza; PEREIRA, Milene Franco. **Estudo da Tecnologia de identificação por radiofrequência**, Universidade de Brasília, 2006.

OLIVEIRA, Jailson. **Arduino, ESP32 e ESP8266 – comparação**. São Paulo: Xprojetos, 2019. Disponível em: <https://xprojetos.net/arduino-esp32-e-esp8266-comparacao/>. Acesso em: 07 maio 2023.

PANTA, Monique Helen Schneider. **Etiquetas inteligentes: avaliação do uso de etiquetas RFID em um supermercado do segmento varejista**. Belo Horizonte: Ufmg, 2014. 54 p. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9LZH55/1/moniquefinal___rev_leise__1_.pdf. Acesso em: 28 mai 2022.

PERIN, Edson. **RFID journal Brazil and IoP journal Brazil**. São Paulo: RFID Jornal, 2021. Disponível em: <https://www.rfidjournal.com/rfid-in-brasil-2021-english-translation>. Acesso em: 01 mai 2023.

PIZZETTI, Monique Casagrande. Uma abordagem estratégica de Integração da tecnologia RFID. 2007. 80 f. Tese (Graduação) - Curso de Sistemas de Informação, Ufsc, Florianópolis, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/184365/Rfid_Monique.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Acesso em: 26 mar. 2023.

PROTOCOLO I2C. Recife: Univasf, 2023. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~romulo.camara/novo/wp-content/uploads/2013/11/Barramento-e-Protocolo-I2C.pdf>. Acesso em: 07 mai 2023.

QUEIROZ, Eduardo Luiz; ARAÚJO, Tairone Àdamo; HORTA, Mário Marcos Brito. RFID e o uso na indústria. Belo Horizonte, n.16, p. 06, agosto /novembro. 2014. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigocientficotfc2014_publicacao_0.pdf. Acesso em: 26 mar. 2023.

SACCO, Francesco. **Comunicação SPI – Parte 1**. São Paulo: Embarcados, 2014. Disponível em: <https://embarcados.com.br/spi-parte-1/>. Acesso em: 07 maio 2023.

SANTINI, Arthur Gambin, RFID: Conceitos, Aplicabilidade e Impactos. 1ª ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

SHAHID, Laiba. **Chipless RFID tag for touch event sensing and localization**. São Paulo: IEEE, 2019. 513 p. 8 v. Disponível em: Chipless RFID Tag for Touch Event Sensing and Localization. Acesso em: 26 mar. 2023.

SILVEIRA, Geovana. Educação & Cultura, Indústria, Novidades, Varejo.(post em:04-maio-2017. Disponível em: <https://rfidbrasil.com/blog/o-que-e-a-tecnologia-rfid-e-como-ela-pode-ajudar-sua-empresa/>. Acesso em : 13 nov 2021.

TOCCI, R.J.; WIDMER, N.S.; MOSS, G.L. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**, São Paulo: Pearson, 2019

UFRJ. **A História do RFID**. 2013. 7 f. Tese (Doutorado) - Curso de Redes de Computadores, Ufrj, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/grad/13_1/rfid/cap2_1.html. Acesso em: 26 mar. 2023.

USINAINFO. **Kit RC522 leitor RFID + tags (chaveiro + cartão)**. SP: Usinainfo, 2023. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/rfid-arduino-e-ibutton/kit-rc522-leitor-rfid-tags-chaveiro-cartao-2582.html>. Acesso em: 26 mar. 2023.

VIERA, Angel Freddy Godoy. **Tecnologia de Identificação por radiofrequência: Fundamentos e aplicações em automação de bibliotecas**. Biblioteca, Florianópolis, maio/setembro. 2007. Disponível em: <file:///D:/TEMA%20DE%20TCC%20USANDO%20RFID/ARTIGO%20RFID/pdf_00d344dd1f_0011966.pdf>. Acesso em: 10 nov 2021.

WEINSTEIN, R. Rfid: **A technical overview and its application to the enterprise**. IEEE, 2005.

ZIMPEL, C. et al. RFID e rastreabilidade de estoque. Paraná Cooperativo – Técnico e Científico. Curitiba, v. 11, n. 130, p. 01-80, Dezembro, 2015.

APÊNDICE A – Frequências de operação do RFID

Tabela 4 – Principais frequências de operação do RFID

Faixa de frequência	Características
LF (125-134 kHz)	• Alcance curto, cerca de 10 cm; • Baixa velocidade de leitura; • Baixa capacidade de armazenamento; • Interferência por metais e líquidos; • Utilizada pela marinha e aeronáutica.
MF (6,765-6,795 Mhz)	• Comprimentos curtos de onda; • Condições de propagação para curtos alcance (até 100Km) de dia, de noite a propagação é transcontinental; • Utilizada em radiodifusão, meteorologia e serviços de rádio de aeronáutica; • utilizada em transponders de baixo custo e média velocidade de leitura.
HF (13,56 MHz -ISM, SRD)	• Alcance curto, cerca de 1 metro; • Velocidade de leitura média, cerca de 50 tags/segundo; • Armazenamento moderado, até 4 kilobytes; • Interferência por metais e líquidos; • Variedade de serviços de rádio, como agências de telecomunicação- frequência RFID mais utilizada.
UHF (860-960 MHz)	• Alcance médio, de 10 a 15 metros; • Alta velocidade de leitura, até 1.000 tags por segundo; • Grande capacidade de armazenamento, até 128 kilobytes; • Interferência por materiais com alta umidade e conteúdo metálico; • Para aparelhos de curta distância (SRD) na Europa desde 1997; • Aplicações RFID mesmo se transmitida a baixas potencias; • Construções e outros obstáculos causam um forte amortecimento e reflexão das ondas eletromagnéticas incidentes.
Microwave (2,45 GHz)	• Alcance longo, até 100 metros;

UHF	• Velocidade de leitura alta, até 1.000 tags por segundo; • Armazenamento elevado, até 128 kilobytes; • Interferência por materiais com alta umidade e conteúdo metálico; • Utilizada por sensores de movimento, sistemas de rádio direcionais para transmissão de dados; • Designadas como banda ISM, e as regulações Europeias permitem sistemas RFID; • Possuem mais potência de transmissão do que aplicações SRD tradicionais.
-----	---

Fonte: Finkenzeller, 2010.

APÊNDICE B – Especificações técnicas entre as plataformas Arduino x ESP.

Tabela 5 – Especificações técnicas entre as plataformas Arduino x ESP

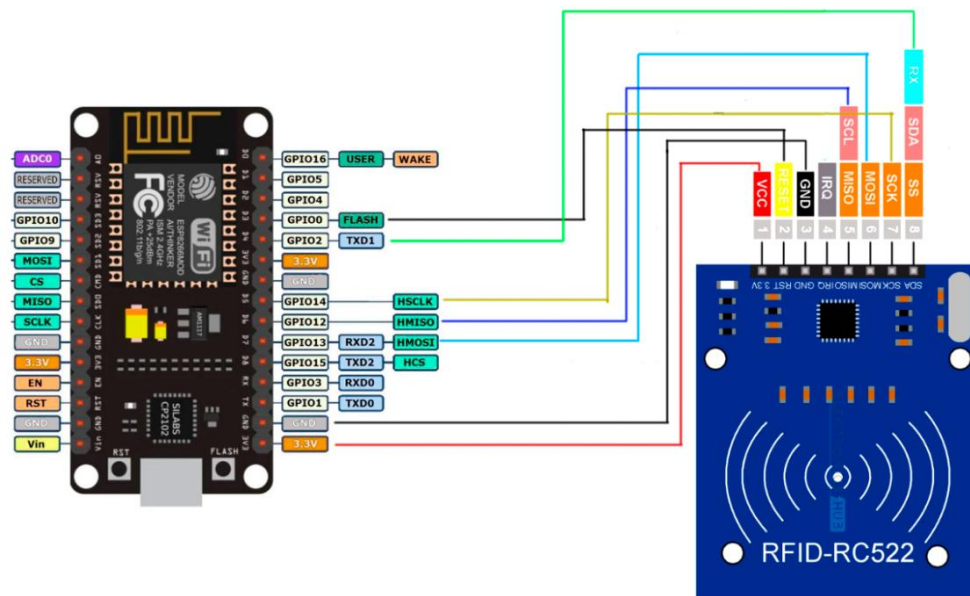
Descrição	Arduino UNO	Arduino MEGA 2560	ESP32	ESP8266
Alimentação	5V	5V	2,2V ~ 3,3V DC	2,2V ~ 3,3V DC
Entrada Regulada (VIN)	7 ~ 12V	7 ~ 12V	5 ~ 9V	5 ~ 9V
Consumo de Corrente média	15mA	70mA	80mA	80mA
Temperatura de Operação:	-40°C ~ +85°C	-40°C ~ +85°C	-40°C ~ +85°C	-40°C ~ +85°C
Processador:	AVR® 8-bit RISC	RISC com até 16 MIPS	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6	Tensilica® L106 ultra-low power 32-bit
Freq. de operação	0 ~ 16 MHz	0 ~ 16MHz	80MHz ~240MHz	80MHz ~ 160MHz
Memória FLASH:	32KB	256 KB	4MB	4MB
Memória RAM/SRAM:	2KB	8 KB	520KB	36kB
Memória ROM/EEPROM	4KB	4 KB	448KB	64KB
Pinos de I/O:	23, com 6 PWM	54, com 14 PWM	34, com 16 PWM	13, com 9 PWM
Conversores ADC (Analogico para Digital):	6 ADC com 10-bit de resolução (1024 bits)	16 ADC com 10-bit de resolução (1024 bits)	18 ADC com 12-bit de resolução (4096 bits)	1 ADC com 10-bit de resolução 1024 bits)
Conversores DAC (Digital para Analógico):	Nenhum	Nenhum	2 DAC com 8-bit de resolução (256 bits)	Nenhum
Wi-Fi:	Somente com Shield	Somente com Shield	2,4 GHz, 802.11 b/g/n/e/i (802.11n até 150 Mbps)	2.4GHz com suporte a WPA e WPA2, 802.11 b/g/n, P2P e soft-AP
Bluetooth:	Não Possui	Não Possui	Bluetooth Low Energy v4.(BLE)	Não Possui
Temporizadores	3 timers (um de 16-bits e dois de 8bits)	4 timers (2 de 16-bits e 2 de 16bits)	4 timers de 64-bit	2 timers(um de 22-bits e outro de 32bits-um usado pelo Wi-Fi)
Interfaces de Módulos	I ² C, SPI, UART e LED PWM	I ² C, SPI, 4 UART e LED PWM	SPI, SDIO, LED PWM, Motor PWM, I ² S e IR	SPI, SDIO, LED PWM, I ² S .

Sensores Embutidos	temperatura e toque capacitivo.	temperatura e toque capacitivo.	temperatura (algumas versões), efeito Hall e toque capacitivo.	Toque Capacitivo
Preço Médio (Modelo Original)	US\$22,00 (exterior) ou R\$69,99 (Brasil)	US\$38.50 (exterior) ou R\$99,99 (Brasil)	US\$14,95 (exterior) ou R\$38,90 (Brasil)	US\$5,99 (exterior) ou R\$31,00 (Brasil)

Fonte: Oliveira, 2019.

APÊNDICE C - Esquema de ligação do ESP8266 com o RC522

Figura 36 – Esquema de ligação do ESP8266 com o RC522



Fonte: Própria do autor

APÊNDICE D – Programação do Hardware

```
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#define RST_PIN      D3
#define SS_1_PIN     D4
#define SS_2_PIN     D8
#define NR_OF_READERS 2

byte ssPins[] = {SS_1_PIN, SS_2_PIN};

MFRC522 mfrc522[NR_OF_READERS];

const char* host = "script.google.com";
const int httpsPort = 443;
const char* fingerprint = "46 B2 C3 44 9C 59 09 8B 01 B6 F8 BD 4C FB 00 74 91 2F EF F6"; // for https

const char* ssid = "2.4G_ClaroVirtua_61";
const char* password = "156384930";
String          GOOGLE_SCRIPT_ID          =
"AkfycbwVNEAnG91VUaH_XMTOFRq5pNpNVEeCWC6ZQG0tH7giCiS3jmFi93RiPg
VmOOKDfw7J"; // Replace by your GAS service id
const String unitName = "sensor0"; //
const String unitName1 = "sensor1";
//*****Things to change*****
uint64_t openGateMillis = 0;
WiFiClientSecure client;

void setup() {

  Serial.begin(115200);

  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);

  Serial.println("Started");
  Serial.print("Connecting");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  // Initialize serial communications with the PC
  while (!Serial); // Do nothing if no serial port is opened (added for Arduinos based
on ATMEGA32U4)
  SPI.begin(); // Init SPI bus
  for (uint8_t reader = 0; reader < NR_OF_READERS; reader++) {
```

```

    mfr522[reader].PCD_Init(ssPins[reader], RST_PIN); // Init each MFRC522 card
    Serial.print(F("Reader "));
    Serial.print(reader);
    Serial.print(F(": "));
    mfr522[reader].PCD_DumpVersionToSerial();
}
}
byte readCard[4];

void HandleDataFromGoogle(String data)
{
    int ind = data.indexOf(":");
    String access = data.substring(0, ind);
    int nextInd = data.indexOf(":", ind + 1);
    String name = data.substring(ind + 1, nextInd);
    String text = data.substring(nextInd + 1, data.length());

    Serial.println(name);
}

void loop() {
    for (uint8_t reader = 0; reader < NR_OF_READERS; reader++) {
        // Look for new cards
        if (mfr522[reader].PICC_IsNewCardPresent() &&
mfr522[reader].PICC_ReadCardSerial()) {
            Serial.print(F("Reader "));
            Serial.print(reader);
            // Show some details of the PICC (that is: the tag/card)
            Serial.print(F(": Card UID:"));
            String uid = "";
            for (uint8_t i = 0; i < 4; i++) {
                readCard[i] = mfr522[reader].uid.uidByte[i];
                Serial.print(readCard[i], HEX);
                uid += String(readCard[i], HEX);
            }
            Serial.println("");
            // Halt PICC
            if (reader == 0){
                String data = sendData("id=" + unitName + "&uid=" + uid, NULL);
                HandleDataFromGoogle(data);
            }
            else{
                String data = sendData("id=" + unitName1 + "&uid=" + uid, NULL);
                HandleDataFromGoogle(data);
            }
            mfr522[reader].PICC_HaltA();
            // Stop encryption on PCD
            mfr522[reader].PCD_StopCrypto1();
        } //if (mfr522[reader].PICC_IsNewC
    } //for(uint8_t reader
}

String sendData(String params, char* domain) {
    //google scripts requires two get requests
    bool needRedir = false;
    if (domain == NULL)

```

```

{
    domain=(char*)host;
    needRedir = true;
    params = "/macros/s/" + GOOGLE_SCRIPT_ID + "/exec?" + params;
}
    Serial.println(*domain);
    String result = "";
    client.setInsecure();
    Serial.print("connecting to ");
    Serial.println(host);
    if (!client.connect(host, httpsPort)) {
        Serial.println("connection failed");
        return "";
    }
    if (client.verify(fingerprint, domain)) {
    }
    Serial.print("requesting URL: ");
    Serial.println(params);
    client.print(String("GET ") + params + " HTTP/1.1\r\n" +
        "Host: " + domain + "\r\n" +
        "Connection: close\r\n\r\n");
    Serial.println("request sent");
    while (client.connected()) {
        String line = client.readStringUntil('\n');
        //Serial.println(line);
        if (needRedir) {

            int ind = line.indexOf("/macros/echo?user");
            if (ind > 0)
            {
                Serial.println(line);
                line = line.substring(ind);
                ind = line.lastIndexOf("\r");
                line = line.substring(0, ind);
                Serial.println(line);
                result = line;
            }
        }
        if (line == "\r") {
            Serial.println("headers received");
            break;
        }
    }
    while (client.available()) {
        String line = client.readStringUntil('\n');
        if (!needRedir)
            if (line.length() > 5)
                result = line;
        //Serial.println(line);
    }
    if (needRedir)
        return sendData(result, "script.googleusercontent.com");
    else return result;
}

```

APÊNDICE E – Programação das Planilhas “Recepção”

```

var timeZone="GMT-3";
var dateTimeFormat="dd/MM/yyyy HH:mm:ss";
var logSpreadSheetId="1VrLMWhQzV_n_I_h3N0bD7frB9MkCpKDV-CVdZ9rPclo";

function sendEmail(message, id) {
    var subject = 'Something wrong with ' + id;
    MailApp.sendEmail(emailAddress, subject, message);
}

function doGet(e) {
    var access="Estocado";
    var text='go home';
    var name='Identificado';
    var json;
    var error="idk";
    Logger.log(JSON.stringify(e)); // view parameters
    var result = 'Ok'; // assume success
    if (e.parameter == 'undefined') {
        result = 'No Parameters';
    } else {
        var uid = "";
        var onlyPing=false;
        var id = 'sensor1';
        var error = "";
        for (var param in e.parameter) {
            var value = stripQuotes(e.parameter[param]);
            switch (param) {
                case 'uid':

```

```

        uid = value;
        break;
    case 'id':
        id = value;
        break;

    default:
        result = "unsupported parameter";
    }
}

var sheet=SpreadsheetApp.getActive().getActiveSheet();
var data = sheet.getDataRange().getValues();
if (data.length == 0)
    return;
for (var i = 0; i < data.length; i++) {

    if (data[i][0] ==uid)
    {
        name=data[i][1];
        access=data[i][2];
        text=data[i][3];
        break;
    }
}

    addLog(uid,id,name,access);

}

//  json = {
//  'access':access,
//  'name': name,

```

```

// 'text':text,
// 'error':error}

    result=(access+":."+name+":."+text);

    return ContentService.createTextOutput(result);

// return ContentService.createTextOutput(JSON.stringify(json)
).setMimeType(ContentService.MimeType.JSON);
}

function addLog(uid,entrance, name,result) {

    var spr=SpreadsheetApp.openById(logSpreadSheetId);
    var sheet = spr.getSheets()[0];
    var data = sheet.getDataRange().getValues();
    var pos = sheet.getLastRow() + 1;
    var rowData = [];
    rowData[0] = Utilities.formatDate(new Date(), timeZone, dateTimeFormat);
    rowData[4]=entrance;
    rowData[1] = uid;
    rowData[2] = name;
    rowData[3] = result;
    var newRange = sheet.getRange(pos, 1, 1, rowData.length);
    newRange.setValues([rowData]);
}

/**
 * Remove leading and trailing single or double quotes
 */
function stripQuotes(value) {
    return value.replace(/^[\'"]|\'$/g, "");
}

```

APÊNDICE F – Programação das Planilhas “Cadastro Produtos”

```
function CadastrarProdutos() {  
    var spreadsheet = SpreadsheetApp.getActive();  
    spreadsheet.getRange('I14').activate();  
    spreadsheet.setActiveSheet(spreadsheet.getSheetByName('Cadastro de produtos'), true);  
    spreadsheet.getRange('B2').activate();  
  
    spreadsheet.getCurrentCell().getNextDataCell(SpreadsheetApp.Direction.DOWN).offset(1,0)  
    .activate();  
  
    spreadsheet.getRange('\Registro dos  
produtos\!I14').copyTo(spreadsheet.getActiveRange(),  
SpreadsheetApp.CopyPasteType.PASTE_NORMAL, false);  
  
    spreadsheet.setActiveSheet(spreadsheet.getSheetByName('Registro dos produtos'), true);  
    spreadsheet.getActiveRangeList().clear({contentsOnly: true, skipFilteredRows: true});  
};
```