



GOVERNO DO ESTADO DO
AMAZONAS

EST

Escola Superior
de Tecnologia da UEA

UEA
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA

CASSIANA SALES GARCÊZ

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA O MONITORAMENTO E
CONTROLE DE ESTOQUE NO PROCESSO DE MOVIMENTAÇÃO DE MATÉRIA-
PRIMA EM UMA INDÚSTRIA UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO**

MANAUS – AM

2019

CASSIANA SALES GARCÊZ

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA O MONITORAMENTO E
CONTROLE DE ESTOQUE NO PROCESSO DE MOVIMENTAÇÃO DE MATÉRIA-
PRIMA EM UMA INDÚSTRIA UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO**

Projeto de pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para obtenção do título de Engenheira Eletricista

Orientador: Prof. Me. Karlo Homero Ferreira Santos.

MANAUS

2019

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST

Reitor:

Cleinaldo de Almeida Costa

Vice-Reitor:

Cleto Cavalcante de Souza Leal

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Walfredo Lucena da Costa Filho

Banca Avaliadora composta por:

Prof. Karlo Homero Ferreira Santos (Orientador)

Prof. Ozenir Farah da Rocha Dias

Prof. Fábio de Souza Cardoso

Data da defesa: 17/12/2019.

CIP – Catalogação na Publicação

Garcez, Cassiana Sales

Desenvolvimento de dispositivo para o monitoramento e controle de estoque no processo de movimentação de matéria-prima em uma indústria utilizando a plataforma Arduino/ Cassiana Sales Garcez; [orientado por] Karlo Homero Ferreira Santos. – Manaus: 2019.

50 f. p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2019.

1. Banco de Dados. 2. Arduino. 3. Indústria 4.0. I. Santos, Karlo Homero Ferreira.

CASSIANA SALES GARCEZ

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA O MONITORAMENTO E CONTROLE
DE ESTOQUE NO PROCESSO DE MOVIMENTAÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA EM UMA
INDÚSTRIA UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheira Eletricista.

Nota obtida: _____ (_____)

Aprovada em 17/12/2019.

Área de concentração: Sistemas Embarcados

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Karlo Homero Ferreira Santos, Me.

Avaliador: Ozenir Farah da Rocha Dias, Dr.

Avaliador: Fábio de Souza Cardoso, Dr

Manaus
2019

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por todo incentivo e ajuda ao longo da graduação. São os responsáveis pelo alcance a essa conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, razão da minha existência e sem O qual eu nada seria, abençoando-me com sabedoria para agir nos momentos de dificuldade

Agradeço aos meus pais Dorvany e Maria Izabel, responsáveis pela minha criação e incentivo aos estudos, que tem me dado apoio e todo suporte para que eu pudesse iniciar e concluir a graduação.

Agradeço ao meu orientador, Professor Karlo Homero, por aceitar conduzir meu trabalho de pesquisa, e ao meu co-orientador, Professor Ozenir Dias, que esteve sempre me auxiliando no desenvolvimento do meu trabalho.

Agradeço aos meus colegas de trabalho da empresa Positivo Tecnologia, pela compreensão nos momentos que precisei me ausentar devido aos estudos.

Agradeço ao meu amigo Valney Marinho do Nascimento Junior, pela ajuda no desenvolvimento da aplicação deste projeto.

Agradeço ao meu amigo Lucas, que esteve comigo nos momentos ruins e me incentivou a persistir.

Por fim, não poderia deixar de agradecer aos meus colegas da UEA que me acompanharam durante o percurso acadêmico e contribuíram para que eu pudesse alcançar o término da graduação.

“Mas como sabem pode-se encontrar a felicidade mesmo nas horas mais sombrias, se a pessoa se lembrar de acender a luz.”

Alvo Dumbledore

RESUMO

O presente trabalho de pesquisa apresenta o protótipo de um dispositivo para atualização automática do inventário fazendo o controle de movimentação de matéria prima em uma indústria desde o setor de logística até o setor de manufatura. Após observação do processo de movimentação da matéria-prima, surgiu a ideia de facilitar o trabalho que atualmente é realizado por apenas um funcionário da indústria onde foi observado o problema, o qual tem a atribuição de acompanhar o deslocamento da matéria-prima desde o inventário até o local de manufatura e registrar a saída de cada item do e, ao fim do dia, realizar a inserção dos respectivos itens do sistema de controle de inventário. A proposta desse projeto consiste em utilizar o microcontrolador Arduino como dispositivo de aquisição de dados através das etiquetas RFID. Cada item do inventário terá uma tag RFID cadastrada com um código ao está atrelado as informações básicas do respectivo item. Através do Arduino será feito o tratamento dos dados coletados juntamente com o sistema gerenciador de banco de dados MySQL, fazendo com que o inventário seja atualizado automaticamente, de forma a diminuir os riscos que atualmente estão presentes na jornada de trabalho do colaborador responsável por fazer o registro da saída de cada item manualmente.

Palavras-chave: Arduino – Módulo RFID – NodeJS – MongoDB – Controle de Inventário.

ABSTRACT

This research presents the proposal to develop a device for automatic inventory updating by controlling the movement of raw materials in an industry from the logistics sector to the manufacturing sector. After observing the process of movement of the raw material, the idea came to facilitate the work that is currently performed by only one industry official where the problem was observed, who is responsible for following the movement of the raw material from the inventory. to the place of manufacture and record the output of each item from, and at the end of the day, insert the respective items of the inventory control system. The purpose of this project is to use the Arduino microcontroller as a data acquisition device through RFID tags. Each inventory item will have an RFID tag registered with a code that is linked to the basic information of the respective item. Arduino will handle the data collected together with the MySQL database management system, making the inventory automatically updated to mitigate the risks that are currently present in the workload of the employee responsible for doing the work checkout each item manually.

Keywords: Arduino – RFID – Database– NodeJS – MongoDB – Inventory Control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fases da evolução industrial.	15
Figura 2 – Tipos de AIDC.	16
Figura 3 – Etapas de AIDC.	17
Figura 4 – Composição tag RFID.	18
Figura 5 – Modelos de antenas para RFID.	18
Figura 6 – Processo de leitura RFID.	19
Figura 7 – Tipos de códigos de barras.	21
Figura 8 – Composição Arduino.	24
Figura 9 – Ethernet Shield.	24
Figura 10 – Kit módulo RFID RC522.	25
Figura 11 – Arduino IDE.	26
Figura 12 – Esquema de comunicação SPI.	27
Figura 13 – Etapas da implementação do dispositivo.	30
Figura 14 – Processo de manipulação do inventário.	31
Figura 15 – Esquema proposto.	31
Figura 16 - Fluxograma do funcionamento do dispositivo.	32
Figura 17 – Layout proposto.	32
Figura 18 - Fluxograma de acesso ao banco de dados.	33
Figura 19 – Acesso ao banco de dados.	34
Figura 20 – Script para modelagem do banco de dados.	34
Figura 21 – Dados inseridos no banco de dados.	35
Figura 22 – Instalação da biblioteca MFRC522.	36
Figura 23 – Função de setup Ethernet Shield.	37
Figura 24 – Script para atualização do banco de dados.	37
Figura 25 – Conexões entre módulo RFID e ArduinoUNO.	39
Figura 26 – Montagem RFID e Arduino.	39
Figura 27 – Montagem Ethernet Shield e Arduino.	40
Figura 28 – Montagem de interação entre os módulos e Arduino.	41
Figura 29 – Comunicação com o servidor.	42
Figura 30 – Serial monitor durante modo gravação.	42
Figura 31 – Teste de leitura da tag.	43
Figura 32 - Visualização página web.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre tecnologias.....	22
Tabela 2 – Pinagem módulo RFID.....	38
Tabela 3 – Pinos entre Arduino e Placa W5100.....	40
Tabela 4 – Pinagem de integração entre os módulos.....	41
Tabela 5 – Custo de implementação.....	44
Tabela 6 – Comparação de valores.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIDC – *Automatic Identification and Data Capture*

BSON – *Binary JSON*

I/O – *Input/Output*

IDE – *Interface Development Environment*

JSON – *JavaScript Object Notation*

LCD – *Liquid Crystal Display*

LED – *Light Emitting Diode*

MISO – *Master IN Slave OUT*

MOSI – *Master OUT Slave IN*

NOSQL – *Not Only SQL*

OCR – *Optical Character Recognition*

RFID – *Radio Frequency Identification*

SCLK – *Serial clock*

SD – *Secure Digital*

SGBD – *Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados*

SPI – *Serial Peripheral Interface*

SS – *Slave Select*

UDP/TCP – *User Datagram Protocol/Transmission Control Protocol*

USB – *Universal Serial Bus*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1 REFERENCIAL TEÓRICO	14
1.1 EVOLUÇÃO INDUSTRIAL	14
1.2 SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA	16
1.3 TECNOLOGIA RFID	17
1.3.1 O RFID na indústria	19
1.4 TECNOLOGIA DE CÓDIGO DE BARRAS	20
1.5 COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGIAS	21
1.6 PLATAFORMA ARDUINO.....	22
1.6.1 Ethernet Shield	24
1.6.2 Módulo RFID	25
1.6.3 Ambiente de Programação	25
1.6.4 Comunicação SPI	26
1.7 BASE DE DADOS	27
1.7.1 Banco de Dados NoSQL	28
1.7.2 MongoDB	29
1.7.3 JSON	29
1.7.4 Node Js	29
1.7.5 Express	29
2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	30
2.1 CONSTRUÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO	31
2.1.1 Modelagem do banco de dados	33
2.1.2 Desenvolvimento da lógica de aquisição de dados	35
2.1.3 Desenvolvimento da lógica de atualização do banco de dados	37
3 DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO	38
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS	38
3.2 MONTAGEM DOS MÓDULOS	38
3.2.1 Montagem do módulo RFID	38
3.2.2 Montagem do módulo Ethernet Shield	39
3.2.3 Interação entre o módulo RFID o módulo Ethernet Shield	40
3.3 TESTES DOS MÓDULOS	42
3.3.1 Teste do módulo Ethernet	42
3.3.2 Testes do módulo RFID	42
4 LEVANTAMENTO DE CUSTOS	44
5 RESULTADOS	45
CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

INTRODUÇÃO

Na medida em que o sistema produtivo aumenta, o que é caracterizado não só pelo volume da produção, mas também pelo avanço tecnológico, torna-se necessário o desenvolvimento e implementação de sistemas que auxiliem as atividades do colaborador no seu respectivo setor.

Atualmente, o procedimento de modificação no sistema de inventário, após a movimentação da matéria-prima até o processo de manufatura, é feito manualmente, sendo necessário que o colaborador acompanhe a movimentação do item até o processo de manufatura, após isso é feito um registro manuscrito do item levado e ao final do dia esse item é transferido para o sistema para ser listado como material utilizado. Com isso, a acuracidade do inventário está mais suscetível a falhas, o sistema se torna ineficiente devido ao longo tempo de resposta para ser listado como material utilizado e não é possível ter uma rastreabilidade do item.

Várias soluções podem ser adotadas para tentar garantir a gerência da logística e de automação de estoque, a fim de torna-lo mais eficiente, dentre as quais pode ser destacado o de etiquetas com identificação por radiofrequência, conhecido como *Radio-Frequency Identification* (RFID), no processo de logística o código é lido pelas antenas localizadas no ambiente, as quais são integradas aos sistemas de entrada e saída de mercadorias, podendo ser utilizados em várias aplicações, ao longo de toda a cadeia de abastecimento.

Este projeto de pesquisa aplicada consiste na elaboração de um dispositivo para monitoramento e controle de entrada e saída de matéria-prima em uma indústria através da tecnologia de identificação de dados RFID e utilizando um sistema de gerenciamento de banco de dados para a manipulação dos dados de entrada e saída, que compreende a aquisição dos dados através da plataforma Arduino e armazenamento desses dados no sistema de gerenciamento de banco de dados MongoDB Atlas.

Nesse contexto, a proposta torna-se relevante para a formação da aluna e para a indústria em questão na qual foi identificada a possibilidade de melhoria do processo.

As disciplinas envolvidas nesta proposta de projeto são:

- a) Linguagem de programação;
- b) Eletrônica Digital;
- c) Eletrônica Analógica;
- d) Microcontroladores;
- e) Informática Industrial.

A organização deste trabalho foi dividida em cinco capítulos, abordados na seguinte estrutura:

Capítulo 1 – Referencial Teórico: este capítulo tem por objetivo explicar todos os itens teóricos necessários para o entendimento do projeto apresentado.

Capítulo 2 – Metodologia de Desenvolvimento: este capítulo apresenta a forma como o projeto foi desenvolvido, desde o problema identificado até os passos executados para o desenvolvimento do projeto.

Capítulo 3 – Desenvolvimento do Dispositivo: este capítulo visa abordar toda a montagem física do dispositivo desenvolvido, bem como os testes executados para a implementação final.

Capítulo 4 – Levantamento de custos: este capítulo tem por objetivo apresentar os custos para o desenvolvimento do dispositivo em questão, bem como realizar uma comparação com os sistemas hoje existentes no mercado que tem por finalidade cumprir o mesmo objetivo que deste projeto.

Capítulo 5 – Resultados: neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos com o uso do dispositivo, devido à falta de teste em campo, os resultados mostrados compreendem apenas à funcionalidade do dispositivo desenvolvido.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentado toda a fundamentação teórica utilizada para o desenvolvimento do dispositivo apresentado como proposta. Está dividido em duas partes: uma contextualização histórica abrangendo a evolução industrial e uma breve explicação das tecnologias utilizadas e a funcionalidade de cada uma delas, para que o leitor possa adquirir uma compreensão desta pesquisa desde a sua metodologia até a conclusão.

1.1 EVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Em meados do século XVIII e XIX foi dado início a diversas mudanças de qualidade no desenvolvimento econômico, a principal particularidade dessa revolução foi a substituição do trabalho artesanal pelo uso das máquinas, chamados de Revoluções Industriais.

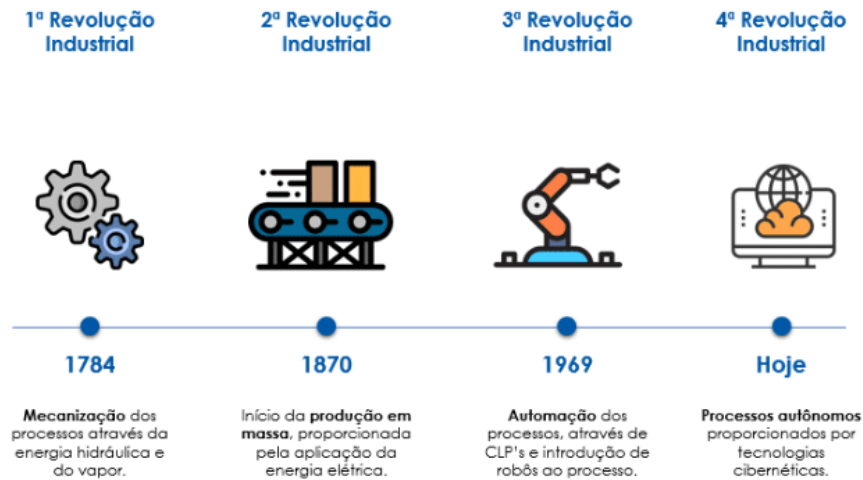
A primeira revolução industrial ocorreu aproximadamente entre 1760 e 1840, provocada pela construção das ferrovias e pela invenção da máquina a vapor, dando início à produção mecânica através do vapor. A segunda revolução industrial, iniciada no final do século XIX, entrou no século XX e, pelo advento da eletricidade e da linha de montagem, possibilitou a produção em massa (SCHWAB, 2016).

A Terceira Revolução Industrial, chamada de Revolução Digital, ocorreu na segunda metade do século XX, com a automatização dos processos, inserção dos computadores, desenvolvimento de microprocessadores e comunicações de alta de forma universal (SOARES, 2018).

A quarta revolução industrial, chamada de indústria 4.0, é considerada o futuro da produção. Diante desse fato, tecnologias devem ser empregadas para fazer integração entre máquinas e humanos e que devem fornecer serviços e produtos de forma autônoma (SILVA, FILHO; MIYAGI, 2015).

Na figura 1 a seguir é mostrado uma linha do tempo das fases de evolução industrial.

Figura 1 – Fases da evolução industrial.



Fonte: Teles, ?.

A indústria 4.0 promete um impacto econômico, originado através da revolução industrial em que novos modelos de negócios, serviços e produtos surgiram com o intuito de promover a automatização da manufatura e aumento da produtividade e competitividade por meio de fábricas inteligentes (YANAI et al 2017)

A Alemanha esteve presente no desenvolvimento do conceito de indústria 4.0, sendo o primeiro país a introduzi-lo, visando aumentar a eficiência, garantir a conservação dos recursos, a flexibilidade e a competitividade através da transformação dos seus processos de fabricação (EUROMONITOR, 2016).

Para (HERMANN et al 2015) a indústria 4.0 pode ser definida como um termo que agrega tecnologias e valor às organizações. Tem-se que nas fábricas inteligentes, os produtos e as máquinas estarão conectados realizando comunicação e monitoramento entre si. A produção e a logística serão mais flexíveis, visto que a informação não será exclusiva de uma única unidade, estará descentralizada com linhas de produção modularizadas. Dessa forma, a principal característica da fábrica inteligente é a conexão em tempo real de pessoas, equipamentos e dispositivos em geral.

A movimentação de material também passa a ser realizada por sensoriamento, ou seja, ao chegar na fábrica, o material passa por um portal que automaticamente dá entrada do material no estoque. Ao ser consumido pelas máquinas, é realizada a baixa do material instantaneamente e ao atingir o ponto de encomenda automaticamente é enviada a ordem para reabastecimento do estoque.

Na manufatura inteligente, todos dispositivos estão interligados com a ajuda de sensores entre outras tecnologias que possibilitam o monitoramento em tempo real.

1.2 SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA

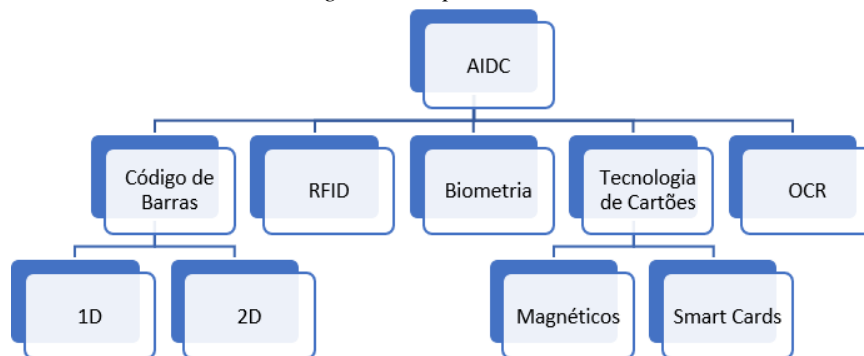
Segundo (AGARWAL, 2001) a Identificação Automática e Captura de Dados (AIDC) se refere ao conjunto de tecnologias utilizadas para o processo de identificação automática de objetos, dessa forma eliminando a intervenção humana no processo de aquisição e registro de dados de um determinado produto, objeto, mercadorias de um sistema.

O procedimento AIDC envolve tecnologias como:

- Códigos de barras;
- Identificação por radiofrequência (RFID);
- Biometria;
- Tecnologia de cartões;
- Reconhecimento ótico de caracteres (OCR).

O agrupamento das tecnologias que envolvem processo AIDC e suas variações são mostradas na Figura 2.

Figura 2 – Tipos de AIDC.

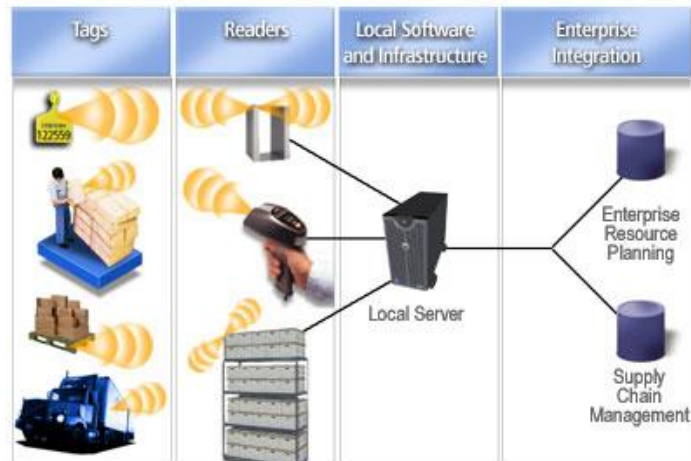


Fonte: Elaborado pela autora

Os procedimentos AIDC são caracterizados pelas seguintes etapas, como descrito a seguir e esquematizado na Figura 3.

- Se referem a um item, seja um produto, componente, caixa etc, que precisa ser rastreado dentro de um ambiente;
- Possuem uma etiqueta, tag, identificador que permite a leitura do item;
- Necessitam de um leitor para que seja feita a identificação de acordo com a tecnologia empregada na identificação do item;
- O código lido é transmitido a um sistema no qual é feita a manipulação dos dados lidos.

Figura 3 – Etapas de AIDC.



Fonte: Leandro, 2011.

1.3 TECNOLOGIA RFID

Os sistemas de identificação por radiofrequência, conhecido como RFID, são uma revolução nos sistemas de identificação automática. Surgido na década de 70, como tecnologia substituta do código de barras, o sistema RFID é uma tecnologia que permite realizar leituras das informações em grandes distâncias, mesmo que o portador de informações não esteja visível ao leitor. (SILVEIRA, ?).

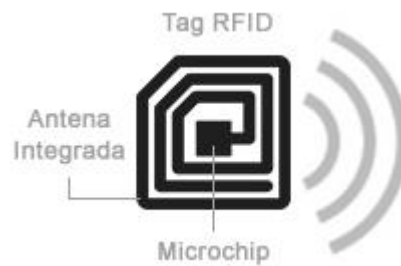
De acordo com (GREEF, 2009), a tecnologia de identificação automática RFID tem a seguinte definição:

“A identificação por radiofrequência (RFID) é uma tecnologia capaz de captar, gerenciar, analisar e responde aos dados provenientes de sensores eletrônicos. RFID é uma tecnologia de identificação que utiliza a radiofrequência para capturar os dados, permitindo que uma etiqueta RFID seja lida sem a necessidade de contato ou campo visual, através de barreiras e objetos tais como madeira, plástico, papel, entre outros. É um método de armazenamento e recuperação de dados de forma remota. Ele funciona como um sistema poderoso de aquisição de dados em tempo real, com a vantagem de eliminar as intervenções humanas manuais e visuais, dinamizando assim o tempo de transições e assegurando eficiência e eficácia no processo.” (GREEF, 2009, p. 20).

De acordo com (TEIXEIRA, 2011), a arquitetura do sistema de identificação por radiofrequência é composta por quatro componentes básicos: *tag*, antena, leitor e módulo de middleware.

A *tag* tem por objetivo identificar um objeto, ou local ao qual está anexada devido ao seu número único de identificação. É formada por um microchip e uma antena, como mostra a Figura 4. Geralmente, o encapsulamento é feito em plástico, o formato varia conforme a utilização das *tags* sendo necessário levar em conta a durabilidade, resistência, mudanças de temperatura e acessibilidade (TEIXEIRA, 2011).

Figura 4 – Composição tag RFID.



Fonte: RFID, 2018.

A antena realiza a comunicação dentro do sistema de RFID. Seu papel é realizar de maneira confiável a troca de informações entre o leitor e a *tag*. A antena emite um sinal de rádio que ativa a *tag*, realizando a leitura ou escrita de dados, que depois de lidos são enviados ao middleware do sistema. As antenas, assim como as *tags*, são apresentadas em diversas formas e tamanhos, conforme a aplicação, exemplos de antenas são mostrados na Figura 5. (TEIXEIRA, 2011).

Figura 5 – Modelos de antenas para RFID.

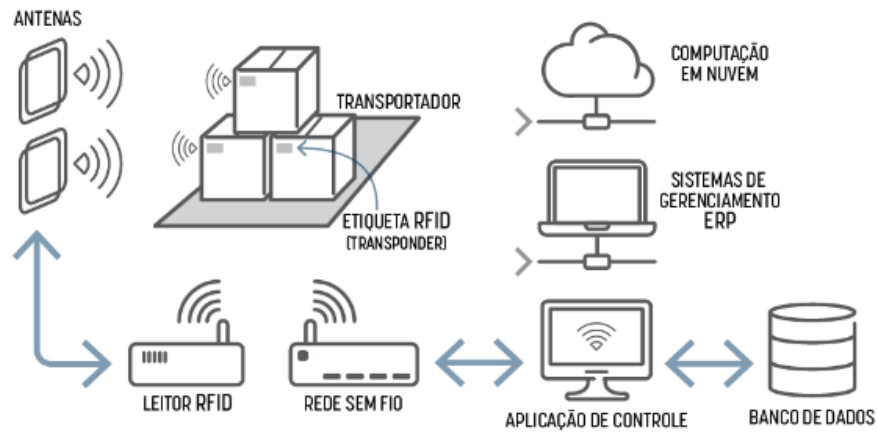


Fonte: CUNHA, 2005.

O leitor é o componente de comunicação entre o sistema de RFID e os sistemas externos de processamento de informação. De acordo com (SANTANA, 2005), a leitura é feita quando a *tag* passa pela área de cobertura da antena, nesse momento o campo magnético é detectado

pelo leitor o qual decodifica as informações contidas na tag e passa-as para o middleware onde é realizado o processamento das informações, a Figura 6 mostra esse processo de leitura RFID.

Figura 6 – Processo de leitura RFID.



Fonte: Parson, 2016.

Por fim, o módulo de middleware, é a etapa de interface que controla todo o sistema periférico de RFID e realiza a comunicação com os outros componentes do sistema. A função do middleware é processar os dados capturados pelos leitores e transformar em informações.

1.3.1 O RFID na indústria

A utilização da tecnologia RFID está mais ligada as atividades logísticas na parte de identificação e rastreamento de pallets, contêineres e caixas nos grandes centros de distribuição. No entanto, o sucesso que grandes empresas alcançaram com o investimento na tecnologia servirá de fator impulsor para incrementar a adoção nos próximos anos. O RFID é uma tecnologia que deve ser utilizada com o intuito de manter indicadores precisos e seguros ou para garantir ao consumidor ter acesso às informações de seu produto em tempo real (FERREIRA; CUGNASCA, 2013).

O conceito fundamental consiste na aplicação de *tags* nos produtos. A leitura por RFID permite rastrear todo o processo produtivo, materiais utilizados na manufatura, inspeção, faturamento, distribuição, até chegar ao revendedor ou mesmo consumidor final.

Para concentrar o potencial de retorno sobre investimento apenas na cadeia de suprimentos, um passo é a adoção de RFID combinando a utilização de elementos de “*pick & place*” como robots, empilhadeiras e paleteiras com as redes ethernet já disseminadas,

ampliando assim a capacidade *mobile* destas tecnologias com os sistemas de gestão (ANDRADE, 2012).

As soluções de radiofrequência podem agregar valores na movimentação de mercadorias etiquetadas individual ou em conjunto, como em locais de entrada e saída de estoques, linhas de embalagem, áreas internas ou externas de espera, e até mesmo nos espaços de cargas de veículos dos diversos modais.

A utilização da tecnologia RFID na cadeia logística possui diferentes objetivos e funcionalidades para as empresas, mas com o mesmo intuito de oferecer suporte ao sistema de informação. Encontram-se aplicações de RFID para controle de estoque, identificação de cargas e contêineres, monitoramento e rastreabilidade no transporte, transferências de dados entre os participantes do processo logístico, entre outros. Em meio as vantagens da utilização do RFID destacam-se: ganho de visibilidade na cadeia de suprimentos, durabilidade das etiquetas, alta capacidade de memória, leitura e escrita, identificação sem a necessidade de contato ou visão do produto, confiança na transmissão dos dados, leitura de múltiplas etiquetas simultaneamente, redução de tempo de leitura, captação de ondas à distância, maior controle e fiscalização; rastreabilidade de produtos e informações, redução de erros de previsão de demanda entre outras.

Dessa forma, a RFID pode ser aplicado na logística em diferentes etapas do processo, atuando como um fator capaz de agregar em conexão, acesso a informações e transferência de dados, nos estágios antes, durante e após as jornadas dos trajetos. Os benefícios com a tecnologia RFID passam ainda por informações sobre o transporte na logística, como: pontos de localização no mapa, horários dos veículos, tráfego em tempo real, além das funcionalidades dos acessos às catracas e confirmação de dados. Todos esses elementos podem integrar e constituir uma rede inteligente de comunicação, que auxilia no monitoramento e controle das informações em uma cadeia logística (NASSAR; VIEIRA, 2014).

1.4 TECNOLOGIA DE CÓDIGO DE BARRAS

Uma das tecnologias mais difundidas, principalmente, no processo de logística é a de código de barras.

O código de barras representa uma sequência alfanumérica através de barras com diferentes larguras em preto e branco, a informação representada através das barras é lida por um equipamento. O funcionamento desta tecnologia consiste em um equipamento que percorre as barras emitindo um raio vermelho, onde há as barras escuras a luz é absorvida enquanto na presença das barras brancas a luz é refletida de volta para o scanner e identificados os dados ali

representados. Após a aquisição, os dados são enviados para um computador onde é feita uma decodificação sendo convertidos em letras ou números. (DBK, 2017).

Trata-se de uma tecnologia acessível para diversos tipos de aplicações que exija o rastreamento, a identificação ou a entrada de dados em sistemas baseados em computador e possui o melhor custo benefício em comparação com outras tecnologias AIDC (SILVANUS, 1991).

Há vários tipos de códigos de barras, podendo ser divididos em dois grupos: aqueles que representam informações numéricas, são compostos por uma única linha de código de barras, com aplicações mais voltadas para embalagens de produtos e aqueles que representam informações alfanuméricas, que envolvem outras formas geométricas os quais armazenam informações horizontal e verticalmente, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Tipos de códigos de barras



Fonte: Tudo sobre QR Codes.

1.5 COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGIAS

A principal tecnologia de identificação automática concorrente da tecnologia de códigos de barras é a tecnologia RFID (*Radio-Frequency IDentification*), que consiste num sistema formado por uma antena e um transceptor que contém o circuito com a informação a ser identificada. A informação contida no chip é transmitida para o leitor através da antena, o leitor converte o sinal em ondas de rádio do RFID para informações digitais. Após a conversão, os dados são transmitidos para um computador para que possam ser analisadas.

A frequência utilizada nesse sistema é ajustada de acordo com a sua utilização. Pode ser utilizado em vários setores, desde aplicações médicas, veterinárias, pagamentos etc. Exemplos: pagamento via celular, pagamento em trânsito, controle de estoque, substituição de código de barras, rastreamento de cargas, rastreamento de animais, identificação biométrica (SILVA, 2012).

A tecnologia de RFID apresenta inúmeras vantagens em relação ao código de barras, como pode observado na Tabela 1 a comparação entre as duas tecnologias em relação aos seguintes parâmetros:

- Distância para identificação;
- Leitura simultânea;
- Custo;
- Vida útil;
- Capacidade de armazenamento;
- Complexidade para implementação.

Tabela 1 – Comparação entre tecnologias.

Parâmetro	Tecnologia	
	Código de Barras	RFID
Distância para identificação	Curta	Longa
Leitura simultânea	Não	Sim
Custo	Baixo	Alto
Vida útil	Baixo	Alto
Capacidade de armazenamento	Baixo	Alto
Complexidade de implementação	Baixo	Alto

Fonte: Silva, 2012.

1.6 PLATAFORMA ARDUINO

Há pouco tempo, para desenvolvimento de uma aplicação específica era necessário desenvolver do zero, onde pequenas alterações nas funcionalidades do circuito geravam bastante trabalho e estudo crítico. Com a chegada dos microcontroladores tornou-se possível a modificação de uma finalidade específica através de software, no entanto, trabalhar com microcontroladores não é tão trivial. Desta forma, em 2005, um grupo de pesquisadores italianos perceberam a necessidade de um dispositivo que possibilitasse a criação de sistemas de forma mais simples. Assim surgiu o Arduino.

O intuito do Arduino era criar uma plataforma que qualquer pessoa pudesse criar um projeto interativo e de baixo custo. Dessa forma, qualquer um poderia ser um criador de tecnologia. O Arduino rapidamente se tornou popular em todo mundo.

De acordo com (BANZI, 2008) o Arduino tem a seguinte definição:

“O Arduino é uma plataforma de computação física de código aberto para criar objetos interativos que são independentes ou colaboram com software no seu computador. O Arduino foi projetado para artistas, projetistas e outros que desejam incorporar a computação física em seus projetos sem precisar se tornar engenheiros eletrônicos” (BANZI, 2008).

A plataforma se trata de uma pequena placa baseada num sistema de entrada e saída (I/O) e um ambiente de desenvolvimento que implementa por uma linguagem de processamento.

Conforme visto em Stefanello (2013), um chip sozinho não consegue trabalhar, a menos que conte com a parte de eletrônica para apoio e alimentação, para proporcionar um meio de comunicação com o computador. Dessa forma, os principais componentes dispostos em uma placa Arduino são visualizados na Figura 8 e descritos a seguir:

- a) interface USB: na figura 8 é demonstrada uma placa Arduino Leonardo, temos disposta na parte superior esquerda da figura a entrada USB, utilizada para carregar o conjunto de instruções ou alimentação da placa.
- b) conexão Elétrica: temos disposto na parte inferior esquerda da figura a entrada ou conexão com fonte externa de energia.
- c) entradas Analógicas: as entradas analógicas estão localizadas na parte inferior da figura 8, indicadas de A0 a A5.
- d) entradas digitais: as entradas digitais estão localizadas na parte superior de acordo com a figura 8.
- e) microcontrolador: na parte acima das portas analógicas A0 a A5, está localizado o microcontrolador. O microcontrolador é considerado a parte principal da placa, pois é onde está disposta a unidade central de processamento. Ela é responsável por todas as ações executadas no dispositivo, busca de informações e gravando dados.

Atualmente, os modelos mais comuns no mercado tem sido: Nano, Micro, Mega, Uno (objeto de estudo para esta proposta de projeto) e Leonardo, havendo outras variações da placa.

Figura 8 – Composição Arduino.



Fonte: Elaborado pela autora.

Além da possibilidade de adicionar componentes externos, também contam com a capacidade de acoplar à placa principal as chamadas *Shields*, que são placas conectadas ao arduino e estendem a sua capacidade, exemplo: *Ethernet shield*, módulo usado para conexão em rede, e *LCD shield*, para conexão de telas LCD (ARDUINO, 2019).

1.6.1 Ethernet Shield

O Arduino *Ethernet Shield* consiste em uma placa com dois módulos que permite que uma placa Arduino se conecte à Internet através da biblioteca *Ethernet*, e um módulo para cartão micro SD, permitindo que seja feito a leitura/escrita em um cartão de memória.

O *Ethernet Shield*, mostrado na figura 9, é baseado no chip *ethernet* da WIZnet *ethernet* W5100, que oferece acesso à rede utilizando os protocolos UDP/TCP, e pode ser facilmente utilizado com auxílio das bibliotecas *Ethernet Library* e *SD Library* (NIDEJELSKI, 2018).

Figura 9 – Ethernet Shield.



Fonte: Elaborada pela autora.

1.6.2 Módulo RFID

O módulo leitor RFID RC522 utilizado nesta proposta de projeto utiliza o chip MFRC522 da empresa NXP, que por sua vez, pode ser usado em comunicações a uma frequência de 13,56MHz, permitindo comunicações a uma frequência de 13,56MHz sem contato, além da leitura e escrita em cartões que seguem o padrão Mifare.

Este módulo acompanha um kit com uma *tag* e um cartão RFID, na Figura 10 é mostrado kit com o leitor, a *tag* e o cartão RFID.

Figura 10 – Kit módulo RFID RC522.

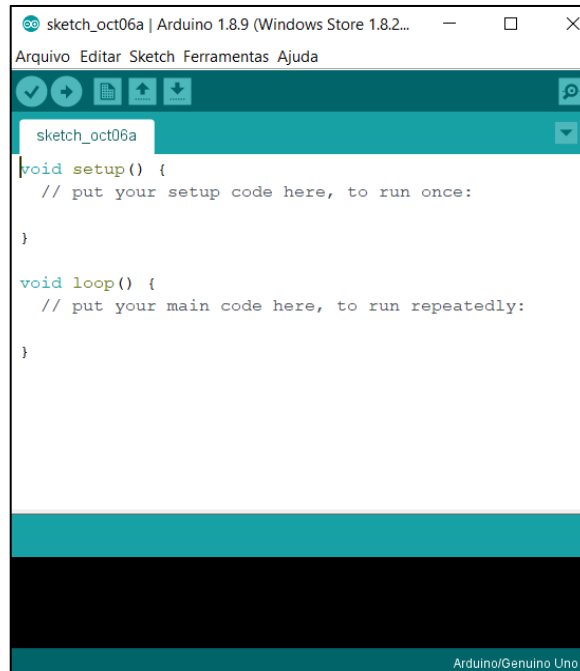


Fonte: Curto Circuito, 2018.

1.6.3 Ambiente de Programação

Para a programação do firmware, é utilizado o IDE do Arduino, um software livre no qual é inserido o código na linguagem que o Arduino compreende, baseada na linguagem C. O IDE permite que seja descrito os passos do programa, que é um conjunto de instruções passo a passo, que serão enviadas para o Arduino. O Arduino, então, executará essas instruções, interagindo com o que estiver conectado a ele. Na figura 11 é mostrada a tela inicial do IDE Arduino no primeiro uso.

Figura 11 – Arduino IDE.



Fonte: Elaborado pela autora.

O *sketch*, programa com o conjunto de instruções, é dividido em duas partes: o *setup* e o *loop*.

O *setup* é utilizado para inicializar variáveis, configurar os pinos de entrada e saída (*INPUT* e *OUTPUT*), inicializar bibliotecas entre outros parâmetros de configuração (ARDUINO, 2019).

O *loop*, é criado depois de criar o *setup*, a qual inicializa e atribui os valores iniciais, a executando precisamente as instruções descritas, e repete-se consecutivamente enquanto a placa estiver ligada, permitindo o seu programa mudar e responder a essas mudanças. (ARDUINO, 2019).

1.6.4 Comunicação SPI

A comunicação SPI (*Serial Peripheral Interface*) é uma interface serial utilizada na comunicação entre dispositivos (SANTOS; RESENDE, 2009).

Nesse tipo de protocolo a comunicação serial síncrona do microcontrolador com outros dispositivos é feita de maneira full-duplex, ou seja, a transmissão é simultânea e em ambos os sentidos, que são do Mestre para o Escravo e do Escravo para o Mestre, onde o equipamento mestre inicializa a comunicação. Múltiplos equipamentos escravos são permitidos com o uso de linhas individuais de *slave select* (MONARO, 2007). A figura 10 mostra a representação da

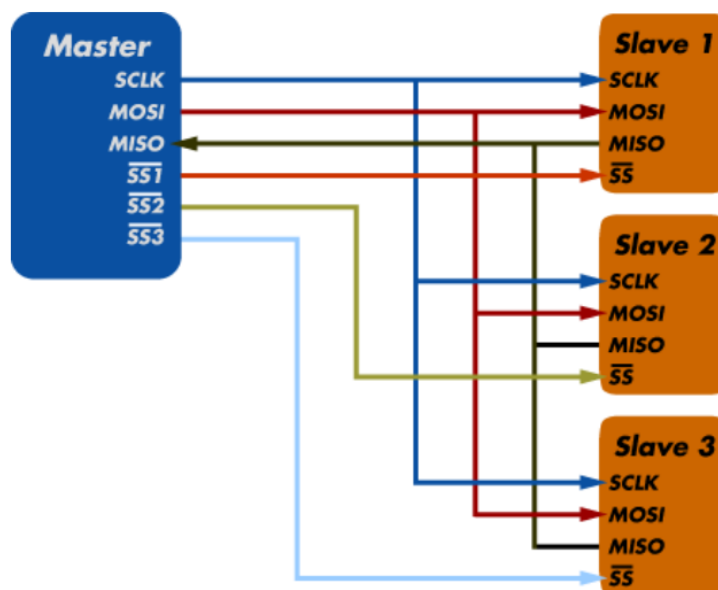
interface SPI para múltiplos equipamentos escravos, que como descrito deve conter uma linha individual para cada slave select.

O barramento SPI é constituído por 4 sinais, sendo dois de controle e dois para dados:

- Master Out Slave In* (MOSI): indica a saída do mestre que será enviado para o escravo;
- Master In Slave Out* (MISO): indica a saída do escravo que será enviado para o mestre, esses dados só podem ser enviados de um escravo por vez.;
- Serial Clock* (SCLK): linha de controle que sai do mestre para controlar o fluxo de bits, é o que define a taxa de transmissão
- Select Slave* (SS): linha para desabilitar ou habilitar o escravo.

A figura 12 representa um esquema de comunicação de um *master* com mais de uma *slave*, destacando os sinais envolvidos.

Figura 12 – Esquema de comunicação SPI.



Fonte: Laboratório de Garagem, 2012.

1.7 BASE DE DADOS

A necessidade do uso de um banco de dados em uma indústria tem se dado presente desde meados da década de 50, com o intuito de manter informações dos funcionários, compras, vendas e máquinas.

Os primeiros bancos de dados eram realizados de forma física, através do preenchimento de fichas as quais ficavam armazenadas em pastas que por sua vez eram arquivadas em grandes

armários e ficavam lá por décadas. A melhoria dos bancos de dados veio com a evolução da tecnologia, o que permite evolução na automatização da informação.

A leitura dos primeiros bancos de dados era feita de forma sequencial, pois o armazenamento dos registros era feito em cartões perfurados, fitas magnéticas entre outros, o que significa que para fazer a leitura do décimo registro feito teria que realizar a leitura dos nove registros anteriores.

Eventualmente, para facilitar o acesso ao registro foi colocado um índice, a fim de otimizar o tempo de acesso bem como facilitá-lo, não sendo necessário ler várias outras seqüências de dados antes de ler o registro desejado. Essa forma de acesso é conhecida como Acesso Direto.

Na década de 60, houve um encontro promovido pelo departamento de defesa dos Estados Unidos, chamado CODASYL, com o objetivo de criar um método de armazenamento de dados de forma segura e inteligente. Após diversas discussões realizadas nesse evento, houve o surgimento de uma nova tecnologia: o banco de dados.

Este modelo criado é composto de quatro partes: base de dados, Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), linguagem de exploração e programas adicionais (gerência de usuários, otimizadores).

1.7.1 Banco de Dados NoSQL

O grande volume de dados gerado por aplicações Web, juntamente com os requisitos diferenciados destas aplicações, como a escalabilidade sob demanda e o elevado grau de disponibilidade, têm contribuído para o surgimento de novos paradigmas e tecnologias. As redes sociais, por exemplo, requerem o gerenciamento de grandes quantidades de dados não estruturados, os quais são gerados diariamente por milhões de usuários em busca do compartilhamento de informações, conhecimentos e interesses (LÓSCIO; OLIVEIRA; PONTES, 2011)

Neste contexto, surgiu uma nova modalidade de banco de dados, chamado *Not Only SQL* (NoSQL), com o intuito de atender às grandes demandas de dados gerados de natureza web.

De acordo com (POLITOWSKI et al, 2014), NoSQL não possui um significado padrão, NoSQL pode ser traduzido em um conjunto de características, apresentadas a seguir:

- Não usa modelo de dados relacional e, portanto, não usa a linguagem SQL;
- Costuma ser projetado para ser executado em um cluster;
- Costuma ser *Open-Source*;

- Não possui esquema fixo, permitindo gravar qualquer dado em qualquer estrutura.

1.7.2 MongoDB

O MongoDB é um banco de dados distribuído, baseado em documentos e de propósito geral, criado para desenvolvedores de aplicativos modernos e para a era da nuvem (MONGODB, ?).

No MongoDB os documentos são armazenados no formato BSON (Binary JSON), que são objetos JSON de forma binária, dessa forma os usuários podem realizar modificações de apenas um atributo em um documento sem a necessidade de interação com o restante da estrutura. Documentos podem ser armazenados em coleções (*collections*), onde serão efetuadas operações de busca (*queries*) e indexação (*indexing*). Queries são expressas na sintaxe JSON e enviadas ao MongoDB como objetos BSON pelo driver de conexão ao banco (POLITOWSKI et al, 2014).

1.7.3 JSON

JSON (*JavaScript Object Notation*) é um modelo para armazenamento e transmissão de informações no formato texto. É bastante utilizado para aplicações Web, pois permite estruturar informações de uma forma bem mais compacta do que a conseguida pelo modelo XML, tornando mais rápido as modificações das informações (GONÇAVES, 2012).

1.7.4 Node Js

“Node.js é uma plataforma para aplicações JavaScript criada por Ryan. É possível utilizar bibliotecas desenvolvidas pela comunidade através de seu gerenciador de pacotes chamado npm.” (ALMEIDA, 2015).

1.7.5 Express

“Express, criado em 2009 por TJ Holowaychuk, é um *framework web light-weight* que ajuda na organização de sua aplicação web na arquitetura MVC no lado do servidor” (ALMEIDA, 2015).

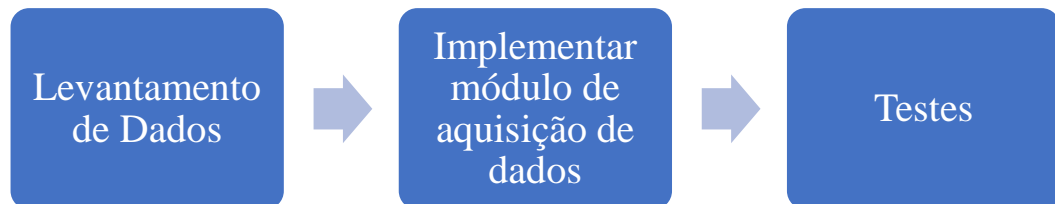
2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho será uma pesquisa aplicada, cujo objetivo é a realização de uma pesquisa exploratória sobre o material bibliográfico adquiridos sobre o assunto. O procedimento técnico utilizado será de pesquisa bibliográfica. O método de abordagem a ser seguido será o hipotético-dedutivo e a elaboração será feita a partir do método de procedimento monográfico. A coleta de dados será feita através de documentação, sendo estes dados qualitativos.

O primeiro passo é realizar pesquisa bibliográfica, tendo como principal base artigos na área logística, focados no processo de movimentação de matéria-prima entre os postos de uma indústria, processos de manufatura, sistemas microprocessados, com foco na plataforma Arduino, ciência de dados e, especialmente, tecnologia de identificação e captura de dados.

A coleta de dados será feita através da análise de indicadores de qualidade, os quais são adquiridos a partir de dados referentes a movimentação do material a ser analisado. A implementação do dispositivo é dada por três etapas, divididas como representado na Figura 13.

Figura 13 – Etapas da implementação do dispositivo

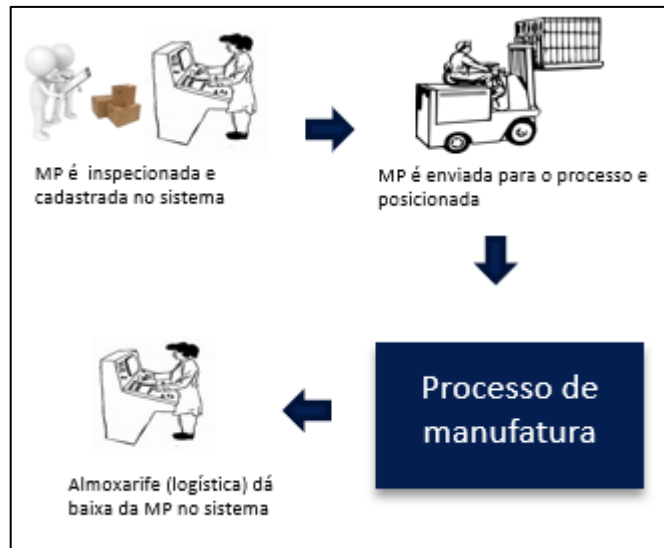


Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira consiste no levantamento de todos os materiais utilizados pelo processo de manufatura, bem como suas características e localização. Com o levantamento dos dados a serem utilizados é feito a modelagem do banco de dados. O banco de dados foi modelado utilizando o MongoDB, com o auxílio do editor de texto Visual Studio Code.

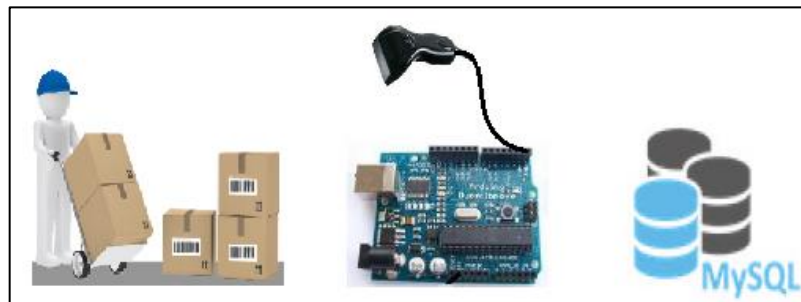
O segundo passo é implementar o módulo de aquisição de dados, o foco da pesquisa é monitorar e controlar os dados de entrada e saída do sistema e modificar o atual processo de manipulação do inventário, como mostrado na figura 14, para um esquema de inventário automático, como mostrado na figura 15.

Figura 14 – Processo de manipulação do inventário.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15 – Esquema proposto



Fonte: Elaborado pela autora.

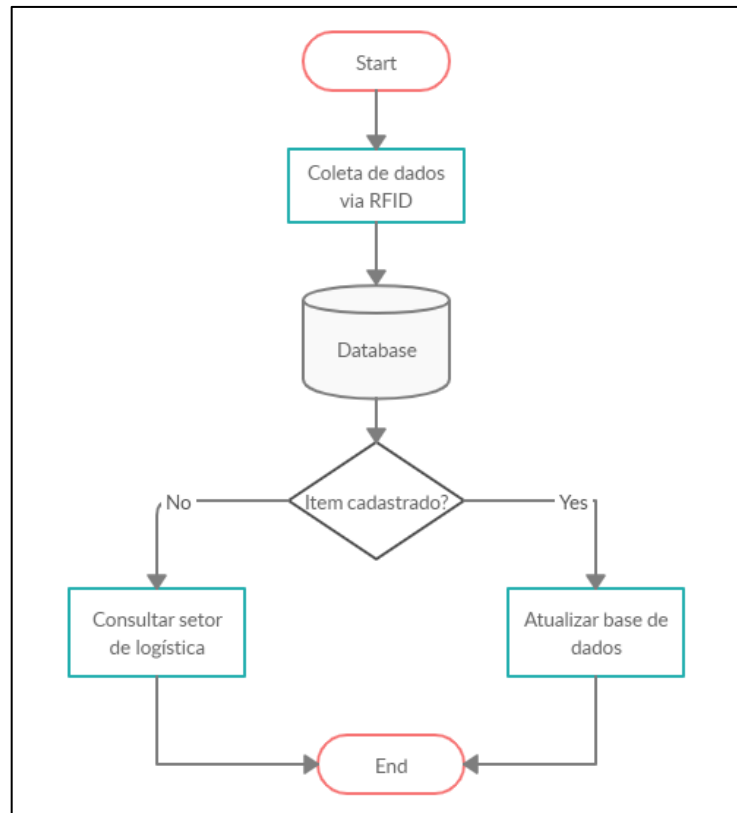
Para isso será utilizado um módulo de RFID, a fim de simular uma etiqueta em um produto que consta no estoque. Nessa etiqueta devem constar as informações da matéria-prima, tais como tipo de material, peso etc., o módulo de aquisição de dados será utilizado para fazer o registro de entrada da matéria-prima em questão no processo de manufatura. Essa etapa consiste no estabelecimento da comunicação entre o módulo RFID e o Arduino, ou seja, a implementação das instruções que fazem com que a leitura dos materiais seja enviada à base de dados.

Por fim é a etapa de testes, na qual consiste em validar a implementação do software, assegurando a funcionalidade de leitura dos dados de entrada e saída dos materiais.

2.1 CONSTRUÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO

O funcionamento desse dispositivo pode ser visto no fluxograma mostrado na figura 16, em seguida foi implementado cada etapa do dispositivo a fim de validar a funcionalidade individual de cada módulo.

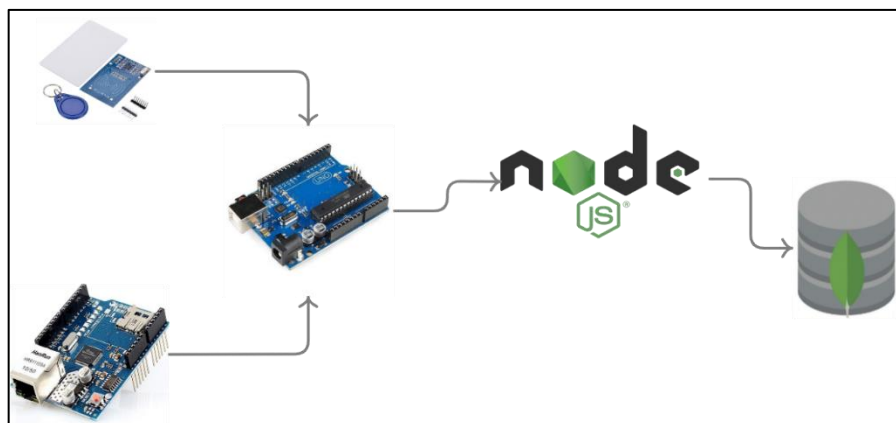
Figura 16 - Fluxograma do funcionamento do dispositivo.



Fonte: Elaborado pela autora.

Inicialmente foi-se necessário definir os dados de entrada para o sistema. A coleta de dados será realizada por meio de etiquetas RFID, as quais devem ser cadastradas de acordo com os itens. O Arduino envia uma requisição para o servidor desenvolvido na plataforma Node Js, o qual acessa o banco de dados modelado e construído na plataforma MongoDB, através da placa *Ethernet Shield*, que estará acoplada ao Arduino. Os dados incluem: código do item, descrição e quantidade. O *layout* da proposta de projeto é visto na Figura 17.

Figura 17 – Layout proposto.



Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme explicado, o desenvolvimento do projeto segue as seguintes etapas:

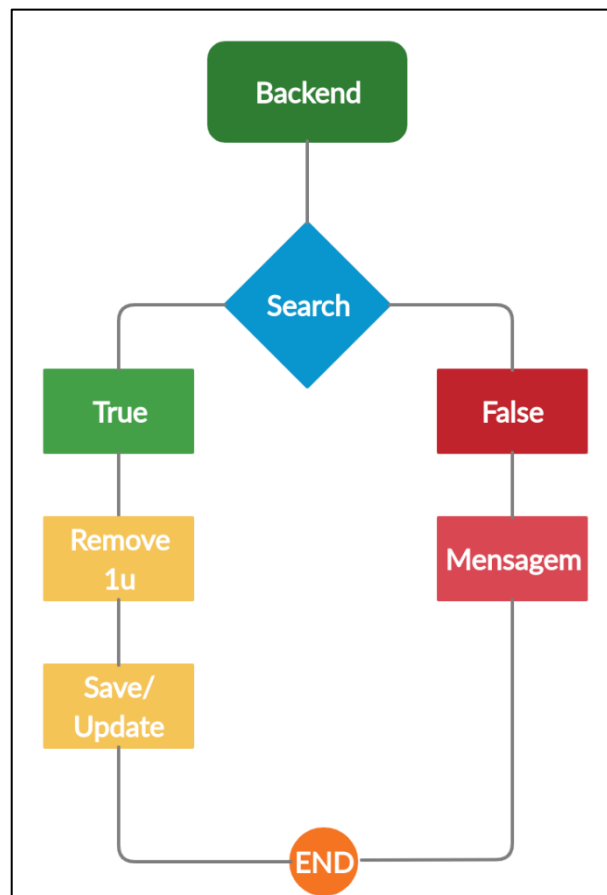
- a) Desenvolvimento do banco de dados;
- b) Implementação do módulo de aquisição de dados;
- c) Validação da funcionalidade.

2.1.1 Modelagem do banco de dados

Para a construção do banco de dados foi necessária a configuração do ambiente com a instalação do MongoDB Atlas e da plataforma Node Js.

O primeiro passo para a construção do banco de dados foi o desenvolvimento do servidor, com a plataforma node js, onde estará inserido o banco de dados com o inventário, o Arduino realiza uma comunicação com o servidor (*request*) e este faz o acesso ao banco de dados, onde haverá o tratamento dos dados recebidos, conforme mostrado no fluxograma na figura 18, nesse caso será feito uma atualização no inventário. Na figura 19 é esquematizado como é feito a comunicação entre o Arduino e o banco de dados.

Figura 18 - Fluxograma de acesso ao banco de dados.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 19 – Acesso ao banco de dados.



Fonte: Vida de Silício, 2017.

O script para criação do banco de dados e do servidor foi criado no editor de texto Visual Studio Code, a base de dados foi nomeada de **Estoque**. Essa é base de dados que irá conter os itens armazenados no inventário que posteriormente serão enviados à produção. Em seguida foi criada a coleção: **produtos**. Foi escolhido um método para que fosse feito o upload da planilha contendo os itens em inventário e atribuído as seguintes variáveis:

- a) **barCode**: essa variável é a responsável por conter o código de barras de cada item;
- b) **description**: é a variável que contém o tipo de material. Usada apenas para identificação visual;
- c) **stock**: variável que armazena a quantidade de cada item em estoque. É o campo que será modificado através da automatização, para que seja visualizada em tempo real.

O *script* para criação da base de dados e da tabela itens é mostrado na figura 20 a seguir.

Figura 20 – Script para modelagem do banco de dados.

```

1  const mongoose = require('mongoose')
2  const schema = mongoose.Schema
3
4  const ProductsSchema = new schema({
5    barCode: {
6      type: String,
7      required: true,
8      unique: true
9    },
10   description: {
11     type: String,
12     required: true,
13   },
14   stock: {
15     type: Number,
16     default: 0
17   }
18 })
19
20 const Products = mongoose.model('product', ProductsSchema)
21 module.exports = Products

```

Fonte: Elaborada pela autora.

O segundo passo, durante a modelagem do banco de dados, é inserir os itens do inventário, foram exportados todos os itens relacionados à bobina, item alvo de análise no desenvolvimento do projeto. Após inserção dos itens o resultado é mostrado no software MongoDB Compass na Figura 21.

Figura 21 – Dados inseridos no banco de dados.

```

_id: ObjectId("5dcee44d9bae21553ce1a934")
barcode: "62494132"
__v: 0
description: "BOB ALUM 0,10X688,8MM"
stock: 20

_id: ObjectId("5dcee44d9bae21553ce1a936")
barcode: "63091111"
__v: 0
description: "DESENGRAXANTE PARCO CLEANER"
stock: 100

_id: ObjectId("5dcee44d9bae21553ce1a938")
barcode: "A04807101"
__v: 0
description: "BOB PEDB TERM C/ARTE VE07/09 "
stock: 50

_id: ObjectId("5dcee44d9bae21553ce1a93a")
barcode: "A04807201"
__v: 0
description: "BOB PEDB TERM C/ARTE VE12R "
stock: 3

```

Fonte: Elaborada pela autora.

2.1.2 Desenvolvimento da lógica de aquisição de dados

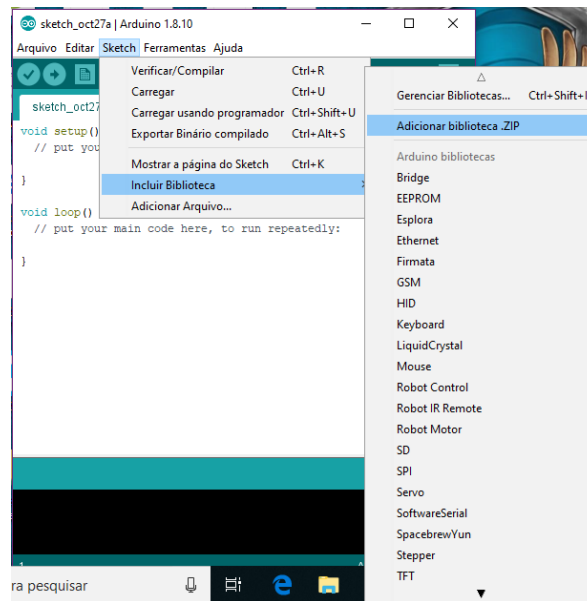
O módulo de aquisição de dados é constituído pelo Arduino UNO, Ethernet Shield, e o módulo RFID, é através desse conjunto que o código do produto é coletado dando início ao procedimento de envio para a base de dados, onde posteriormente será tratado para a atualização da quantidade.

O desenvolvimento do *sketch* foi feito a partir de exemplos disponibilizados na própria IDE do Arduino, portanto será explicado em duas partes:

- a) *Sketch* para comunicação entre o Arduino e módulo RFID

O *sketch* de comunicação entre o Arduino e o módulo RFID teve como base de desenvolvimento o exemplo disponibilizado pela própria IDE do Arduino, para isso foi necessária a instalação da biblioteca MFRC522, como mostrado na Figura 22.

Figura 22 – Instalação da biblioteca MFRC522.



Fonte: Elaborada pela autora.

O primeiro passo da implementação do módulo RFID foi realizar o cadastro das etiquetas dos itens, nesse caso foi utilizado o próprio cartão e chaveiro que acompanham o kit.

O cadastro das etiquetas foi feito de forma paralela, visto que o dispositivo tem como foco pertencer ao setor de manufatura, onde no mesmo não pode ser feito a atividade de cadastro de novos itens.

Para o cadastro foi utilizado um sketch de gravação de dados. Em seguida, foi implementado a funcionalidade de leitura com o leitor RC522, a lógica do sketch, disponível no apêndice A, consiste em fazer a aquisição dos dados da etiqueta RFID e armazenar em uma variável.

b) *Sketch* para acesso à rede

Para o módulo de acesso à rede foi utilizado o Ethernet Shield. A mudança feita no *sketch* foi apenas nos parâmetros de configuração, pois será necessária conexão ao servidor do criado na plataforma Node Js. Na figura 23 é mostrado o sketch de configuração do Ethernet Shield.

Figura 23 – Função de setup Ethernet Shield.

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  //Start setup shield
  Serial.println("Iniciando Ethernet com DHCP");
  if(Ethernet.begin(mac) == 0) {
    Serial.println("Falha na configuracao Ethernet com DHCP");

    //Check if Arduino is without Shield
    if(Ethernet.hardwareStatus() == EthernetNoHardware){
      Serial.println("Ethernet Shield nao encontrado");
      while(true){
        delay(1);
      }
    }

    //Check if Shield have connection with cable
    if(Ethernet.linkStatus() == LinkOFF) {
      Serial.println("Ethernet nao possui cabo conectado");
    }

    //Try to configure using IP address instead of DHCP
    Ethernet.begin(mac, myIp, ip);
  } else {
    Serial.print("DHCP assinado com IP: ");
  }
}

```

Fonte: Elaborada pela autora.

2.1.3 Desenvolvimento da lógica de atualização do banco de dados

Para a atualização do banco de dados foi utilizada uma rota de *post* para quando for recebido um *request* do Arduino, ou seja, sempre que for lida uma informação pelo módulo de aquisição de dados. Dessa forma foi criada um roteamento “update” através do método *router.post*, como mostrado no script da Figura 24.

Figura 24 – Script para atualização do banco de dados.

```

13  router.post('/update', wrapAsync(async (req, res, next) => {
14    let action = await Products.findOne({ barCode: req.body.barCode })
15
16    if (action) {
17      let storage = action.stock
18      storage = storage - 1
19
20      action['stock'] = storage
21
22      await Products.updateOne({ barCode: action.barCode }, action)
23      res.send({ message: 'Atualizado com sucesso' })
24    } else {
25      res.status(500).send({ message: 'Não foi possível localizar o produto' })
26    }
27  })
28
29  module.exports = router

```

Fonte: Elaborada pela autora.

3 DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO

Este capítulo apresenta a implementação física do dispositivo do projeto em questão. Nele serão abordados os materiais utilizados, montagem e teste dos elementos individuais juntamente com o microcontrolador Arduino.

Para início da implementação foram adquiridos os itens de hardware: Arduino UNO, módulo RFID e Ethernet Shield.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para a montagem do circuito foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 microcontrolador Arduino UNO;
- 1 kit leitor RFID RC522;
- 1 matriz de contatos (Protoboard);
- 1 cabo micro-usb para Arduino;
- Jumpers para conexão.

3.2 MONTAGEM DOS MÓDULOS

O leitor RFID utilizado foi o RC522 de 13,56MHz, levando em consideração todos os requisitos do sistema, o custo e a disponibilidade no mercado brasileiro. A utilização de tags passivas se deve a distância entre o item a ser lido e o leitor RFID.

3.2.1 Montagem do módulo RFID

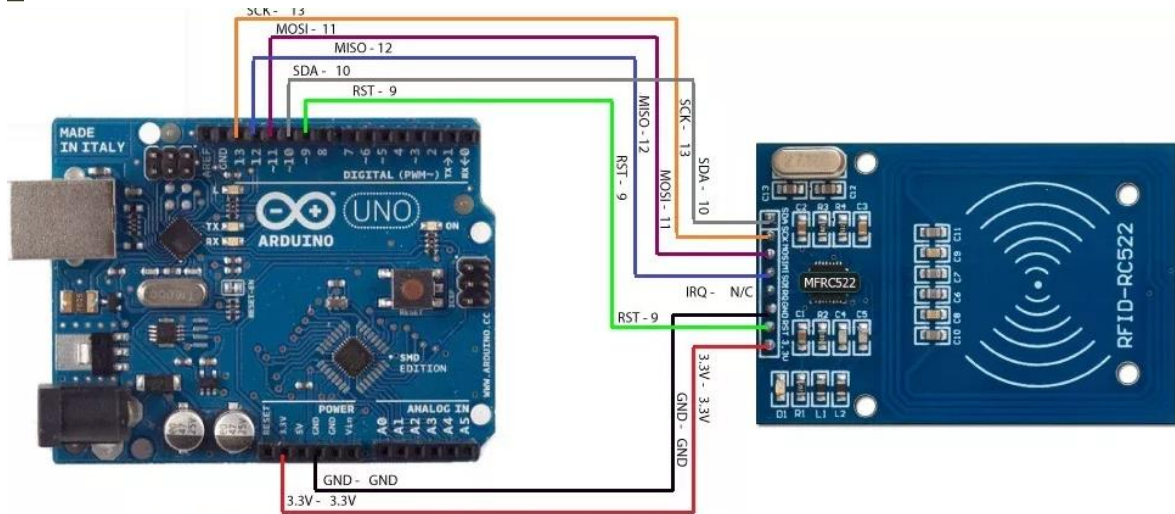
O módulo RFID foi montado de acordo com a pinagem específica do kit RC522 indicada na tabela 2 e mostrado na Figura 25 todas as conexões entre o módulo RFID e o Arduino UNO.

Tabela 2 – Pinagem módulo RFID.

Pinos Módulo RFID	Pinos Arduino UNO
3.3 V	3.3V
RST	9
GND	GND
NC	Não conectado
MISO	12
MOSI	11
SCK	13
SS	10

Fonte: Elaborada pela autora.

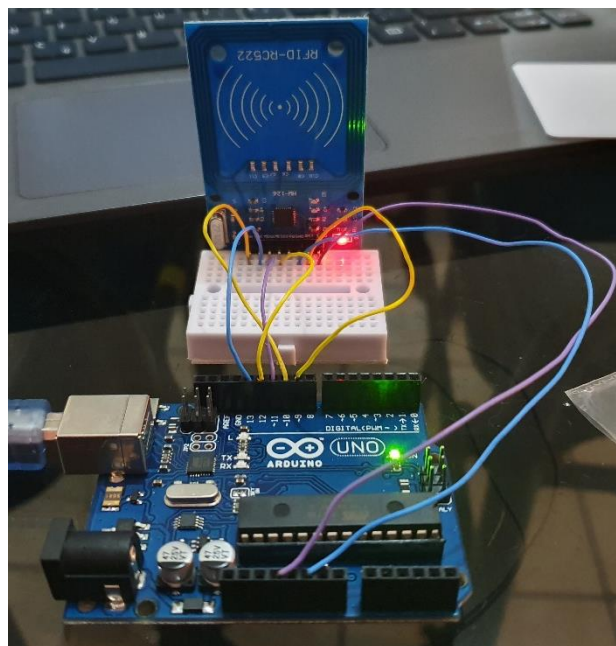
Figura 25 – Conexões entre módulo RFID e ArduinoUNO.



Fonte: Mercado Livre, 2018.

A montagem entre o módulo RFID e o Arduino UNO é mostrado na Figura 26 a seguir.

Figura 26 – Montagem RFID e Arduino.



Fonte: Elaborada pela autora.

3.2.2 Montagem do módulo Ethernet Shield

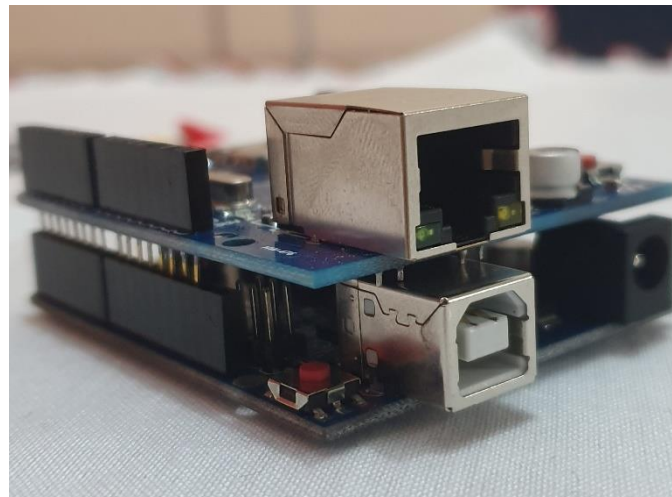
O módulo Ethernet Shield W5100 é uma placa que se conecta ao Arduino apenas sendo encaixado sobre ele, são utilizados os pinos indicados na tabela 3 para controle desse periférico, atuando como escravo na comunicação SPI, essa conexão entre o Arduino UNO e a Ethernet Shield é mostrado na Figura 27.

Tabela 3 – Pinos entre Arduino e Placa W5100.

Pinos Módulo Ethernet Shield	Pinos Arduino UNO
3.3 V	3.3V
GND	GND
MISO	12
MOSI	11
SCK	13
SS (SD Card)	4
SS (W5100)	10

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 27 – Montagem Ethernet Shield e Arduino



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.3 Interação entre o módulo RFID o módulo Ethernet Shield

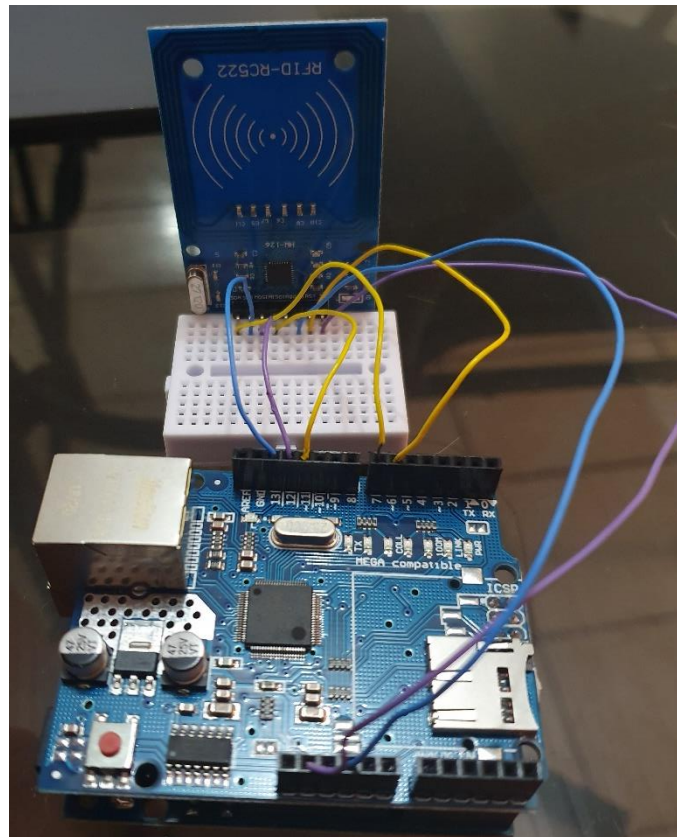
A junção do leitor RFID e o módulo de rede apresentou um problema na definição do pino SS, conforme visto é necessário que cada dispositivo escravo seja acionado por um SS. Para solucionar o problema foi necessária uma mudança física nos pinos para o funcionamento em conjunto entre as placas. Assim o módulo leitor RFID passou a usar pino 6 ao invés do pino 10 para seleção do escravo e o *Ethernet Shield* manteve a porta 10, na tabela 4 é mostrado a pinagem utilizada entre os dois módulos e o microcontrolador Arduino e na figura 28 é mostrada a montagem do circuito.

Tabela 4 – Pinagem de integração entre os módulos.

Pinos Módulos	Pinos Arduino UNO
3.3 V	3.3V
RST	9
GND	GND
NC	Não conectado
MISO	12
MOSI	11
SCK	13
SS 1 (ethernet shield)	10
SS 2 (RFID)	6

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 28 – Montagem de interação entre os módulos e Arduino.



Fonte: Elaborado pela autora.

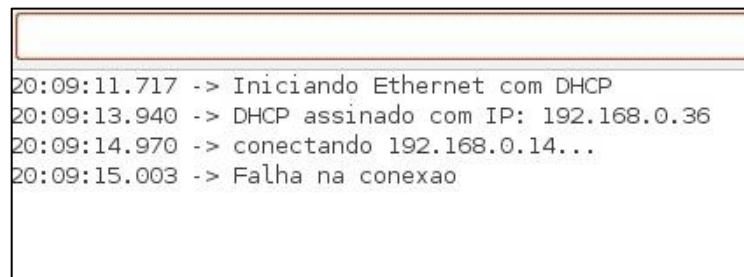
3.3 TESTES DOS MÓDULOS

Inicialmente, os módulos foram testados individualmente para verificar o funcionamento, para o desenvolvimento do módulo RFID foi criado um *sketch* para a inserção dos dados nas *tags*, no entanto esse procedimento não se aplica nesta proposta de projeto.

3.3.1 Teste do módulo Ethernet

Os testes do módulo *Ethernet Shield* foi apenas para validar a comunicação com o servidor, através do IP definido. Na figura 29 é mostrada a tentativa de comunicação com o servidor através de um endereço de IP.

Figura 29 – Comunicação com o servidor.



```

20:09:11.717 -> Iniciando Ethernet com DHCP
20:09:13.940 -> DHCP assinado com IP: 192.168.0.36
20:09:14.970 -> conectando 192.168.0.14...
20:09:15.003 -> Falha na conexao
  
```

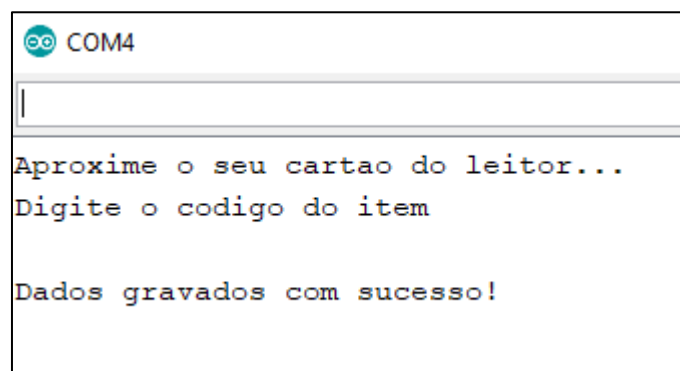
Fonte: Elaborado pela autora.

3.3.2 Testes do módulo RFID

O teste de módulo RFID foi dividido em duas partes: o cadastro das informações dos itens nas etiquetas RFID e a coleta das das informações com o Arduino.

O desenvolvimento do módulo RFID, como explicado, foi dividido em duas partes, dessa forma foi feito os testes para identificação das informações gravadas nas tag, o resultado dos testes do modo de gravação das etiquetas é mostrado a seguir, na Figura 30.

Figura 30 – Serial monitor durante modo gravação.



```

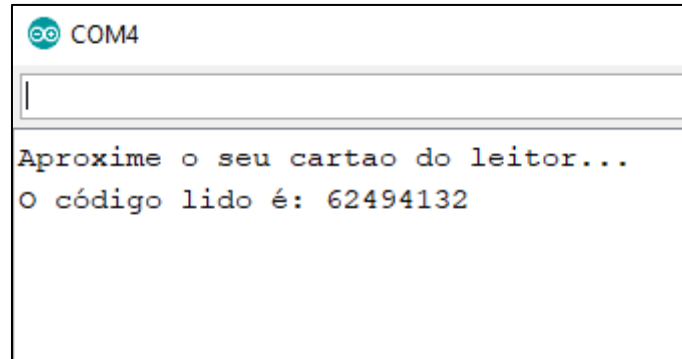
COM4
|
Aproxime o seu cartao do leitor...
Digite o codigo do item

Dados gravados com sucesso!
  
```

Fonte: Elaborado pela autora.

Após a gravação das informações nas etiquetas RFID, foi testada o armazenamento do código do item em uma variável, conforme visto na Figura 31.

Figura 31 – Teste de leitura da tag.



Fonte: Elaborado pela autora.

4 LEVANTAMENTO DE CUSTOS

Neste capítulo é mostrado o custo para a implementação desta proposta de projeto, bem como uma comparação com sistemas que possuem a mesma finalidade.

Para a implementação desta proposta de projeto, estão listados os materiais na tabela 5 com valores em setembro de 2019.

Tabela 5 – Custo de implementação.

Material Utilizado	Preço unitário (R\$)
Kit módulo RFID RC522	10,00
Arduino UNO	54,90
Ethernet Shield	59,90
Valor total	124,80

Fonte: Elaborado pela autora.

O desenvolvimento do software, modelagem e hospedagem do banco de dados, não possui custo, visto que foram escolhidas ferramentas *open-source*, visando tornar o dispositivo baixo custo.

Na tabela 6, é mostrado um comparativo com os sistemas disponíveis no mercado, pesquisados em novembro de 2019, para controle de inventário, no entanto, esses sistemas em mercado não possuem a atualização do inventário em tempo real de forma automática, por se tratar somente de um sistema necessitam de uma interação humana para o registro.

Tabela 6 – Comparação de valores.

Sistema	Preço (R\$)
Projeto proposto	124,8
Sage Start	100,00/mês
NEX	39,00/mês
Lexos	107,00/mês
MTG	229

Fonte: Elaborado pela autora.

5 RESULTADOS

O desenvolvimento deste projeto alcançou os resultados esperados e propostos pelo tema inicial escolhido.

O uso dos módulos RFID e do módulo de redes apresentou uma dificuldade no momento da criação do sketch. Para isso foi resolvido fazendo uma modificação nas pinagens do módulo RFID, tanto na conexão física com o Arduino UNO como na definição dos pinos no sketch.

A modelagem do banco de dados e o registro dos itens existentes no inventário foram realizados com sucesso. O cadastro das tags foi feito de forma paralela, sendo possível futuramente integrar para que o dispositivo também possa fazer o cadastro de novos produtos. Essa proposta de projeto tinha como objetivo possibilitar a monitoração e registro de entrada de matéria-prima na área de manufatura de uma indústria, visto que no processo atual todo o registro é feito de forma manual. A criação do site possibilita a gestão do banco de dados, o que permite que o próprio gerente da área possa acompanhar toda a entrada de itens, para o processo de manufatura, via web, conforme mostrado na Figura 30.

Figura 32 - Visualização página web.



Controle de Estoque		
Atualização		
Banco de dados		
RFID	DESCRIÇÃO	ESTOQUE
D61E3C1E	BOB ALUM 0,10X688,8MM	20
BC964FD3	DESENGRAXANTE PARCO CLEANER	100
A04807101	BOB PEDB TERM C/ARTE VE07/09	50
A04807201	BOB PEDB TERM C/ARTE VE12R	3
A12968401	BOB PEDB C/ARTE VE09 CORE	23
A12968501	BOB PEDB C/ARTE VE12 CORE	55

Fonte: Elaborado pela autora.

A página web foi desenvolvida para possibilitar a visualização em tempo real dos itens que entram para o processo de manufatura, onde o campo “Atualização” identifica o último item. O estoque também é mostrado em tempo real, o que possibilita melhor manipulação dos dados utilizados para os indicadores da área.

CONCLUSÃO

A elaboração deste projeto visou desenvolver um dispositivo para o controle em tempo real da movimentação de matéria-prima em um processo industrial além de automatizar a atividade de atualização do inventário. Foi aplicado conhecimento adquirido durante a graduação em diversas etapas do desenvolvimento bem como conhecimentos adquiridos durante a pesquisa.

Foram apresentados breves conceitos e explicações sobre Indústria 4.0 e tecnologias de aquisição de dados, o módulo RFID, a placa de prototipagem eletrônica Arduino, banco de dados e tecnologias com foco em indústria 4.0. A partir disto, o dispositivo foi desenvolvido utilizando linguagens de programação, como C, JavaScript e HTML.

A idéia foi desenvolver um dispositivo que possibilitasse o controle de entrada de materiais em um ambiente de manufatura industrial em tempo real, que fosse de baixo custo e fácil manipulação, visto que será usado em um ambiente de indústria, com a finalidade de reduzir os índices de divergência de consumo da área.

Sendo assim, foi idealizado um protótipo constituído de um leitor RFID, o microcontrolador Arduino e um módulo que possibilitasse acesso à rede, dado isso o custo para desenvolvimento do dispositivo gira em torno de 125 reais, sendo mais viável economicamente que os sistemas disponíveis no mercado, já que os mesmos são disponibilizados através de licença que devem ser renovadas em determinado prazo de tempo (mensal, semestral, anual).

Para trabalhos futuros, é importante notar o crescimento de projetos voltados para a indústria 4.0, espera-se que existam cada vez mais dispositivos conectados e estejam coletando informações e compartilhando entre si, tais como dados de produção para futuros planejamento de produção de uma forma mais eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Flávio. MEAN Full Stack JavaScript para aplicações web com MongoDB, Express, Angular e Node. Casa do Código, 2015.
- ANDRADE, Reinaldo. RFID na cadeia de suprimentos, 2012. Disponível em <<https://brasil.rfidjournal.com/artigos/vision?9890>>. Acesso em 17 de outubro de 2019.
- ARDUINO Company. Disponível em <www.arduino.cc>. Acesso em 06 de setembro de 2019.
- ARDUINO – ArduinoEthernetShield, 2018. Disponível em <<https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoEthernetShield>>. Acesso em 23 de outubro de 2019.
- ARGAWAL, Vivek. Assessing the benefits of Auto-ID Technology in the Consumer Goods Industry, 2001. Disponível em <http://cocoa.ethz.ch/downloads/2014/06/None_CAM-WH-003.pdf>. Acesso em 05 de maio de 2019.
- BANZI, M. Getting Started With Arduino. 1ª Edição. 2008.
- CUNHA, R. P. O Uso da Tecnologia RFId no Gerenciamento de uma Cadeia de Suprimentos. Dissertação (Bacharelado) — Engenharia da Computação, Faculdade de Engenharia de Sorocaba, Sorocaba, 2005.
- CURTO Circuito. Kit RFID – RC522. Disponível em <<https://www.curtocircuito.com.br/kit-rfid-rc522.html>>. Acesso em 28 de outubro de 2019.
- DBK, Concepts. History of the barcode scanner. Disponível em <<https://www.dbk.com/resources/barcode-scanner-history.html>>. Acesso em 06 de maio de 2019.
- ENTENDA o que AIDC e a sua importância para as empresas. Disponível em <<http://cabtec.com.br/aidc>> acesso em 05 de maio de 2019.
- EUROMONITOR INTERNATIONAL. Industry 4.0: the future impact of the fourth industrial revolution, 2016.
- FERREIRA, Marcela Maciel. CUGNASCA, Carlos Eduardo. Logística E RFID: Casos E Aplicações, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_stp_177_009_21843.pdf>. Acesso em 22 de outubro de 2019.

GREFF, P. de A. Especificação de um Sistema para Monitoramento de Atividades de Natação usando RFID. Dissertação (Tecnólogo) — Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Campus Sao José, São José - SC, outubro 2009.

GONÇALVES, Eduardo Correa. JSON Tutorial, 2012. Disponível em <<https://www.devmedia.com.br/json-tutorial/25275>>. Acesso em 10 de novembro de 2019.

HERMANN, Mario. PENTEK, Tobias. OTTO, Boris. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, 2015. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/307864150_Design_Principles_for_Industrie_40_Scenarios_A_Literature_Review>. Acesso em 28 de setembro de 2019.

LABORATÓRIO de Garagem. Tutorial: Comunicação SPI (Serial Peripheral Interface) com Arduino, 2012. Disponível em <<http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-comunica-o-spi-serial-peripheral-interface-com-arduino>>. Acesso em 15 de novembro de 2019.

LEANDRO, Leônidas. PC Sistemas investe R\$ 2,4 mi em centro de RFID para logística, 2011. Disponível em <<http://leonidasleandro.blogspot.com/2011/06/pc-sistemas-investe-r-24-mi-em-centro.html>>. Acesso em 04 de maio de 2019.

LÓSCIO, Bernadette Farias. OLIVEIRA, Hélio Rodrigues. PONTES, Jonas César de Sousa. NoSQL no desenvolvimento de aplicações Web colaborativas, 2011. Disponível em <https://www.addlabs.uff.br/sbcs_site/SBSC2011_NoSQL.pdf>. Acesso em 11 de novembro de 2019.

MERCADO Livre. 9 Kits Rfid Rc522 Leitor, Cartão E Tag (chaveiro) Arduino, 2018. Disponível em <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1011052375-9-kits-rfid-rc522-leitor-carto-e-tag-chaveiro-arduino-_JM>. Acesso em 21 de novembro de 2019.

MONARO, Renato Machado. Sistema de aquisição de dados para um relé de proteção digital de baixo custo. 2007.

MONGODB. What is MongoDB?, ?. Disponível em <<https://www.mongodb.com/what-is-mongodb>>. Acesso em 11 de novembro de 2019.

NASSAR, Victor. VIEIRA, Milton Luis Horn. A aplicação de RFID na logística: um estudo de caso do Sistema de Infraestrutura e Monitoramento de Cargas do Estado de Santa Catarina,

2014. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v21n3/v21n3a06.pdf>>. Acesso em 17 de outubro de 2019.

NIDEJELSKI, Daniel Machado. Projeto de um sistema de controle de combustíveis em tanques de armazenamento utilizando microcontrolador Arduíno, 2018.

PARSON Serviços em Tencologia, 2016. Disponível em <<http://parson.com.br/>>. Acesso em 12 e novembro de 2019.

POLITOWSKI, Cristiano. MARAN, Vinícius. Comparação de Performance entre PostgreSQL e MongoDB, 2014. Disponível em <<https://www.researchgate.net/publication/261871960>>. Acesso em 11 de novembro de 2019.

RAMAKRISHNAN, R. Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados, 3ª Edição, McGraw-Hill, 2008.

REI, Antonio Jorge Laranjeira. RFID Versus Código de Barras, da Produção À Grande Distribuição, 2010.

RFID: Soluções para Identificação Automática de Dados, 2018. Disponível em <<http://www.afixgraf.com.br/rfid/>>. Acesso em 12 de novembro de 2019.

SANTANA, S. R. M. Rfid - identificação por rádio frequência. In: WIRELESSBR. 2005. Disponível em: <<http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr>>. Acesso em 22 de outubro de 2019.

SANTOS, Carlos Augusto Nascimento. RESENDE, Felipe Pradera. Desenvolvimento de Interface USB e SPI Para Eletrocardiografo de Alta Resolução, 2009.

SANTOS, Juliano Cesar. Entendendo e Desmistificando o SQL, 2008. Disponível em <<https://www.devmedia.com.br/entendendo-a-linguagem-sql/7775>>. Acesso em 22 de outubro de 2019.

SCHWAB, Klaus. The Fourth Industrial Revolution, 2016.

SILVA, Marcely; BERTINO, Wendell. Código de Barras no Controle de Acesso e Serviços, 2012.

SILVA, Robson Marinho. FILHO, Diolino J. Santos. MIYAGI, Paulo. Modelagem De Sistema De Controle Da Indústria 4.0 Baseada Em Holon, Agente, Rede De Petri E Arquitetura Orientada A Serviços, 2015. Disponível em <<https://www.researchgate.net/publication/282292095>>. Acesso em 22 de outubro de 2019.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. O que é RFID. Disponível em <<https://www.citisystems.com.br/rfid>>. Acesso em 22 de outubro de 2019

SILVANUS, J. Udoka. Automated data capture techniques: a prerequisite for effective integrated manufacturing systems. Computers Ind. Engng, Great Britain. Pergamon Press, 1991.

STEFANELLO, André Luís. Utilização De RFID Na Identificação De Pessoas, 2013.

TEIXEIRA, Tiago. Controle de Fluxo de Pessoas Usando RFId. 2011. Monografia - Curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, Instituto Federal de Santa Catarina, São José, 2011.

TELES, Jonatha. Indústria 4.0 – Tudo que você precisa saber sobre a Quarta Revolução Industrial, ?.

TUDO sobre QR Codes. Disponível em <<https://www.noseqret.pt/tudo-sobre-qr-codes/>>. Acesso em 17 de maio de 2019.

VIDA de Sílício, Banco De Dados Mysql Com Arduino E Shield Ethernet W5100, 2017. Disponível em <<https://portal.vidadesilicio.com.br/banco-de-dados-mysql-arduino-shield-ethernet-w5100/>>. Acesso em 18 de novembro de 2019.

YANAI, Angela. OLIVEIRA, Meire Ramalho. SOUZA, Cláudia Daniele. O desenvolvimento da indústria 4.0: um estudo bibliométrico. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/326522412_O_desenvolvimento_da_industria_40_um_estudo_bibliometrico>. Acesso dia 26 de setembro de 2019.