

ANAIS
1^a EDIÇÃO

PUBLICA

PUBLICAÇÕES DOS
TRABALHOS DA
ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO

CRIATIVIDADE, INSPIRAÇÃO, PROATIVIDADE E INOVAÇÃO

INICIAÇÃO CIENTÍFICA



PUC Minas

Renata Umbelino Rêgo

Organizadora



Belo Horizonte

PUC Minas

2021

Renata Umbelino Rêgo
Organizadora da publicação e Coordenadora do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Orientadores:

Cláudio Dias Campos - Engenheiro de Controle e Automação. Possui mestrado (PUC Minas) e doutorado (UFMG) em Engenharia Elétrica. Em 2003 ingressou-se ao quadro de professores do Instituto Politécnico da PUC Minas (IPUC) e em 2013 ingressou-se ao quadro de professores da Escola de Engenharia da UFMG (DELT). Suas principais áreas de atuação são: Controle Robusto de Sistemas com Atraso; Sincronização de Sistemas Caóticos; Inteligência Computacional; Desenvolvimento de Sistemas Embarcados.

Jedson Alessandro Damasceno - Engenheiro e tem mestrado em engenharia eletrica, Pós-Graduado em Automação Industrial com MBA em Administração de Empresas, possui mais de 23 anos de experiência trabalhando com Tecnologias Industriais. Atua desenvolvendo soluções e projetos em vários segmentos industriais. Atualmente é Sócio/Diretor da TAGNA, liderando times multidisciplinares em iniciativas de Inovação e Tecnologia.

Renata Umbelino Rêgo - Engenheira de Controle e Automação, possui Mestrado e Doutorado em Engenharia Mecânica pela PUC Minas. É professora desde 2004, atuando nas areas de Automação, Controle e monitoramento de processos. É Coordenadora dos cursos de Graduação e Pos Graduação na area de Automação. Atuou com Assessora de Pesquisa e Pos graduação do Instituto Politecnico e como Engenheira e Consultora nas empresas Accenture, ATAN, Unitech e Alston.

Rose Mary Cocco Schuttenberg - Bacharel em Eng. Elétrica (1984) e especialista em Computação pela PUC Minas (1987). Mestre em Tecnologia pelo CEFET MG (1997). Professora da PUC Minas, desde 1984, e hoje atua nos cursos de Eng. Controle e Automação e Eng. de Energia. É Assessora Acadêmica dos Cursos de Engenharia e membro do Conselho de Ensino e Pesquisa da PUC Minas.

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

A532 Anais da PUBLICA [recurso eletrônico]: publicações dos trabalhos da Engenharia de Controle e Automação: criatividade, inspiração, proatividade e inovação / organizadora: Renata Umbelino Rêgo. Belo Horizonte: PUC Minas, 2021.

E-book (254 p.: il.)

ISBN: 978-65-88331-16-3

Orientadores: Cláudio Dias Campos, Jedson Alessandro Damasceno, Renata Umbelino Rêgo, Rose Mary Cocco Schuttenberg.

1. Automação. 2. Vibração. 3. Indústrias - Consumo de energia. 4. Sistemas de identificação por radiofrequência. 5. Arquitetura de computador. 6. Radiofrequência. 7. Projeto de sistemas. I. Rêgo, Renata Umbelino. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Curso de Engenharia de Controle e Automação. III. Título.

CDU: 621.396.44

Ficha catalográfica elaborada por Fernanda Paim Brito - CRB 6/2999

SUMÁRIO

Sistema de gestão de bens	7
<i>Alexandre Balbino Moreira, Gabriel Felipe Goncalves de Jesus, Renata Umbelino Rêgo</i>	
Sistema para pagamento integrado utilizando reconhecimento de imagem.....	23
<i>Ana Luiza Duarte Dias, Rogério Marques Junior, Renata Umbelino Rêgo</i>	
Gerenciamento de projeto: documentação e sistema de supervisão de uma planta didática	35
<i>Arthur Felipe Penha Siqueira, Kelvin Jardim da Silva, Renata Umbelino Rêgo</i>	
Gerenciador de consumo energético	47
<i>Brendha Zschaber Sampaio, Lucas Machado Pereira, Renata Umbelino Rêgo</i>	
Sistema automático para separação de produtos	65
<i>Douglas Mauricio Fonseca Lima, Thiago Ribeiro Castilho, Renata Umbelino Rêgo</i>	
Letra Braille: célula tátil didática	81
<i>Rafaela da Silva Castorino, Raquel de Souza Araújo Mendes, Cláudio Dias Campos</i>	
Sistema de reconhecimento de objetos por visão computacional.....	91
<i>Gabriel Gomes Nascimento, Thiago Sérvulo Guimarães, Renata Umbelino Rêgo</i>	
Inteligência artificial na manutenção preditiva de veículos automotores	101
<i>Carlos Alberto Bessa Castro, Victor Augusto da Costa Lopes Andrade, Renata Umbelino Rêgo</i>	
Sistema IOT de agilidade para embarque em ônibus	117
<i>Deangellis Césari de Oliveira Santiago, Renan Campos Araujo, Rose Mary Cocco Schuttenberg</i>	
Análise vibracional da coluna de direção automotiva através de gêmeos digitais	137
<i>Rafaela Avelino Moraes Reis, Douglas Henrique Silveira Andrade, Rose Mary Cocco Schuttenberg</i>	
Mão mecânica controlada por eletromiografia.....	147
<i>Guilherme Oliveira Laender, Lucas Minatelli Rezende, Renata Umbelino Rêgo</i>	
Aspersor inteligente	159
<i>Jadston Crisóstomo e Guedes, Lidiane Figueiredo da Silva, Rose Mary Cocco Schuttenberg</i>	

SmartCamera: sistema de segurança utilizando visão computacional e IOT	169
<i>Luiza Luiz da Silva, Rose Mary Cocco Schuttenberg</i>	
Sistema de supervisão e gerenciamento de uma subestação de energia elétrica	181
<i>Joa Paulo Pereira de Azevedo Magalhães, Thaís Dutra de Faria, Rose Mary Cocco Schuttenberg</i>	
Central de controle multimídia	189
<i>Henrique Assírio de Oliveira Bossi, Isabela Gambardella Bernardo, Rose Mary Cocco Schuttenberg</i>	
Sistema automático de coleta de dados de expedição e recebimento utilizando sistema RFID	207
<i>Estevão Leal, Vinícius Teixeira Gomes, Thiago Magno Soares Barbosa, Danilo Cesar Procópio, Paulo Vinicus Santos Brum, Lucas Machado Barbosa de Faria, Luiz Paulo Horta Torres, Jedson Alessandro Damasceno</i>	
Indústria 4.0, Sistema RFID: eficiente alternativa para rastreamento automatizado de veículos em pátios de agências locadoras	217
<i>Diego Augustus Senna, Eric Ranieri Queiroz, Deivison Ribeiro Morais, Eduardo Valadão Mello, Junio Ribeiro de Paula, Jedson Alessandro Damasceno</i>	
Gestão segura: sistema de gestão de segurança da informação para ambientes industriais	231
<i>Ana Paula Campos, Cristiano Ozório, Eduardo Maciel, Lorena Rosa, Jedson Alessandro Damasceno</i>	
Sistema de detecção de materiais não britáveis	245
<i>Daniel Sales Santos Machado, Guilherme Rosas Almeida Gomes, Gustavo Garcia Lima, Leonardo Susumu Ando, Mairon César de Souza Fernandes, Jedson Alessandro Damasceno</i>	

PUBLICA

PUBLICAÇÕES DOS
TRABALHOS DA
ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO

CRIATIVIDADE, INSPIRAÇÃO, PROATIVIDADE E INOVAÇÃO

GRADUAÇÃO



PUC Minas

Sistema de gestão de bens

Alexandre Balbino Moreira*
 Gabriel Felipe Goncalves de Jesus*
 Renata Umbelino Rêgo**

RESUMO

O trabalho consiste no desenvolvimento de um produto para o monitoramento da movimentação de bens. Contemplando a área de tecnologia da informação, o projeto envolve desde a montagem física – Hardware - até o desenvolvimento de uma plataforma virtual – Software - para gestão. Fundamentado na utilização de IOT, o projeto é composto pelas mais atualizadas tecnologias do mercado: RFID, Ethernet, Data Science e Comunicação em nuvem.

Palavras-chave: Monitoramento de bens. IOT. RFID. NodeMCU. C#. Angular. Amazon AWS. SQL Server.

1 INTRODUÇÃO

Vivemos em mundo conectado. Processos que antes demandavam burocracia em demasia estão sendo, de forma assustadoramente rápida, substituídos por processos automatizados. Nesse ritmo, as necessidades experimentadas precisam ser resolvidas de forma mais instantânea. Foi justamente essa perspectiva que deu ensejo ao projeto que se passa a apresentar.

Com o intuito de promover a diminuição do tempo com as burocracias relacionadas a movimentação de bens e de facilitar a localização de objetos, foi produzido o Sistema de Gestão de Bens (SGB). O objetivo é ele que possa ser utilizado tanto nos setores públicos quanto nos setores privados devido a sua versatilidade.

Além disso, buscou-se avaliar as melhores tecnologias em prol do monitoramento e rastreamento de bens, almejando-se a construção de um projeto físico e de uma plataforma virtual seguindo as melhores práticas.

Utilizado como conceito principal do projeto, a Internet das Coisas, do inglês, Internet of Things (IOT) estruturou o projeto.

A IOT é uma tecnologia usualmente utilizada em dispositivos por facilitar a comunicação entre objetos e plataformas virtuais. Em 2017, o número de dispositivos IOT superou o número total da população no planeta Terra. Em face do crescimento de sua utilização, a International Data Corporation (IDC) estima que em 2025 haverá 41,6 bilhões de dispositivos conectados à IoT, gerando 79,4 zettabytes (ZB) de dados.

2 INTERNET DAS COISAS

Segundo Santos (2017), a ela é uma extensão da Internet atual, proporcionando aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam) capacidade computacional e de comunicação com a Internet.

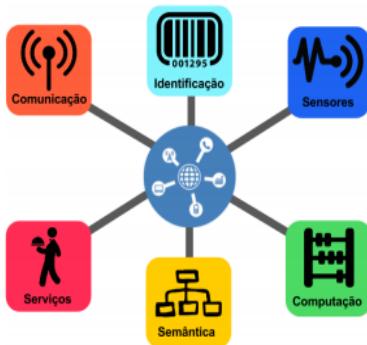
* Alunos do curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas.

A IOT subdivide-se em seis blocos principais, definidos da seguinte forma por Santos:

- a) Bloco de Identificação - é o bloco principal, ele permite a identificação de cada dispositivo. Assim, cada objeto desenvolvido deve possuir uma ID's (Identificação).
- b) Bloco de Sensores/Atuadores - promovem a interação da IoT com as variáveis controladas.
- c) Bloco de Comunicação – trata-se da rede que fará a comunicação entre os dispositivos.
- d) Bloco Computação – trata-se do hardware da aplicação. É o responsável por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes.
- e) Blocos de Serviços - Destacam-se os Serviços de Identificação, responsáveis por mapear Entidades Físicas (EF) (de interesse do usuário) em Entidades Virtuais (EV).
- f) Bloco da Semântica – trata-se da habilidade de extração de conhecimento dos objetos na IoT.

Figura 1 - Blocos Básicos IoT



Fonte: Santos (2017, p. 6).

O detalhamento da IOT se fez necessário na medida em que precisávamos definir o que seria desenvolvido no projeto. Possuir um dispositivo que comunica a realidade com o mundo virtual seria uma das principais ferramentas a serem produzidas. Assim, apresenta-se abaixo uma síntese sobre os componentes utilizados para a criação da ferramenta.

3 NODEMCU

O NodeMCU é uma placa de desenvolvimento de código aberto. O dispositivo se popularizou em 2014 impulsionado, principalmente, por seu concorrente e antecessor Arduino. A valorização do dispositivo se dá pelo baixo custo de produção, além da inclusão de protocolos de Ethernet e a alta versatilidade em suas funções.

Tal componente possui um processador de 32 bits, chamado ESP8266, que chega a operar a uma velocidade máxima de 160mhz. Sua memória tem um total de 160KB de RAM, sendo que nem tudo está disponível ao usuário. Apenas 64KBs são utilizados para instrução. Com um módulo de Wifi integrado, o processador permite a utilização de protocolos TCP/IP e WLAN MAC completos. Suportando operações em STA.

Por fim, o ESP8266 possui 17 pinos que podem assumir a configuração de E/S – entrada e saída do tipo bidirecional - ou GPIO - General Purpose Input/Output.

Figura 2 - Node MCU



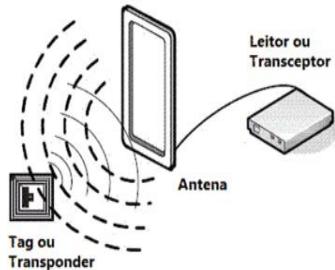
Fonte: Elaborado pelos autores.

4 RFID

Sigla para Identificação por Radiofrequência, a RFID pode ser definida como a tecnologia que utiliza a radiofrequência para a comunicação, visando transmitir dados de dispositivos móveis, permitindo a identificação da localização dos objetos.

No conjunto, a RFID é composta por dois componentes: as tags e o leitor. As tags possuem código de única identificação. No nosso projeto, serão utilizadas tags do tipo passivo, que adquire as energias necessárias dos leitores num alcance de até 15 metros;

Figura 3 - Conjunto RFID



Fonte: Mota (2012)

5 METODOLOGIA

Como descrito no resumo do artigo, foi definido em duas seções a metodologia de trabalho.

- Na primeira seção, a construção física do dispositivo, definida como Hardware;
- Na segunda seção, o desenvolvimento de uma plataforma virtual que possibilitasse a gestão dos dispositivos, definida como Software.

6 HARDWARE

Para a construção do hardware, o primeiro passo foi especificá-lo. Foi utilizada a tecnologia de identificação por Radio Frequência (RFID). Com essa tecnologia, possibilita-se a identificação de cada bem do Sistema de Gestão de Bens.

Com a premissa de que cada objeto tem sua Tag própria, ao entrar em contato com um leitor de Tags RFID, a identificação de cada objeto é instantânea. Como componente leitor de RFID, utilizou-se o módulo Mfrc522.

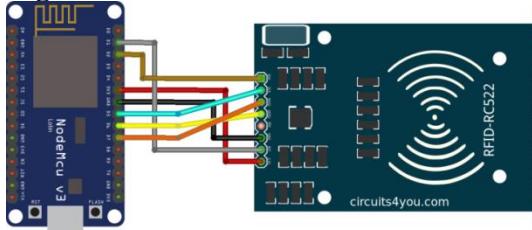
No entanto, em sua função individual, o módulo Mfrc522 apenas identifica a Tag. Assim há a necessidade de que esse leitor tenha um componente que o faça comunicar com um sistema virtual que a identificará.

Como intermédio entre o mundo real e o virtual, o componente NodeMCU foi escolhido para obter os dados do módulo Mfrc522, além de processá-los e transmiti-los para a plataforma

virtual. Tal peça foi escolhida devido ao seu baixo custo e sua facilidade em comunicar via rede.

A seguir, na Figura 4 representa-se as conexões feitas entre o Módulo Mfrc522 e o Módulo de Processamento NodeMcu.

Figura 4 - Conexão entre NodeMCU e Mfrc522



Fonte: RFID Reader MFRC522 interface with NodeMCU using Arduino IDE

Para maior detalhamento das conexões feitas, na Tabela 1 apresenta-se os pinos utilizados para a ligação entre o RFID e o NodeMcu.

Tabela 1 – Ligações dos Cabos entre leitor RFID e NodeMCU

RFID	NodeMCU
Pin 3.3V	PIN 3.3V
Pin RST	Pin D2
Pin GND	Pin GND
Pin MISO	Pin D6
Pin MOSI	Pin D7
Pin SCK	Pin D5
Pin SDA	Pin D4

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com as conexões feitas, é necessária a produção do código. Esse será capaz de permitir a leitura e o processamento dos dados. Nesta etapa, a dificuldade é amenizada com a utilização de bibliotecas produzidas com o intuito de facilitar a comunicação.

Como exemplo de bibliotecas que facilitam a comunicação, pode-se citar:

- a) A biblioteca MFRC522, que é necessária para a comunicação entre o módulo leitor de RFID e o NodeMCU.
- b) A biblioteca com protocolos Http e Tcp/Ip que envia os dados obtidos.

As Figuras 5 e 6 apresentam os fluxogramas de desenvolvimento do projeto. Tais fluxogramas representam o código em sua totalidade. Na figura 5, destaca-se as implementações necessárias para um código funcional. Essas implementações permitiram a utilização do módulo MFRC522, do leitor LCD e da rede Wireless conectada ao dispositivo.

Figura 5 – Fluxograma com as implementações para funcionamento do código

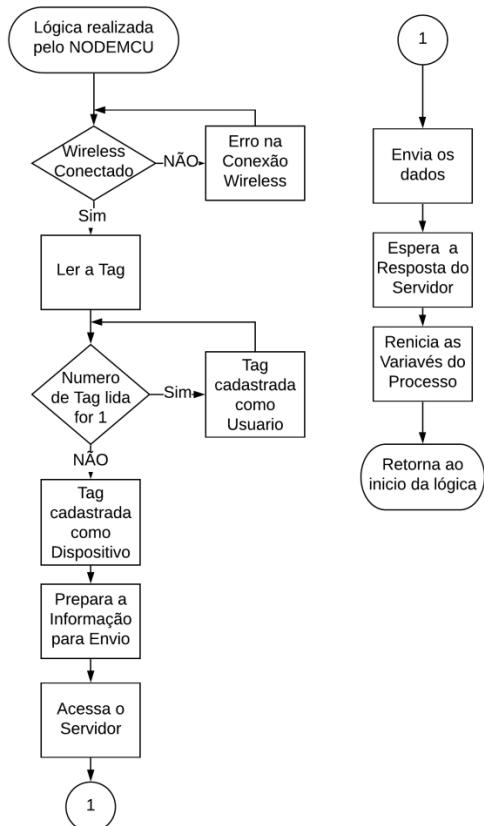


Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 6, é representada toda lógica funcional do projeto. Nesta parte, o fluxograma contém todos os passos realizados para o registro da movimentação de um bem dentro do servidor da plataforma.

O registro ocorre da seguinte forma: ao ser apresentada a tag do bem e do usuário ao hardware, tais informações serão processadas e enviadas como requisição ao servidor back end, ocorrendo o registro da movimentação e retornando o processo ao ponto inicial.

Figura 6 – Fluxograma do registro da movimentação de bens



Fonte: Elaborado pelos autores.

7 CONSTRUÇÃO DA PLATAFORMA VIRTUAL

Com o término da construção do hardware, a segunda etapa do projeto foi o desenvolvimento da interface WEB.

Nesta fase, a construção também foi seccionada. Ocorre que cada tecnologia envolvida na construção do projeto tinha determinada função de modo que foi necessária a utilização de um conjunto de tecnologias para a concepção final do produto.

Em síntese, necessitou-se de cinco tecnologias principais para possibilitar o desenvolvimento do software. Sendo elas: SQL Server, .Net Core/ C#, Angular, GIT e AWS.

7.1 Delimitação de funções

Com a utilização de tecnologias diferentes, o primeiro passo dado foi a delimitação das funções e limitações de cada tecnologia.

Para armazenar as informações das movimentações realizadas pelos bens, assim como informações de usuários e informações de configurações, foi utilizada a tecnologia do SQL Server.

O SQL Server permitiu de forma segura, e permanente, o armazenamento de dados. Nele, a ideia foi arquivar todas as informações que foram utilizadas no sistema, garantindo, assim, a confiabilidade das informações. Sua escolha foi devido a gratuidade da sua plataforma.

Com o armazenamento das informações já sendo feito, foi necessária a escolha de uma interface de programação de aplicações (API) para o processamento e transmissão das informações de forma simples para o usuário do sistema.

Conhecido como back end, ou a seção por trás da plataforma digital, a API escolhida fez a ligação entre os dados que vem do banco de dados e a interface WEB. Como linguagem de programação para tal camada, optamos pelo C#, produzida pela Microsoft.

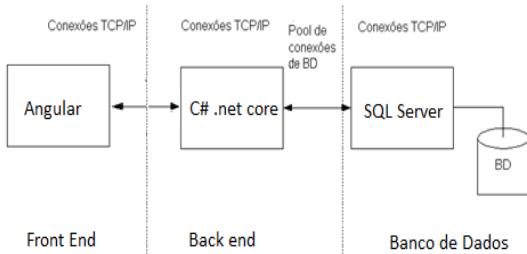
Por fim, foi preciso selecionar uma interface amigável com o usuário final. Chamada de front end, ela é responsável por gerar uma interface gráfica por meio de um código acessível a navegadores da Web.

Para o front end, optou-se pela linguagem Javascript. De tão bem segmentada e fundamentada, ela possui maneiras diferentes de ser implementada. Essas maneiras são conhecidas como frameworks, onde o Javascript correlaciona-se com linguagens estáticas como CSS e HTML, que provêm o layout da aplicação.

O framework utilizado foi o Angular. Produzido pela empresa Google, ele está entre os três mais populares framework's JavaScript.

Na Figura 7, segue a infraestrutura produzida.

Figura 7- Arquitetura do SGB



Fonte: Elaborado pelos autores.

As duas tecnologias restantes foram utilizadas no desenvolvimento da plataforma virtual. A primeira foi uma tecnologia de controle de versionamento de arquivos para garantir a segurança das informações e permitir o controle das versões apresentadas pelo sistema. O Controle de versionamento utilizado foi o GIT.

A última tecnologia foi capaz de promover o projeto à nuvem WEB. Com a Amazon Web Services, abreviada para AWS, foi possibilitada a publicação do sistema de forma simples, rápida e com custos ínfimos.

Após a definição das ferramentas que utilizamos, detalharemos abaixo alguns padrões que facilitaram o desenvolvimento do software.

7.2 Design patterns

Denominado de Design Patterns, o conceito tem como fim a eficiência no desenvolvimento. A padronização possibilita a reutilização de código e a legibilidade. Tal conceito propõe, em uma das suas diversas formas, a divisão em diretórios de arquivos que possuem as mesmas funcionalidades.

Para a criação do back end, destacaram-se quatro diretórios: Controllers, CasosUsos, Repositorio e Models.

- Controllers: Recebem as requisições provindas de protocolos HTTP do mundo externo. Através destas requisições serão feitas as lógicas pré-definidas dentro do sistema.
- CasosUso: Possuem as regras do sistema, tendo a capacidade de realizar cálculos e, se necessário, requisitar do repositório dados para fazer os cálculos.
- Repositorio: Atua exclusivamente consultando o banco de dados. É sua função criar, atualizar e buscar linhas na tabela.
- Models: Possui as classes que representam a realidade do sistema.

Cada diretório criado estabeleceu uma relação direta com cada tela criada no front end. Pensado no total de cinco telas acessíveis pelo menu, temos:

- Home sendo produzido no diretório Home;
- Monitoramento sendo produzido no diretório monitoramento;
- Os menus Área, Dispositivo e Usuário sendo produzidos nos diretórios de listagem e de criação.

Cada diretório apresenta um conjunto de arquivos que é provido pelo framework Angular, já mencionado no texto. Denominado de componente, os arquivos HTML e CSS são responsáveis pela parte visual e o TS pela lógica do componente.

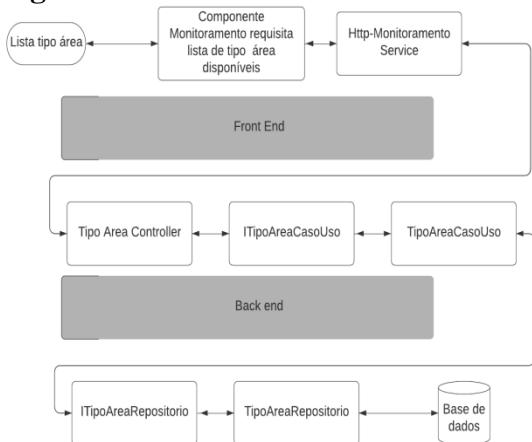
8 Fluxogramas do software

Com o objetivo de mapear os caminhos feitos pelo sistema foram produzidos fluxogramas para os CRUD's, que se tratam de um acrônimo da expressão Create (Criação), Read (Consulta), Update (Atualização) e Delete (Destrução). Normalmente, esses definem as operações básicas do sistema, podendo ser das seguintes formas:

- Fluxo de busca por entidade;

Este fluxo faz a busca por objetos no banco de dados e o traz para a finalidade desejada. Como apresentado na Figura 8, a interface web, quando necessita da lista de tipos de áreas, comunica-se ao back end que, por sua vez, se conectará ao banco de dados.

Figura 8 - Fluxo de Busca de Lista do Tipo Área

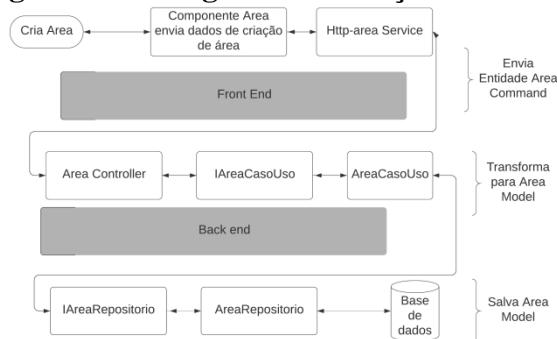


Fonte: Elaborado pelos autores.

- Fluxo de criação de entidade;

Já o fluxo de criação de entidade faz a inserção de uma linha, ou objeto, no banco de dados. A Figura 9 apresenta a criação duma área pela interface web. A diferença entre a busca e a criação se dá no tráfego de informações, que na criação fará o fluxo de ida da Interface web para o banco de dados, já a busca faz o fluxo de volta.

Figura 9 - Fluxograma de criação de Área

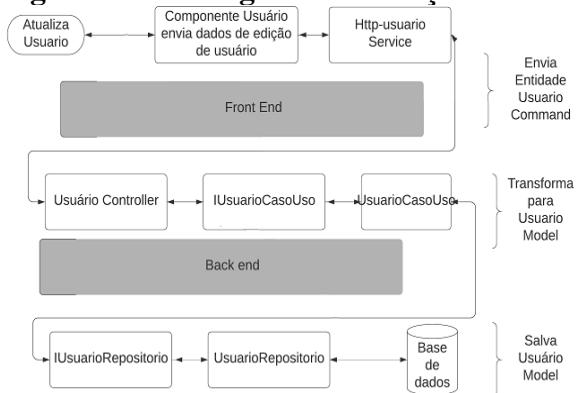


Fonte: Elaborado pelos autores.

c) Fluxo de atualização de entidade.

O fluxo de atualização é bem similar ao de criação, exceto pelo fato de que a inserção de linhas no banco é substituída pela atualização da linha já inserida. Na Figura 10, apresenta-se o fluxograma da edição de um usuário do sistema.

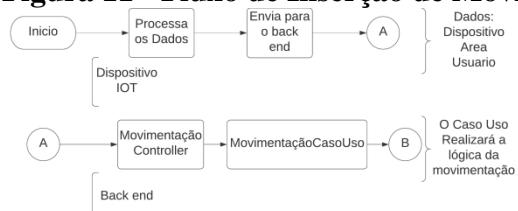
Figura 10 - Fluxograma de Edição de Usuário



Fonte: Elaborado pelos autores.

Além desses fluxos, apresenta-se o fluxo de inserção de movimentação. Tido como principal método, o fluxo de inserção de movimentação é utilizado pelo NodeMCU, no qual ao processar os dados de dispositivo e usuário, o módulo envia os dados para o back end da aplicação. A Figura 11 representa a chegada dos dados ao back end e o seu caminho pela API.

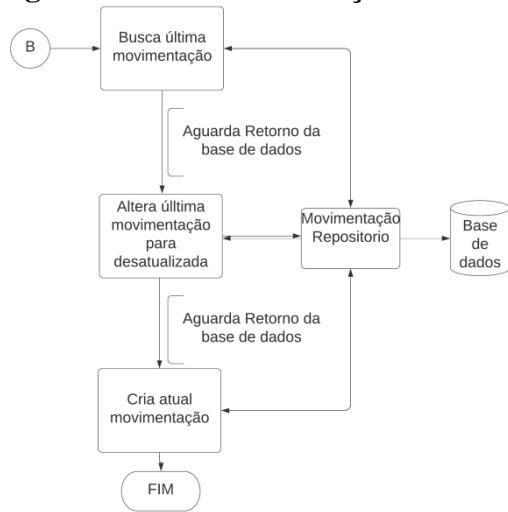
Figura 11 - Fluxo de Inserção de Movimentação – Parte 1



Fonte: Elaborado pelos autores.

Chegando ao arquivo “MovimentaçãoCasoUso”, este é responsável pela realização da lógica por traz da criação de uma nova movimentação das tags. Como apresentado na Figura 12, o arquivo “caso uso” fica responsável por desatualizar a última movimentação feita, além de informar ao banco de dados que está se criando uma nova movimentação.

Figura 12 - Fluxo de inserção de Movimentação - Parte 2



Fonte: Elaborado pelos autores.

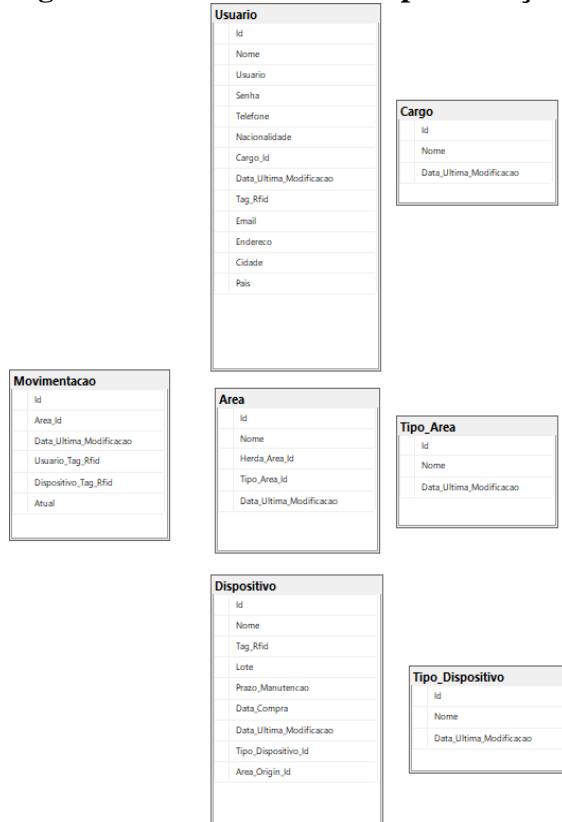
8.1 Desenvolvimento

Como uma produção em camadas, o primeiro passo para o desenvolvimento do projeto foi a definição de objetos para o funcionamento do sistema.

O princípio fundamental da Programação Orientada a Objetos define que um objeto é uma forma de representar a realidade. Denominado de abstração, tal representação permite a aproximação da aplicação virtual do mundo real. Após a identificação de cada objeto, caracterizam-se cada um deles, como por exemplo: O objeto “Dispositivo” tem sua “Tag RFID” e seu “Nome”.

O princípio apresentado é fundamental para toda a plataforma. Na Figura 13, seguem as construções das tabelas do banco de dados. Observa-se que cada objeto possui suas determinadas características.

Figura 13 - Tabelas com a representação do produto

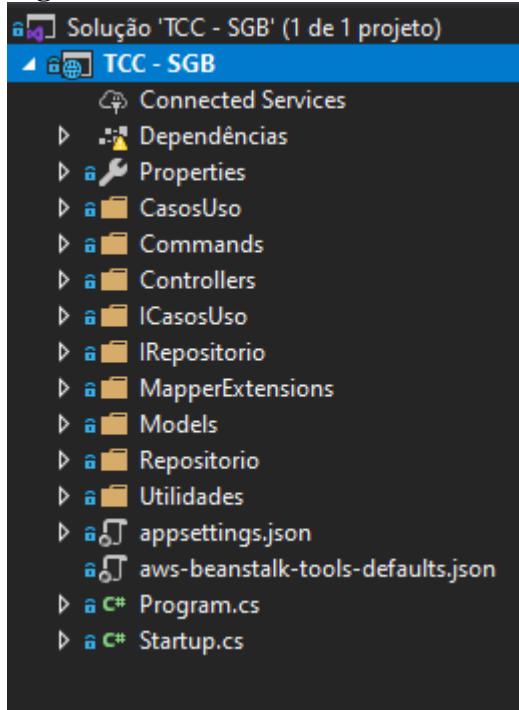


Fonte: Elaborado pelos autores.

Relacionados, estes objetos criam o ambiente do sistema.

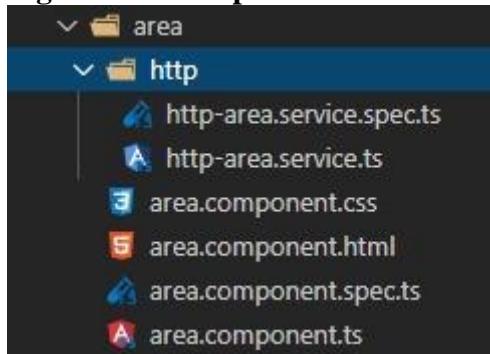
O próximo passo foi o desenvolvimento da camada back end que permitiu a interconexão entre o banco de dados e a interface com o usuário.

Divididos em diretórios, a criação do back end seguiu o padrão de design proposto na metodologia. A Figura 14 apresenta como foi a criação dos diretórios.

Figura 14 - Pastas do Sistema de Forma Padronizada

Fonte: Elaborado pelos autores.

No front end, a figura 15 apresenta a configuração do diretório Área. Tal configuração também seguiu o padrão proposto na Metodologia, com a divisão de arquivos por tela.

Figura 15 - Componente Área em Angular

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, o front end consubstanciou o resultado do projeto, sendo a interface amigável onde o usuário final pode estabelecer sua relação com o produto.

8.2 Resultados

A conexão entre o NodeMCU e a API da aplicação foi feita e armazenou corretamente os dados de usuário, dispositivo e área. O êxito foi comprovado pela utilização do sistema.

A tela inicial apresenta um gráfico de pizza com a porcentagem de movimentações principais feitas por área. Caso não ocorra nenhuma movimentação, o gráfico se mantém zerado. Na Figura 16, podemos observar a tela inicial da aplicação.

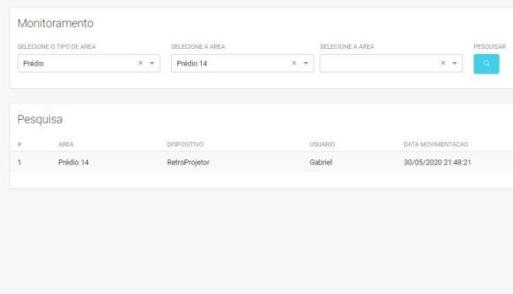
Figura 16 - Tela Inicial da Aplicação



Fonte: Elaborado pelos autores.

A tela de Monitoramento apresenta a pesquisa de dispositivos que estão atualmente em uma determinada área. Abaixo, na Figura 17, mostra-se pelos dispositivos cadastrados no Prédio 14.

Figura 17 - Tela de Monitoramento com Pesquisa por Área



Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram criadas também as telas de listagem de Usuários, Áreas e Dispositivos. Como podemos ver na Figura 18, essas telas apresentam um botão para criação e uma tabela com as principais características da entidade.

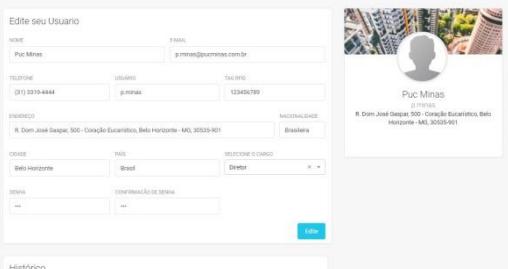
Figura 18 - Tela de Listagem de Usuários

Listar Usuários					
#	NAME	USUÁRIO	TELEFONE	CARGO	DATA MODIFICAÇÃO
1	Alexandre Ballano	ababilo	31 34734182	Dirutor	30/05/2020 15:43:55
2	Gabriel	grahnel	31178791	Dirutor	19/05/2020 20:09:41
3	Joála	joala junior	31 5454 8795	Dirutor	19/05/2020 20:09:41
4	Puc Minas	pucmine	(31) 3319-4444	Dirutor	30/05/2020 15:44:52

Fonte: Elaborado pelos autores.

Essas telas permitem a visualização dos dados armazenados no sistema. Na tela de listagem de usuários, representa-se de forma simplificada os dados de um usuário. Ao se clicar na linha da tabela referente a um usuário, apresentam-se informações adicionais que poderão ser alteradas. Na Figura 19, vemos essas informações.

Figura 19 - Tela de Informações de Usuário



Fonte: Elaborado pelos autores.

Essas telas com informações adicionais também se replicam para Áreas e Dispositivos.

9 CONCLUSÃO

O Artigo aqui desenvolvido permeou entre diferentes áreas do conhecimento de um engenheiro de Controle e Automação. Os objetivos pretendidos pela dupla para criação do produto foram alcançados, conseguimos avaliar as melhores tecnologias para o nosso projeto, especificamos e desenvolvemos com sucesso o hardware e o banco de dados, além de termos desenvolvidos o software com as melhores práticas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lucas, C. **Aplicações da tecnologia de identificação por rádio frequência-RFID**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia de Teleinformática) - Universidade Federal do Ceará, 2011. Disponível em:
http://www.cgeti.ufc.br/monografias/lucas_cavalcante_de_almeida.pdf . Acesso em: 14 out. 2019.

FRANÇA NETO, Zamith, Aplicação da tecnologia RFID para a gestão acadêmica, de pessoal e operacional de patrimônio e biblioteca. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, Rio de Janeiro, 2008. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, 2008. Disponível em:
https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br.spolm/files/081_1.pdf Acesso em:14 out. 2019.

MORAIS, Daniel. **Internet das coisas**: o que é Iot e os maiores exemplos de onde podemos encontrá-la. Belo Horizonte: Rockcontent, 9 ago. 2017. Disponível em:
<https://inteligencia.rockcontent.com/internet-das-coisas/>. Acesso em: 26 out. 2019.

OLIVEIRA, Ygor Henrique Soares de. **Etiquetas inteligentes RFID**: uma proposta de implantação em uma empresa de serviços logísticos e transporte. 2018. Monografia (Graduação em Administração) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2018. Disponível em:
<http://bib.pucminas.br:8080/pergumweb/vinculos/000031/000031f8.pdf>.Acesso em: 14 out. 2019.

OTÁVIO, Luis. **IOT**: exemplos de aplicativos bem-sucedidos. Ouro Preto: Usemobile, 07 jan. 2019. Disponível em: <https://usemobile.com.br/iot-9-exemplos-de-aplicativos/>. Acesso em: 26 out. 2019.

SANTOS, Bruno P. *et al.* **Internet das coisas:** da teoria à prática. Belo Horizonte: Departamento de Ciência da Computação da UFMG, 2017. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf> Acesso em 27 out. 2019.

SAUVÉ, Jacques Philippe. Padrão de camadas. In: SAUVÉ, Jacques Philippe. **Disciplinas ministradas pelo Prof. Jacques Sauvé.** Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2019? . Disponível em: <http://www.dsc.ufcg.edu.br/~jacques/cursos/map/html/arqu/camadas.html> . Acesso em: 12 nov. 2019

SOUTO, Mario. **O que é front-end e back-end?.** [S. l.]: Grupo Alura, 25 set. 2019. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/o-que-e-front-end-e-back-end> . Acesso em: 26 out. 2019

VIANA, Daniel. **O que é front-end e back-end?.** São Paulo: Treinaweb, 30 jan. 2017. Disponível em: <https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-e-front-end-e-back-end/> . Acesso em: 26 out. 2019

Sistema para pagamento integrado utilizando reconhecimento de imagem

Ana Luiza Duarte Dias*
 Rogério Marques Junior*
 Renata Umbelino Rêgo**

RESUMO

Este trabalho propõe implementar um produto que detecta e verifica a autenticidade da cédula e moeda brasileira para um sistema de pagamento integrado a um sistema de gestão. Dedicado as empresas que desejam maior segurança ao receber o pagamento, agilidade na devolução do troco e o histórico do caixa. Desenvolvido através do retreino da última camada do modelo inception, sendo possível, utilizar todo o conhecimento da rede e direcioná-lo ao uso para identificar notas e moedas. Obtivemos grau de confiança para classificação entre notas, moedas e objetos ~90%, na classificação de valor para moedas ~23%, para notas ~74%, e na classificação da verificação das mesmas de ~85%.

Palavras-chave: Sistema de pagamento. Sistema de gestão. Dinheiro. Detecção de cédulas e moedas. Visão computacional. Redes neurais convolucionais. Inception.

1 INTRODUÇÃO

Todo o comércio brasileiro possui um sistema de pagamento que depende de uma pessoa para ser operado e conta com a agilidade e honestidade. Mas todo ser humano está sempre sujeito a cometer erros que podem dar prejuízo ao estabelecimento e lesar o consumidor.

Principalmente em empresas pequenas, devido a falta de controle dos acessos, menor rigor nos processos e maior confiança em seus funcionários, furtos internos são mais intensos. Segundo o diretor de Segurança da Informação da Associação Brasileira de Segurança Orgânica (ABSO), pelo menos 5% dos funcionários furtariam o local de trabalho se tivesse oportunidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DE PERDAS, 2019). A vulnerabilidade dos caixas pelo fácil acesso, facilita o furto e isso ajuda a aumentar o prejuízo do estabelecimento.

Além disso, problemas com notas falsas também são frequentes, sendo um ponto de atenção para o operador do caixa. No relatório da Associação Brasileira de Prevenção de Perdas (ABRAPPE) sobre Comportamento das Perdas do Calendário de 2018, as perdas decorrentes de dinheiro falso apresentaram um índice de 0,37% sobre o faturamento líquido (TAUHATA, 2013).

O sistema de pagamento proposto reconhece a nota ou moeda, verifica se é falsa e calcula o troco de forma automática, dispensando a abertura do caixa para liberação do troco e para fazer o fechamento. Além disso gerencia e apresenta o histórico das ações feitas no caixa, isso aumenta a segurança do dinheiro do estabelecimento, visando evitar o erro humano na contagem do dinheiro em caixa e agilizar a realidade dos pagamentos.

2 OBJETIVOS

Desenvolver um sistema de pagamento, em notas e moedas brasileiras, a ser integrado a um sistema de gestão. Para o resultado proposto foi necessário fazer o reconhecimento das

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas.

notas e moedas, fazer testes de confiabilidade na identificação, desenvolver algoritmos para devolução do troco, desenvolver interface para o usuário e integrar ao sistema de gestão.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento foi importante o conhecimento de alguns termos e linguagens de programação.

Sistema de gestão: mais conhecido como ERP (Enterprise Resource Planning), planejamento de recursos da empresa, sistema que centraliza as informações financeiras e controla os recursos financeiros da empresa. Possui os registros do fluxo de caixa, reduz e padroniza os processos para facilitar o gerenciamento.

Característica das notas: as notas apresentam características que as diferenciam tais como dimensão, cor, tema e apresentam características comuns que são:

- a) Impressas em papel-moeda;
- b) A efígie ou figura da república;
- c) As legendas: “República Federativa do Brasil” e “Deus seja louvado” na frente e “Banco Central do Brasil” no verso;
- d) As assinaturas do ministro da fazenda e do presidente do Banco Central;
- e) Numeração única impressa duas vezes no verso, em azul e em vermelho, em tamanhos crescentes (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2009?).

Característica das moedas: cada moeda possui uma cor, tamanho e efígie diferente, que são usados na identificação e reconhecimento delas. As características não visuais, como peso, e materiais usados em sua composição, não foram consideradas no escopo desenvolvido.

Imagem: uma imagem é composta por pixels com formato retangular ou quadrada e possui valores diferentes de intensidade de cor em cada ponto.

Python, OpenCV, Numpy: é uma linguagem de programação de alto nível e orientada a objetos criada em 1990 (MILANI, 2010). Recomendada para o reconhecimento e tratamento de imagem, inteligência artificial e aprendizado de máquina por possuir bibliotecas nativas e suporte para outras bibliotecas que facilitam o desenvolvimento, dentre elas temos o openCV, biblioteca de código aberto utilizada em processamento em tempo real, análise de imagens e vídeos, reconhecimento facial, entre outros. Foi utilizado para capturar as imagens das notas. Durante o processo de classificação de imagens, foram feitas manipulações em matrizes, sendo as imagens matrizes de pixels e com isso usamos o Numpy, biblioteca que possui cálculos numéricos rápidos em vetores e matrizes multidimensionais.

Tensorflow: é uma biblioteca de código aberto criada pela Google e disponibilizado em 2005, muito utilizada para o aprendizado de máquina. É uma facilitadora para os treinamentos necessários para o reconhecimento do dinheiro.

InceptionV3: é uma rede neural convolucional (CNNs) com 48 camadas de profundidade treinada com a base imagenet (MATHWORKS, 2020), foi utilizada como referência, e para o projeto foi retrainado a última camada.

Html, Css, JavaScript: esse conjunto de tecnologias é usada para criação de páginas utilizando marcados HTML (tags) determinando qual elemento será inserido, fazendo uso do css para dar estilo, tamanho, cor e através do javascript definindo as reações as ações dos usuários.

PHP: é uma linguagem de programação de código aberto, orientada a objetos, interpretada pelo lado do servidor e utilizada no desenvolvimento Web. É com o PHP que foram feitas as interações da tela com o banco de dados (MILANI, 2010).

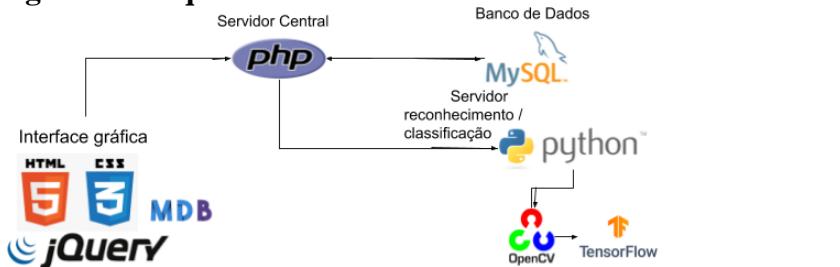
Banco de dados MySQL: é um sistema de gerenciamento de banco de dados de código aberto que utiliza a linguagem SQL (Structured Query Language), uma linguagem universal para consultar e fazer operações em banco de dados desenvolvida em 1995.

API: (Application Programming Interface) é um conjunto de aplicações que permitem a construção de uma interface inteligente, configurando um meio pelo qual dois sistemas se comunicam. De modo geral, a API possibilita integrar sistemas com diversas linguagens de programação sem necessidade de intervenção do usuário

4 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

O sistema desenvolvido é separado em blocos, Figura 1, seguindo a ordem de operação: interface gráfica, servidor central, banco de dados e/ou servidor de reconhecimento/classificação.

Figura 1 - Arquitetura do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Interface Gráfica: área em que são feitas as operações pelos usuários do sistema, fazendo abertura de caixa, fechamento de caixa e execução de pagamento, construído com as tecnologias web html, css, javascript.

Servidor Central: responsável por tratar as requisições pelo usuário na interface gráfica, seja fazendo consultas ao banco ou fazendo requisições ao servidor de classificação. Atua como a central da transição de informação.

Banco de Dados: responsável por armazenar as transações executadas pelo usuário ao abrir caixa, fechar caixa, fazer pagamentos e cadastro de produtos.

Servidor de classificação: responsável por fazer a captura de notas e moedas e validá-las através dos modelos.

5 METODOLOGIA

Seguindo o processo de compra iniciada pelo funcionário, Figura 2, é feito o registro dos produtos que serão pagos.

Figura 2 - Tela de pagamento

Código	Produto	Quantidade	Valor (R\$)	Total (R\$)	Excluir
6	Coxinha	- 1 +	3,00	3,00	X
8	Mate Couro 1L	- 1 +	5,00	5,00	X
3	Empada de Palmito	- 2 +	4,00	8,00	X

Total a pagar: R\$ 16,00
 Valor recebido: R\$ 0,00
 Troco: R\$ 0,00

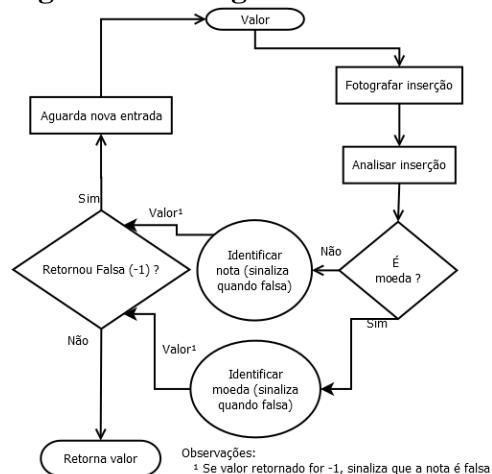
PAGAR

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os fluxogramas a seguir ilustram os caminhos percorridos pelo sistema feito e quais impactos teve no projeto, abaixo temos eles exemplificando o funcionamento do sistema desde a leitura e reconhecimento do dinheiro até a liberação do troco, facilitando a leitura e a visualização dele, indicados pelas estruturas ovais.

Ao executar a ordem de pagamento será iniciado o processo de pagamento, Figura 3, sendo essa a parte central do sistema implementada sendo necessário se fazer leituras de notas/moedas unitariamente inseridas no sistema visando obter a necessidade financeira imputada inicialmente, até que o valor desejado seja obtido, ou que o valor inserido seja maior que o requisitado, sendo necessário a liberação de troco.

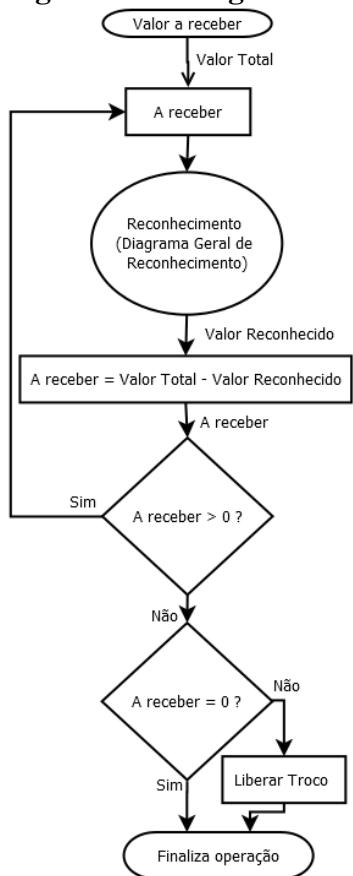
Figura 3 - Fluxograma de reconhecimento



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Durante as inserções financeiras necessárias para efetivar o pagamento foram feitas análises através do sistema de reconhecimento, Figura 4, que classifica a captura de imagem feita entre, moeda ou notas, e então classifica-a, caso mesma seja validada como verdadeira o valor dela.

Figura 4 - Fluxograma de recebimento



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

No desenvolvimento do sistema de reconhecimento foi feito o uso da linguagem de programação Python, no qual usamos para adaptarmos o modelo inception, através de uma massa de dados que foi levantada e catalogada com as notas e moedas fotografadas em diferentes exposições e estados de conservação (SHARMA, 2018). Tal premissa foi considerada, pois seria necessária uma massa de imagens grande, e adaptar a última camada do modelo se tornou mais viável.

Com isso foram feitos testes para mensurar o grau de confiança na classificação das notas e moedas durante o desenvolvimento.

O modelo inception faz uso da biblioteca tensorflow utilizada juntamente a linguagem python, foi necessário acrescentar ao modelo, originalmente com duas classes (notas, moeda), uma terceira classe de dados “objeto”, pois ao aplicar testes de desempenho ao modelo gerado, foram inseridas imagens comuns em notas, como a figura da Efigie presente em todas, Figura 5.

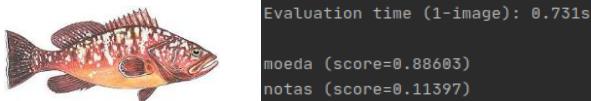
Figura 5 - Efigie e resultado de identificação



Fonte: Pierry (2019). **Gerado pelos autores (2020).**

A garoupa presente na nota 100, Figura 6.

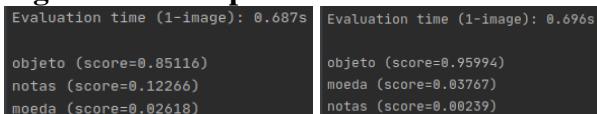
Figura 6 - Garoupa e resultado de identificação



Fonte: Garcia (2010). Gerado pelos autores (2020).

Nos resultados apresentados Figura 5 e 6, é possível ver que a Efigie teve 87% de grau de confiança (score) para nota e a garoupa 88% para moeda, mostrou-se a necessidade de ser fazer um filtro para evitar possíveis outras adições além de moedas e notas. Com isso, após a adição da terceira classe “objeto” adicionando variadas imagens a classe e retreinar o modelo. Obtivemos 85% objeto para efigie, 95% objeto para garoupa, figura 7.

Figura 7- Garoupa e resultado de identificação



Fonte: Gerado pelos autores (2020).

Já sendo possível classificar entre notas, moedas e objetos. Foi feito a padronização da área de leitura, figura 8.

Figura 8 - Plano de captura de imagem



Fonte: Gerado pelos autores (2020).

Além da adição de uma luz sendo projetada por baixo da área de leitura, o que possibilita a visualização das marcas d’água presentes nas notas, Figura 9, que auxiliam na classificação da validade dela e considerando os objetivos em se projetar o software por trás da máquina de troco utilizamos o openCV para a captura de imagem.

Figura 9 - Plano de captura de imagem



Fonte: Imagem capturada pelos autores (2020).

Através desses passos foram gerados modelos de identificação (descritos as classes identificadas por modelo e o número de imagens usadas para cada classe):

a) Moeda_Nota_Objeto

- Moeda: 212 imagens
- Nota: 543 imagens
- Objeto: 99 imagens

b) Moedas

- 05centavos: 56 imagens
- 10centavos: 32 imagens
- 25centavos: 25 imagens
- 50centavos: 68 imagens
- 1real: 31 imagens

c) Notas

- 002reais: 60 imagens
- 005reais: 103 imagens
- 010reais: 78 imagens
- 020reais: 120 imagens
- 050reais: 95 imagens
- 100reais: 87 imagens

d) verdadeiro_falso (foi retreinado um modelo individual para cada nota, totalizando para isso 6 modelos, número de imagens para classe falsa/ classe real)

- 002reais: 60 (falsa) | 20 (real)
- 005reais: 103 (falsa) | 66 (real)
- 010reais: 78 (falsa) | 22 (real)
- 020reais: 120 (falsa) | 23 (real)
- 050reais: 95 (falsa) | 21 (real)
- 100reais: 87 (falsa) | 25 (real)

Para os modelos retreinados, foram usadas as seguintes configurações:

- a) how_many_training_steps = 3500
 - número de iterações feitas
- b) learning_rate = 0.01
 - taxa de aprendizado
- c) testing_percentage = 20
 - percentual dos dados usado para teste
- d) train_batch_size = 60
 - percentual dos dados usado para o treinamento
- e) validation_batch_size=20
 - percentual dos dados para validação do treinamento
- f) flip_left_right = true
 - variar os dados invertendo-os da direita para a esquerda

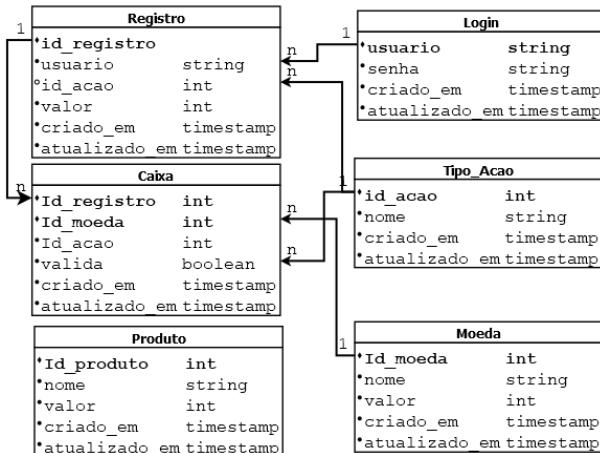
Então o processo de leitura, primeiro identifica se a leitura feita é de moeda ou nota ou objeto, sendo último retornando como erro de leitura, já que o mesmo não deveria ser inserido no sistema, caso moeda ou nota, os mesmos são passados por um modelo para moeda ou notas classificando o valor das mesmas e retornando o valor para o servidor php, em caso de nota, é passado antes pelo modelo verdadeiro_falso de acordo com a nota que classifica se verdadeira ou falsa.

Como o projeto foi dividido em duas partes para o desenvolvimento, o lado do cliente, que é o sistema de gestão, que compreende o contato direto com o usuário e o lado do servidor, responsável por tratar as informações que serão levadas ao cliente.

Tal fluxo de iteração entre a tela do sistema gestão que o operador fará e as ações anteriormente citadas, farão comunicação com o servidor desenvolvido em php, em que as requisições do cliente são direcionadas via api, conjunto urls, para ele. Sendo responsável por

fazer o tratamento da requisição e efetuando a busca e/ou inserção de informações no banco de dados, Figura 10, ou fazendo requisições ao serviço de identificação de notas e moedas.

Figura 10 - Banco de dados



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Sendo o banco o responsável por manter as informações aplicadas ao sistema, que permite as mesas serem requisitadas e tornando visíveis os registros, figura 11, das ações feitas no sistema.

Figura 11 - Histórico de ações

Usuário	Ação	Histórico	Valor (R\$)	Data e Hora
Ana Luiza	Fechou caixa	942,20		15/06/2020 11:53
Ana Luiza	Liberou troco	1,00		15/06/2020 11:52
Ana Luiza	Recebeu	25,00		15/06/2020 11:52
Ana Luiza	Liberou troco	6,00		15/06/2020 11:51
Ana Luiza	Recebeu	40,00		15/06/2020 11:51
Ana Luiza	Abriu caixa	884,20		14/06/2020 22:11

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Com os modelos de identificação gerados podemos seguir as camadas do reconhecimento, classificando a classe da imagem capturada, figura 12, para a nota de cem a mesma obteve 96% de grau de confiança que ela é uma nota.

Figura 12 - Cem reais e classificação obtida



Fonte: BCB (2009?). Gerado pelos autores (2020).

Posteriormente ela obteve 82% de grau de confiança que é uma nota de cem, figura 13.

Figura 13 - Cem reais e classificação obtida



Fonte: BCB (2009?). Gerado pelos autores (2020).

Sendo na última camada determinada a validade ou não, usando a projeção de luz, e o plano de captura, obtivemos 62% de certeza que a nota de cem é verdadeira, figura 14.

Figura 14 - Cem reais e classificação obtida

real (score=0.62031)
falsa (score=0.37969)

Fonte: Gerado pelos autores (2020).

6 RESULTADOS

Em termos funcionais, o sistema de gestão atendeu as expectativas em possibilitar pagamentos, aberturas e fechamentos de caixa, sendo possível acompanhar a partir de um histórico as ações efetuadas, quem efetuou as ações e quais foram. Em específicos, seguem as tabelas, com o resultado para os modelos, considerando que para notas e moedas a classe e grau de confiança dado é em relação a uma média de 4 imagens:

Tabela 1 - Nota, moedas, objetos

Imagen	Classe	Grau de confiança
Tampa	Objeto	0,9968
Flores	Objeto	0,8624
Onça	Objeto	0,7549
5centavos	Moedas	0,4224
10centavos	Moedas	0,7715
25centavos	Moedas	0,9998
50centavos	Moedas	0,3504
1real	Notas	0,4392
2reais	Notas	0,9946
5reais	Notas	0,9979
10reais	Notas	0,9998
20reais	Notas	0,9988
50reais	Notas	0,9993
100reais	Notas	0,9980

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Considerando o fluxo de leitura é possível validar o próximo passo, que é partindo da classificação dada entre, moedas, notas e objetos, considerando o grau de confiança de ~90% médio entre as leituras, podemos direcionar o dado ao modelo seguinte.

Tabela 2 - Moedas

Imagen	Classe	Grau de confiança
5centavos	5centavos	0,1638
10centavos	10centavos	0,1652
25centavos	25centavos	0,7911
50centavos	50centavos	0,4650
1real	1real	0,2394

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Com os resultados obtidos, fica claro a deficiência no sistema em relação a identificação de moedas, já esperado considerando que não seriam validadas.

Tabela 3 - Notas

Imagen	Classe	Grau de confiança
2reais	2reais	0,4262
5reais	5reais	0,7687
10reais	10reais	0,7072
20reais	20reais	0,6650
50reais	50reais	0,8926
100reais	100reais	0,9594

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

As notas com um grau de confiança de ~74% validam as expectativas perante o sistema de classificar, com ressalva para nota de 2 reais, com um grau de confiança baixo e que necessita de futuras melhorias.

Tabela 4 - Notas Verdadeira e Falsa

Imagen	Classe	Grau de confiança
2reais.jpg	Falsa	0,9981
2reaisluz.jpg	Real	0,4780
5reais.jpg	Falsa	0,9907
5reaisluz.jpg	Real	0,9515
10reais.jpg	Falsa	0,9968
10reaisluz.jpg	Real	0,9490
20reais.jpg	Falsa	0,9988
20reaisluz.jpg	Real	0,7276
50reais.jpg	Falsa	0,9987
50reaisluz.jpg	Real	0,9721
100reais.jpg	Falsa	0,5592
100reaisluz.jpg	Real	0,5830

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao verificar a veracidade delas, com grau de confiança de 95% ao identificar falsas e 77% para verdadeiras.

7 CONCLUSÕES

O trabalho buscou solucionar o problema do comércio principalmente dos pequenos estabelecimentos. O intuito foi melhorar o sistema de pagamento com o reconhecimento e verificação da veracidade do dinheiro e devolução do troco de forma automática e com gerenciamento, aumentando a segurança das transações. Aumentando a segurança das transações, diminuindo o furto interno e agilizando o pagamento sem necessidade de abertura do caixa.

O ganho de agilidade não foi atingido considerando que cada leitura feita percorre 3 modelos, e o tempo de resposta de cada é ~0.7 segundos, 2.1 segundos para cada inserção. Para cada nota inserida esse valor é multiplicado, um pagamento com 10 notas, chegaria ao patamar de 21 segundos somente para inserção do valor a ser pago. Fazendo-se necessário melhorias buscando reduzir esse tempo.

Muitos desafios foram vencidos, como a possibilidade de fazer uso de visão computacional para classificação com grau de confiança com grau de confiança de ~90% e validação das notas em ~85% o que nos abre uma janela de oportunidades para os benefícios que podem ser obtidos ao fazer a implementação no comércio. Com a implementação do sistema, será possível recolher um maior volume e variado de notas e moedas, podendo ser usado para melhorar a confiança dele, tornando-o mais robusto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DE PERDAS. Pesquisa ABRAPPE de perdas no varejo brasileiro: resultados 2019. São Paulo: ABRAPPE, 2019. Disponível em: http://www.abrappe.com.br/wp-content/uploads/2019/06/EY_Pesquisa_Abrappe_2019.pdf. Acesso em 10 abr. 2020.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Segunda família do real: cartilha de treinamento. Brasília: BCB, 2009?. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/novasnotas/assets/downloads/material-apoio/2e5/Cartilha.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2020.

GARCIA, Alexandre. Exemplar da garoupa-verdadeira (*Mycterooperca marginata*) (cerca de 40 cm) capturado nos molhes da Barra de Rio Grande, RS. [S. l.]: ResearchGate, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/figura-1-exemplar-da-garoupa-verdadeira-mycterooperca-marginata-cerca-de-40-cm_fig1_283344132. Acesso em: 13 abr. 2020.

KOSTIN, Sérgio; ROJAS, Alexandre. Introdução a programação com Python. São Paulo: Ciência Moderna, 2018.

MATHWORKS. InceptionV3. United States: MathWorks, 2020. Disponível: <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/inceptionv3.html>. Acesso em: 17 abr. 2020.

MILANI, André. Construindo aplicações web com PHP e MySQL. São Paulo: Novatec, 2010.

PIERRY, Plínio. **Como seria a efígie da república se fosse uma pessoa?** Collectgram, 2019. <https://collectgram.com/blog/como-seria-a-efigie-da-republica-se-fosse-uma-pessoa/>. Acesso em: 13 abr. 2020.

SHARMA, Sagar. **Train inception with custom images on CPU.** Canada: Towards Data Science, 2018. Disponível em: <https://towardsdatascience.com/training-inception-with-tensorflow-on-custom-images-using-cpu-8ecd91595f26>. Acessado em 16 abr. 2020.

TAUHATA, Sérgio. Como evitar roubos por funcionários. **Pequenas Empresas, Grandes Negócios**, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:
<http://revistapegn.globo.com/Revista/Common/0,,EMI131064-17157,00-COMO+EVITAR+ROUBOS+POR+FUNCIONARIOS.html>. Acessado em: 10 abr. 2020.

Gerenciamento de projeto: documentação e sistema de supervisão de uma planta didática

Arthur Felipe Penha Siqueira*

Kelvin Jardim da Silva*

Renata Umbelino Rêgo**

RESUMO

Realização de um estudo em uma planta didática de mistura, com foco em gerenciamento e boas práticas de projeto, de modo a demonstrar os passos que um engenheiro de controle e automação deve seguir na fase de projeto básico e detalhado desde a execução de documentos até o desenvolvimento de uma interface gráfica capaz de acompanhar as informações do modelo. Utilização de conceitos da plataforma BIM (Building Information Modeling) para design 3D e gestão de documentos.

Palavras-chave: Documentação. Gestão. Projetos. Planta didática. BIM.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, o gerenciamento de projeto teve um papel importante na evolução da sociedade. Tal gerenciamento é anterior à construção das pirâmides do Antigo Egito (3500 anos A.C), que já sofria com obstáculos de planejamento, principalmente levando em consideração a força de trabalho e as longas décadas necessárias para conclusão da construção das grandes pirâmides (GANTT, 2016).

No século XIX, durante a Primeira Revolução Industrial, os projetos de engenharia tinham um cunho artístico, mas que demandavam grandes espaços para alocar trabalhadores, produtos e maquinários. Entretanto, as ferramentas para projetos de engenharia permaneceram praticamente as mesmas. No século seguinte, Frederick Taylor, durante a Segunda Revolução Industrial, quebrou paradigmas e trouxe o conceito de ramificar o processo industrial em tarefas menores a fim de melhorar a produtividade. A partir daí, novas tecnologias deram início à produção em massa, o que garantiu maior controle de gerenciamento por parte dos gestores de projeto.

A terceira Revolução Industrial introduziu os computadores, a internet e práticas avançadas de gestão. Portanto, mais adiante, iniciativas relacionadas ao gerenciamento de projetos passaram a ser ferramentas estratégicas nas grandes empresas e aliadas à parte técnica de engenharia das grandes corporações puderam alavancar o crescimento tecnológico mundial.

De acordo com o Project Management Institute (PMI, 2012), o gerenciamento de projetos pode ser definido como “a aplicação de conhecimento, de habilidades, de ferramentas e técnicas a uma ampla gama de atividades para atender aos requisitos de um determinado projeto”.

No entanto ainda existem empresas resistentes à evolução e à importância de um bom gerenciamento de projeto, como pode ser visto na pesquisa de Xavier (2014) onde fica explícito que os projetos no Brasil eram pouco acompanhados, tanto em seu avanço como em seu custo e prazo, ocasionando alterações em seu custo de cerca de 25%. Com tudo isso, torna-se ainda mais evidente quando esta mesma pesquisa aponta que 40% dos projetos atingem uma variação de mais de 25% em seu custo com relação ao valor estimado.

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas.

Portanto, nesse trabalho de conclusão de curso será apresentado a importância de um bom gerenciamento de projeto através de uma planta didática que simula um processo industrial real. A partir do levantamento de dados, definição de escopo, custo e tempo, será proposto a implementação de um “retrofit” que atenda aos dados de processo da planta aliada a um sistema de supervisão.

A documentação a ser desenvolvida neste gerenciamento de projeto auxiliará as futuras equipes de operação e manutenção, assim como as equipes de engenharia que buscarem realizar melhorias na planta, e serão confeccionadas utilizando conceitos da plataforma Building Information Modeling (BIM).

Essa plataforma é constituída por um conjunto de softwares os quais visam aprimorar o gerenciamento de projetos permitindo que as diversas engenharias possam operar de modo multidisciplinar garantindo que uma massa de dados seja obtida para aprimoramento de futuros trabalhos.

Sendo assim, podemos considerar que o BIM se divide basicamente em duas grandes áreas: Design e Docs.

O BIM Design é a plataforma utilizada para a criação de modelo tridimensional, que tem por finalidade visualizar o projeto construído com base na solução de engenharia adotada. Este modelo é alimentado com uma base de dados, também conhecido como atributos, de modo que todos os objetos dentro do ambiente 3D possuam inteligência e sejam capazes de fornecer informações que nos ajudem a montar as documentações.

Já o BIM Docs é um ambiente onde é possível criar, armazenar, visualizar e gerenciar toda a documentação do projeto através da nuvem. Logo, todos os documentos que foram confeccionados com base no modelo 3D apresentado foram armazenados na nuvem, de modo a controlar o fluxo de revisões e atualizações.

Esse tipo de procedimento pode ser aplicado para todas as fases de planejamento visto que um projeto de engenharia se divide em 3 etapas: conceitual, básico e detalhado.

Para a primeira etapa decide-se, conceitualmente, o escopo do projeto, de modo a comparar as opções e definir, através do resultado da avaliação econômico-financeiro de cada opção, qual será encaminhada à fase seguinte.

A etapa seguinte visa estudar o projeto e a solução técnica de modo a analisar a viabilidade do mesmo fazendo cotações e averiguação de disponibilidade de demanda por parte do mercado.

Por fim, a última fase busca refinar a solução de engenharia adotada de modo que os documentos realizados ao serem aprovados ganham cunho de habilitação à construção.

A partir daí, passando por todas as etapas de projeto, a planta didática em estudo será parametrizada conforme os documentos, permitindo o desenvolvimento de um sistema de supervisão no qual as telas possibilitam uma navegação ao usuário de maneira que ele tenha acesso a informação de toda a instrumentação presente na planta, além de um controle remoto, garantindo uma visão geral do processo.

2 DESENVOLVIMENTO

A primeira fase do desenvolvimento de um projeto é denominada Projeto básico e nesse projeto tomou-se como referência a metodologia Front End Loading (FEL 3) de modo que se pudesse fazer toda a documentação de acordo com o especificado nessa metodologia (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2012).

Portanto, foram desenvolvidos documentos que dessem embasamento para que o projeto final fosse bem estruturado, garantindo que a construção fosse bem implementada.

Cada um desses documentos segue uma hierarquia de execução que deve ser respeitada. Logo, os documentos realizados para essa primeira fase de projeto são:

- a) Critério de Projeto;
- b) Fluxograma de Processo (PFD);
- c) Fluxograma de Engenharia (P&ID);
- d) Lista de Equipamentos;
- e) Lista de Instrumentos;
- f) Folha de Dados dos Instrumentos;
- g) Planilha de Quantidades;
- h) Diagrama de Configuração;
- i) Estimativa de Pontos de E/S.

Figura 1- Hierarquia de documentos projeto básico



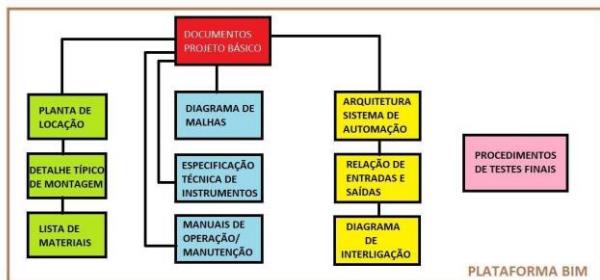
Fonte: Elaborado pelos autores.

Os documentos do projeto básico tem como principal função avaliar se o projeto está aliado às soluções de engenharia adotadas, se o projeto é viável financeiramente e se há disponibilidade de demanda por parte do mercado para atender essas necessidades.

A partir daí, caso a primeira fase do projeto seja aprovada, inicia-se a fase do projeto detalhado que tem como objetivo principal formalizar a solução de engenharia adotada em etapas iniciais, de modo que ao final se obtenham documentos que possibilitem a construção e implementação do que está sendo projetado.

Assim como projeto básico, a documentação de projeto detalhado segue uma hierarquia de dependência entre os documentos, que deve ser respeitada de modo que as informações internas aos mesmos possam estar coerentes e concisas. Partindo do princípio que toda a documentação da etapa anterior foi aprovada e que a tomaremos como referência para a finalização do projeto, devemos seguir esse grau de subordinação entre os documentos.

Figura 2 - Hierarquia de documentos projeto detalhado



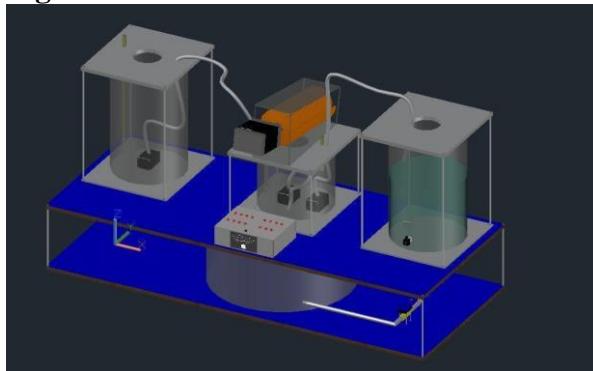
Fonte: Elaborado pelos autores.

A plataforma BIM, a qual se tornou referência para criação de modelos tridimensionais e gerenciamento de documentação, é representada na figura 2 de modo a criar um ambiente que engloba tanto a documentação técnica quanto os modelos de visualização 3D.

Através do modelo inteligente é possível parametrizar a quantidade de materiais a serem utilizados, onde os instrumentos serão locados no momento da construção, como serão instalados dentre outras coisas.

A figura 3 representa o modelo tridimensional da planta didática de mistura desenvolvido no BIM Design.

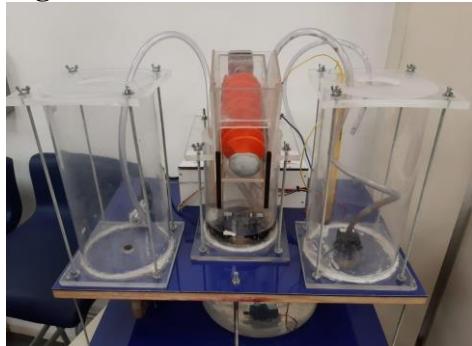
Figura 3 - Modelo 3D – Vista Isométrica



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao compararmos visualmente o modelo tridimensional com a foto da Planta Real construída apresentada na figura 4, pode-se perceber o valor o qual o BIM Design agrega em um desenvolvimento de projeto de modo a visualizar como a planta será construída no futuro.

Figura 4 - Foto da Planta Real construída



Fonte: Elaborado pelos autores.

3 ESTUDO DE CASO

Para aplicação dos conceitos estudados nesse trabalho, foi desenvolvido um estudo de caso em um planta de mistura para a qual será desenvolvida a documentação de projeto, a programação e supervisão do processo.

Conforme critério de projeto e o descritivo funcional, o processo de mistura desta planta inicia-se com o operador selecionando o sentido de giro do Motor de Sólidos, inserindo o produto de mistura no armazenador. Então, se a chave de nível baixo do tanque principal não estiver ativa, um alarme de nível baixo é ativado e permanece assim até que o tanque seja abastecido. Logo, quando a chave de nível baixo comutar, o alarme de nível baixo desse tanque é silenciado (se estiver ligado ou funcionando). Em seguida, é verificada a situação do nível do tanque secundário e, caso a sua chave de nível baixo não estiver ativada, um alarme é acionado, fazendo com que a bomba do tanque principal opere durante um tempo pré-programado, verificando sempre a situação do nível do primeiro tanque.

Após o tempo previamente estabelecido, é verificado se a chave de nível alto do terceiro tanque está ativa, caso não esteja, a bomba do segundo tanque é acionada e permanece assim até que a chave de nível alto atue. Assim que a chave de nível alto comutar, o motor de sólidos é ligado por um tempo escolhido e, posteriormente, o misturador é acionado por mais um tempo, anteriormente determinado, e ao final deste, um alarme de mistura pronta é finalmente ativado.

Então é verificado o nível do último tanque. É importante ressaltar que o bombeamento da mistura do tanque 03 para o tanque 04 somente ocorrerá se o nível medido neste último somado a quantidade de mistura produzida no ciclo estiver abaixo do seu limite de segurança, caso esse valor ultrapasse tal limite, um alarme de mistura acima do permitido é ativado e permanecerá assim até que o tanque 04 atenda às condições do recebimento da mistura realizada.

A bomba presente no tanque 03 é a responsável por realizar o bombeamento da mistura do mesmo para o tanque 04 e continuará ligada até que a chave de nível baixo do terceiro tanque comute, silenciando o alarme de mistura pronta.

Uma válvula permite o controle da vazão do último tanque e através deste, é feito o seu controle de nível. Os dados coletados permitem uma análise do nível de mistura produzido, ao final do processo de mistura, onde se tem a opção de executar novamente ou não o processo.

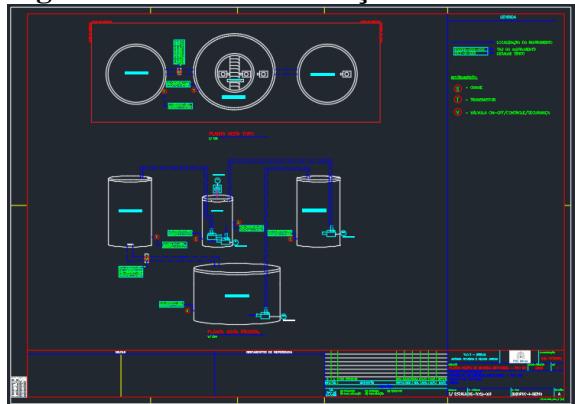
Sabendo o processo operacional da planta, a criação dos documentos seguiu a hierarquia de documentação conforme figura 2, de modo que ao final, pudéssemos colocar a solução de engenharia para testes, sendo eles:

Planta de Locação: É o desenho técnico, feito em AutoCad, com o objetivo de mostrar onde os instrumentos serão locados na planta.

A partir desse desenho é possível estimar a altura e, consequentemente, a elevação desses instrumentos, de modo a visualizar o melhor local de instalação desses dispositivos nos equipamentos mecânicos.

A figura 5 representa a planta de locação, e para desenvolvê-la é necessário analisar vários documentos do projeto básico, sendo o principal o Piping and Instrumentation Diagram/Drawing (P&ID) o qual é um diagrama bastante utilizado em processos industriais que exibe tubulações de determinados equipamentos bem como a simbologia da instrumentação amparada pela norma ISA 5.1. É nesse momento que o projetista deve fazer perguntas para os setores de operação e manutenção para que a locação dos instrumentos possa facilitar o trabalho desses profissionais no dia a dia, e ainda assim, garantindo que todas as normas sejam atendidas e preservadas.

Figura 5 - Planta de Locação



Fonte: Elaborado pelos autores.

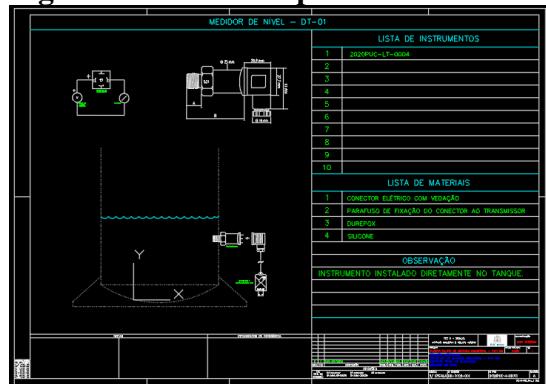
Detalhe Típico de Montagem: Com a planta de locação em mãos é possível determinar o modo como esses instrumentos, os quais previamente já tiveram sua localidade definida em planta, serão instalados.

Para isso surge o detalhe típico de montagem que mostra como os instrumentos devem ser instalados e quais os materiais necessários para que essa montagem aconteça.

O tipo de montagem preliminar é decidido no modelo 3D e, caso o detalhe típico mostre algo diferente do previsto, o desenho tridimensional deverá ser atualizado.

Na figura 6 é demonstrado como deverá ser instalada a válvula responsável por controlar a vazão de fluido entre os dois tanques.

Figura 6 - Detalhe Típico de Medidor de Nível Analógico

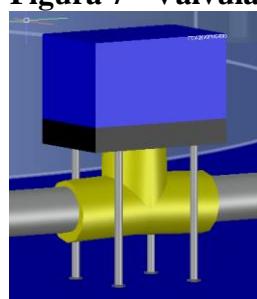


Fonte: Elaborado pelos autores.

As informações técnicas de cada instrumento estão na folha de dados e nas especificações técnicas, mas é possível identificar detalhes importantes tais como: a instalação direta do instrumento no tanque, dimensões do instrumento conforme catálogo dentre outros.

O modelo 3D deve ser atualizado na plataforma BIM de modo que ao final tenhamos uma cópia fiel do que será construído em campo. Na figura 7, apresentamos a válvula de controle desenvolvida no modelo 3D afim de disponibilizar uma comparação visual com a válvula de controle real apresentada na figura 8.

Figura 7 - Válvula de Controle – Modelo 3D



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com o desenho tridimensional alinhado ao detalhe típico é possível descobrir quais materiais serão utilizados e como a instalação deve ser feita na planta didática.

Figura 8 - Válvula de Controle – Planta real construída



Fonte: Elaborado pelos autores.

Lista de Materiais de Fornecimento e Montagem: Depois de finalizados os detalhes típicos, é necessário que se crie um documento que possibilite ter uma visão geral de todos os materiais necessários para que a planta seja construída.

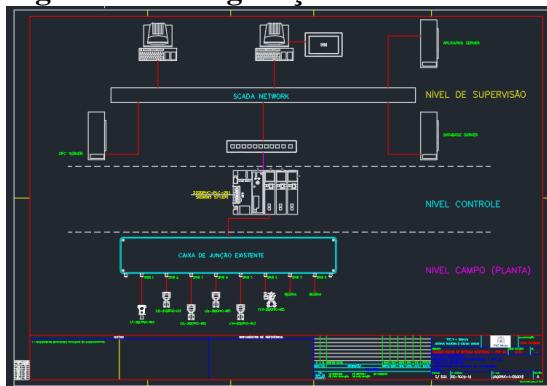
Portanto, um documento é feito, em Excel, com o objetivo de mostrar o quantitativo de materiais a serem necessários para a instalação de todos os instrumentos, suportes, painéis e outros dispositivos que a planta necessite. Esse documento é conhecido como Lista de Materiais.

Essa lista tem um papel muito importante para a parte financeira do projeto, visto que será possível calcular o custo total de materiais para que o projeto de automação possa ser realizado.

Configuração do Sistema de Automação: Esse é um documento técnico, feito em AutoCad, com o objetivo de mostrar os níveis de arquitetura e rede de comunicação abordados no projeto.

Logo, a configuração do sistema de automação mostra os níveis de automação, desde o campo com sua instrumentação industrial, passando pelo controlador lógico programável (PLC) até atingir o nível de supervisão. Além disso, exibe também todos os instrumentos conectados e qual o tipo de protocolo utilizado como pode ser visto na figura 9.

Figura 9 - Configuração do Sistema de Automação



Fonte: Elaborado pelos autores.

Relação de Entradas e Saídas (E/S): A relação de entradas e saídas é um documento comum às duas fases de projeto. Essa lista pode aparecer tanto na etapa de projeto básico (FEL3 - *Front End Loading*) - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2012) quanto para a fase de projeto detalhado, entretanto elas têm algumas sutilezas que diferenciam o objetivo do documento em cada etapa, e consequentemente, como a informação é apresentada.

Para o projeto básico, a relação de entradas e saídas tem o objetivo de estabelecer dados para CAPEX, ou seja, mostrar informações que sejam capazes de estimar se é viável ou não o

projeto avançar para a próxima etapa. Logo, essa lista visa quantificar quantas entradas e saídas serão necessárias para o projeto, consequentemente, o quantitativo de cartões de E/S e painéis que será adquirido, podendo ser usado para calcular o custo.

Já na fase de projeto detalhado, a lista de E/S é voltada para a interligação real da planta. Logo, é indicado o tipo e sinal (digital/analógico) e o endereço de cada dispositivo, sendo usualmente colocado como:

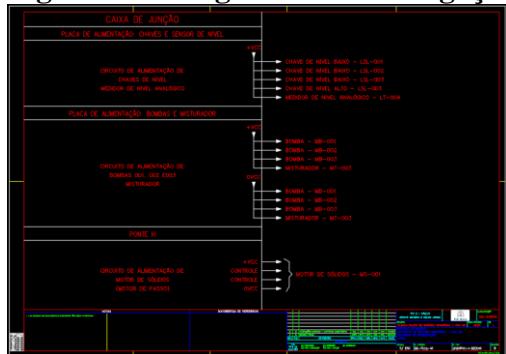
- a) Sirenes e válvulas solenoides: DO (digital output)
- b) Chaves e sensores em geral: DI (digital input)
- c) Válvula de controle: AO (analogic output)
- d) Transmissores em geral: AI (analogic input)

Com essas informações é possível analisar o quantitativo de módulos necessários, levando-se em conta que é importante considerar sempre pontos de entradas e saídas reserva, variando entre 10 e 20% dos pontos totais.

Diagrama de Interligação: O diagrama de interligação é um documento técnico, feito em AutoCad, que mostra o caminho dos cabos externos até os painéis e/ou caixa de junções, ou seja, informa a origem e o destino do cabeamento de força, instrumentação e rede.

Para a planta didática de mistura foram definidos dois tipos de ligação. A primeira é a do motor de passo, responsável por fazer a mistura dos sólidos e por fim a ligação ponto a ponto entre a caixa de junção e CLP (Controlador Lógico Programável).

Figura 10 - Diagrama de Interligação – Alimentação Motor de Passo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesse documento foi feita a ligação de cada instrumento de campo, que foram concentrados em uma caixa de junção na qual é possível ter acesso aos pontos de entradas e saídas e, dessa maneira, estabelecer as conexões com o controlador. Tais ligações podem ser vistas nas figuras 10 e 11 aqui apresentadas.

Figura 11 - Diagrama de Interligação – Caixa de Junção



Fonte: Elaborado pelos autores.

Especificação Técnica de Instrumentos: É um documento técnico, feito em Excel, com o objetivo de mostrar as características técnicas intrínsecas de cada instrumento da planta.

É um documento voltado para a fase de compra, de modo a detalhar cada instrumento ou equipamento que deverá ser comprado, com suas informações técnicas mais relevantes e que irão impactar no preço do produto, inclusive considerando quais normas deverão ser atendidas para que o instrumento ou equipamento possa operar de forma plena, além de todos os quesitos financeiros que o engenheiro e o cliente julguem importantes para que a compra seja realizada.

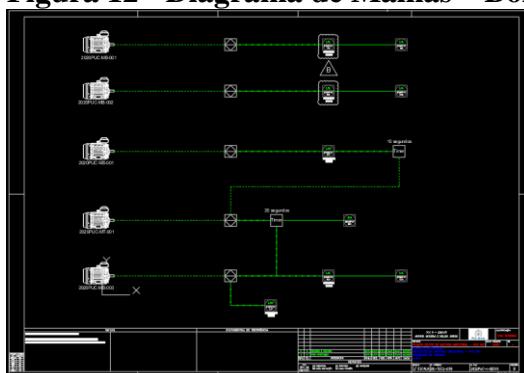
Diagrama de Malhas: O Diagrama de Malhas é um desenho técnico, feito em AutoCad, com o objetivo de mostrar as malhas de controle presentes na planta, para que, futuramente, possam ser utilizadas no sistema de supervisão.

Esse documento segue as malhas estabelecidas no Fluxograma de Engenharia e é apresentado de modo que o programador do sistema de supervisão possa entender qual a solução de engenharia adotada para o funcionamento dos instrumentos, a preservação de operação dos equipamentos mecânicos e como o sistema deve operar em caso de emergência.

Além disso, o diagrama de malhas mostra quais serão os alarmes, intertravamentos e modo de operação dos instrumentos. Na planta didática de mistura foram necessários dimensionar apenas dois sistemas de controle: proteção das bombas e operação da válvula de controle.

Na figura 12 são mostrados os intertravamentos das bombas presentes no tanque com as suas respectivas chaves de nível. Em resumo, quando o nível do tanque atinge um percentual mínimo estabelecido conforme equipamento, a bomba deve parar de funcionar a fim de evitar que ela opere a vazio e queime. Quando isso acontecer, o sistema deve emitir um alarme.

Figura 12 - Diagrama de Malhas – Bombas

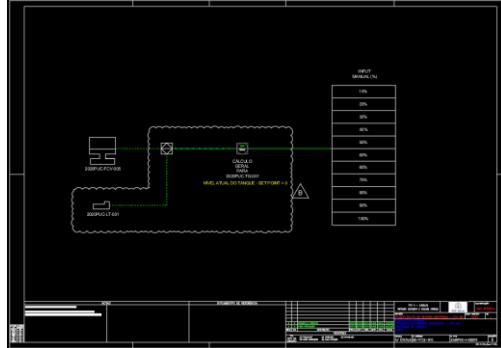


Fonte: Elaborado pelos autores.

Já a figura 13 mostra a relação entre o medidor de nível analógico e a habilitação da operação da válvula de controle. O instrumento precisa passar por um cálculo de nível, o qual

verifica se o set point estabelecido está maior que o nível atual. Em caso positivo, o sistema supervisório deve permitir ao operador que atue manualmente no percentual de abertura da válvula, que varia em uma faixa de 0 a 100%.

Figura 13 - Diagrama de Malhas – Válvula de Controle



Fonte: Elaborado pelos autores.

Manual de Operação e Manutenção: Documento técnico, feito em Word, com o objetivo de mostrar como a planta deve ser operada e quais são os parâmetros necessários para uma manutenção eficiente.

O manual de operação e manutenção contém instruções necessárias para a partida e parada do equipamento, operação em diferentes condições de processo e situações de emergência. Portanto, foram indicadas as descrições de cada ponto disponível na caixa de junção, de modo a facilitar tanto a operação da planta como uma eventual manutenção e estes pontos podem ser visualizados na figura 14.

Para o sistema supervisório, o manual contém todas as informações relativas às funcionalidades operacionais, tipos de telas, armazenamento e tratamento de dados para emissão de relatórios.

Figura 14 - Manual de Operação e Manutenção

TCC 2-2020/2 ARTHUR SIQUEIRA E KELVIN JARDIM	CLASSIFICAÇÃO PUC Minas	USO INTERNO	PLANTA PILOTO DE MISTURA INDUSTRIAL – PUC MG
PROJETO DETALHADO PROCESSO DE MISTURA INDUSTRIAL – PUC MG MANUAL DE INSTRUÇÃO GERAL GERAL		Nº INTERNO RL-TCC2.001 Nº PUC 2020PUC-I.RL0010	PÁGINA 5/8 REV A
Sensor nível baixo 1	Entrada Digital	IO 3	LSL-002
Sensor nível baixo tanque 2	Entrada Digital	IO 4	LSL-003
Sensor nível alto tanque 2	Entrada Digital	IO 5	LHL-003
NAO SE APlica	Entrada Digital	IO 6	Reserva
NAO SE APlica	Entrada Digital	IO 7	B_ENERGIZA_PLANTA_LOCAL
Motor de sólidos	Saída Digital	Q0.0	MS-001
Bomba tanque principal	Saída Digital	Q0.1	MB-001
Bomba tanque 1	Saída Digital	Q0.2	MB-002
Misturador	Saída Digital	Q0.3	MT-003
Bomba tanque 2	Saída Digital	Q0.4	MB-003
Sentido motor de sólidos	Saída Digital	Q0.5	SENT_MS-001
NAO SE APlica	Saída Digital	Q0.6	Reserva
NAO SE APlica	Saída Digital	Q0.7	Reserva
Sensor de nível tanque 3 analógico	Entrada Analógica	AIO	LT-004
Retorno válvula (0-10V)	Entrada Analógica	A1	Válv
Controle válvula (0-10V)	Saída Analógica	AQ0	Controle_valv
GND	-	GND	-

Feita estas ligações e estando, o módulo devidamente conectado ao computador onde será operado o sistema de supervisão, a programação descarregada no PLC e na IHM, podemos ligar o módulo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Depois de todos os documentos finalizados, foi possível ir para a etapa de programação, a qual iria formalizar a solução de engenharia adotada para o projeto e fazer com que a planta pudesse funcionar, segundo os parâmetros adotados na documentação.

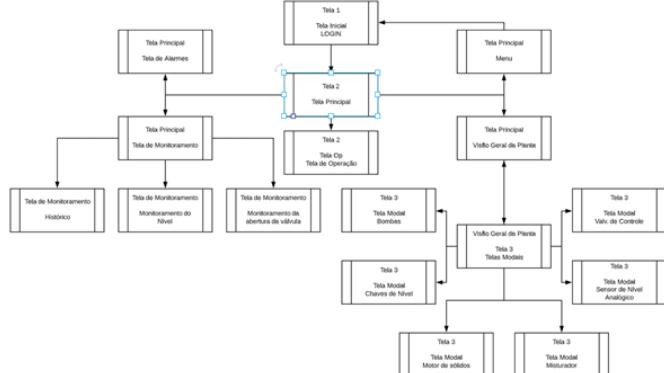
Portanto, foi desenvolvido um algoritmo em linguagem Ladder que segue o modo de operação previamente explanado nesse artigo e os dados de processo presentes nos documentos,

como por exemplo, limite mínimo e máximo de nível, condições de alarme e demais variáveis necessárias para o funcionamento da planta.

Depois da programação finalizada, foi utilizado o software Elipse para a criação do sistema supervisório, com o objetivo de permitir que o usuário possa inspecionar a planta e interagir com a mesma remotamente.

A estrutura de navegação do sistema seguiu o esquema da figura 15 e seu layout é demonstrado na figura 16.

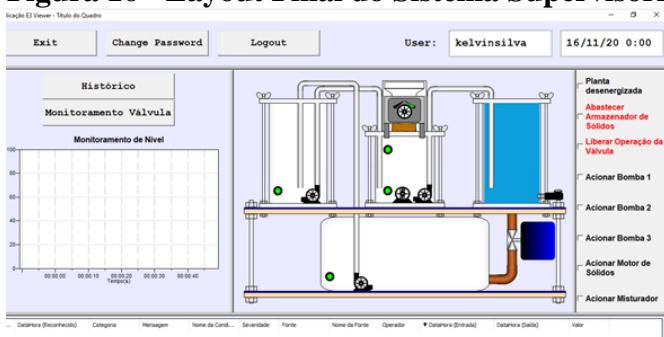
Figura 15 - Fluxograma de Navegação do Sistema Supervisório



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dessa organização, chegou-se ao resultado final capaz de partir a planta e permitir que usuário possa se relacionar com a projeto, visualizando dados e gerenciando o processo através de um ambiente gráfico idêntico ao construído.

Figura 16 - Layout Final do Sistema Supervisório



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 CONCLUSÕES

Para que um projeto de engenharia ocorra de uma maneira organizada, deve-se seguir rigorosamente a hierarquia de documentação aliada a ajuda das ferramentas que a tecnologia nos proporciona, como é o caso da plataforma BIM. Deste modo, foi possível encontrar a melhor solução de engenharia para o processo de mistura proposto e, por fim, realizar um sistema de supervisão capaz de atender todas as determinações demandadas pela planta.

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho fica expressa aqui a nossa gratidão, especialmente à Professora Renata Umbelino Rêgo, pela orientação, aprendizado e incansável apoio. Aos nossos pais Antônia Lucia da Penha Siqueira, Moaci Siqueira dos Santos, José Mota da Silva Filho, Rosilda Jardim da Silva e nossos irmãos Pedro Henrique Penha Siqueira e Kleber Jardim da Silva por terem sido pacientes e fiéis enquanto dedicávamos tempo a realização do nosso sonho.

A todos os profissionais de engenharia que nos auxiliaram no desenvolvimento, elaboração de documentos e sucesso desse projeto. Por todos os amigos, colegas e professores que encontramos neste período de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

GANTT, Henry Laurence. **Organizing for work**. New York: Harcourt, Brace and Howe, 1916. Disponível em: <http://www.ganttchart.com/OrganizingforWork.pdf>. Acesso em: 23 de Set. de 2020.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (GUIA PMBOK®)**. 4. ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2012. Disponível em:
https://www.academia.edu/4043519/Um_Guia_do_Conhecimento_Em_Gerenciamento_de_Projetos_Guia_Pmbok_4a_Ed_2012/. Acesso em: 31 de Ago. de 2020.

XAVIER, Carlos Magno da Silva. **As balas de prata no gerenciamento de projetos**. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade Nacional de Rosário, Rosário, Argentina, 2014. Disponível em: www.portaldeconhecimentos.org.br. Acesso em: 14 de Out. de 2020.

Gerenciador de consumo energético

Brendha Zschaber Sampaio*
Lucas Machado Pereira*
Renata Umbelino Rêgo**

RESUMO

O objetivo deste trabalho é possibilitar a conscientização dos gastos de energia elétrica por parte do consumidor através do monitoramento do consumo dos principais equipamentos eletrodomésticos em uma residência, utilizando um dispositivo com acesso à internet. O sistema desenvolvido possibilitará o monitoramento dos gastos com energia elétrica na residência, oferecendo gráficos sobre o consumo, informações em tempo real, por horário, diário ou mensal, possibilitando o acompanhamento do consumo dos eletrodomésticos monitorados e comparações entre seus dados.

Palavras-chave: Consumo energético. IoT. Medidor inteligente e economia.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil tem uma das energias mais caras do mundo, com o preço da tarifa residencial próximo ao de países de primeiro mundo (CASTRO *et al.*, 2017). Para grande parte dos brasileiros, pagar as contas em dia é uma grande dificuldade, visto que o consumo básico de 100 kWh por mês chega a equivaler a 18,5% do salário mínimo (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ESTRATÉGICO DO SETOR ENERGÉTICO ILUMINA, 2016).

Uma das soluções para diminuir o valor da fatura de eletricidade é reduzir o consumo e evitar o desperdício. Como só é possível saber a quantidade de energia consumida ao final de cada mês e sem distinção entre os gastos de cada equipamento, a economia de energia se torna mais difícil para os consumidores (DARBY, 2006).

A proposta é que o sistema desenvolvido torne possível um monitoramento ativo dos gastos de energia elétrica dos principais equipamentos eletrodomésticos em uma residência por parte do consumidor. O usuário poderá acessar o sistema por meio de um dispositivo conectado à internet e visualizar o consumo em tempo real com possibilidade de filtros por horário, diário ou mensal e a partir desses dados fazer comparações entre eles.

2 OBJETIVOS

Desenvolver um sistema de gerenciamento do consumo energético baseado em IoT, tendo como benefício a conscientização e a possibilidade de economia de energia elétrica em escala residencial.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O funcionamento do sistema começa pela medição da potência consumida pelos principais aparelhos de uma determinada residência, que é feita através de sensores projetados para tal função. Os dados coletados são enviados e armazenados em nuvem por tecnologias que partem de microcontroladores, os quais serão programados e aplicados em ferramentas de

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas.

processamento que possuem conectividade (IoT), proporcionando o envio de dados à internet. Posteriormente, estes dados são tratados e disponibilizados aos usuários por meio de uma interface gráfica.

3.1 Aquisição de dados

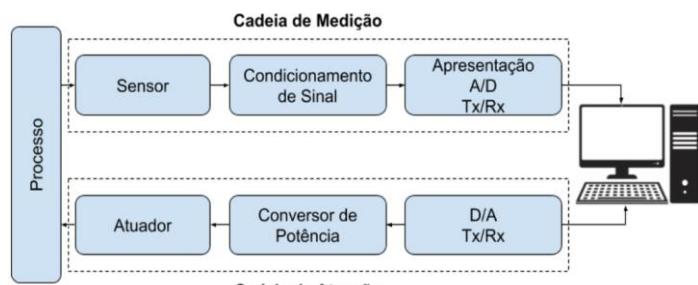
Uma das partes de maior importância para o desenvolvimento deste projeto é a aquisição dos dados de consumo energético do consumidor, pois a eficiência de todo o sistema depende da qualidade das medições. Para adquirir a potência consumida pelos equipamentos conectados, é necessário medir, utilizando sensores, a corrente e tensão consumidas.

Sensor de Corrente: São dispositivos usados para obter a corrente que flui em um circuito. São capazes de detectar o sinal de corrente e convertê-lo em outro que possa ser interpretado. Existem diversos tipos de sensores disponíveis no mercado, cada um com características distintas que devem ser consideradas quando é feita a escolha do sensor adequado à aplicação desejada.

Sensor de Tensão: De forma semelhante ao sensor de corrente, o sensor de tensão é capaz de detectar a variação de tensão que flui em um circuito e converter esse sinal em outro que possa ser interpretado. Em muitos circuitos existe incompatibilidade nos níveis de tensão do sinal e do sistema de registro de dados, o que impossibilita a medida direta da tensão por um sensor, sendo necessário o condicionamento do sinal para fazer a transformação de potencial (WHITAKER, 2008).

Condicionamento de Sinais: Os sinais analógicos vindos dos sensores precisam ser condicionados para que estejam em condições adequadas para aquisição, pois isso afeta a exatidão do sistema. A Figura 1 mostra desde o fluxo da medição, onde é feita a aquisição e condicionamento do sinal, até a atuação em um processo.

Figura 1 - Cadeias de medição e atuação



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Ferramentas de processamento

As ferramentas de processamento são placas de circuito impresso (PCB, do inglês, “printed circuit board”) que contém um microcontrolador e todos os componentes de suporte necessários para programá-lo, como fonte de tensão e entradas para sensores e atuadores. Para começar um desenvolvimento incorporado também é preciso de uma IDE (do inglês, Integrated Development Environment), um ambiente integrado para desenvolvimento de softwares com as funções necessárias para a utilização dos recursos de um microcontrolador. Um microcontrolador é um circuito integrado contendo os principais componentes de um computador como periféricos programáveis, memória e núcleo de processamento limitados quando comparados aos computadores. Possuem um processador, pinos de entradas/saídas e memória. Através de sua programação, é possível controlar suas saídas usando como referência as entradas ou um programa (MARTINS, 2005). Geralmente é utilizado para automatizar e

controlar processos de baixa complexidade, com pontos fortes para realizar tais tarefas, sendo compacto, acessível quanto ao custo e com baixo consumo energético.

3.3 Plataforma IoT

São plataformas baseadas no conceito de IoT (do inglês, Internet of Things), possuindo armazenamento de dados na nuvem e possibilitando o desenvolvimento de aplicações que interagem com o hardware, que fica responsável por coletar os dados e enviá-los à plataforma, e também de interfaces para o usuário.

3.3.1 IoT

É considerada a próxima geração na era da computação. Nesse contexto, todos os equipamentos eletrônicos estão conectados, máquina a máquina, através da Internet, permitindo que compartilhem dados e informações para exercer determinadas tarefas. Sua base de funcionamento se dá através de sensores e dispositivos, que permitem a comunicação entre os equipamentos desejados.

3.3.2 Nuvem

A computação em nuvem pode ser descrita como armazenamento e processamento de dados e softwares em servidores interligados. Os usuários podem acessar os serviços baseados neste conceito de qualquer lugar do mundo, precisando apenas de um computador com acesso à internet. É um modelo que foi criado com o objetivo de fornecer serviços de fácil acesso, baixo custo e com garantias de disponibilidade e escalabilidade (BESERRA, 2011).

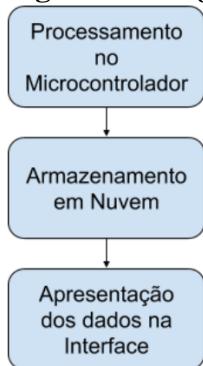
3.3.3 Big Data

Uma das consequências da evolução da computação em nuvem é o Big Data, que pode ser descrito como um fluxo ininterrupto de informações. Comumente, é associado com o conceito de BI (do inglês, “Business Intelligence”), ou Inteligência de Negócio, e mineração de dados, tendo sempre como foco a análise de dados. O diferencial do Big Data é o grande volume de dados e quantidade de transações complexas, fazendo necessários métodos e tecnologias especiais para extrair informações relevantes do emaranhado (SU, 2019). Sendo assim, antes do processamento desses dados, eles precisam passar por uma espécie de filtro, selecionando o que é considerado útil e não repetido para a finalidade que se deseja, só então criando a oportunidade dessas informações serem usadas em uma aplicação.

4 METODOLOGIA

A essência do funcionamento do sistema se dá em três etapas, começando pelo processamento dos dados lidos pelos sensores pelo microcontrolador, seguido pelo envio dos mesmos à Plataforma IoT, que irá armazená-los em nuvem, e terminando com sua apresentação na interface da plataforma. A Figura 2 ilustra o funcionamento descrito acima.

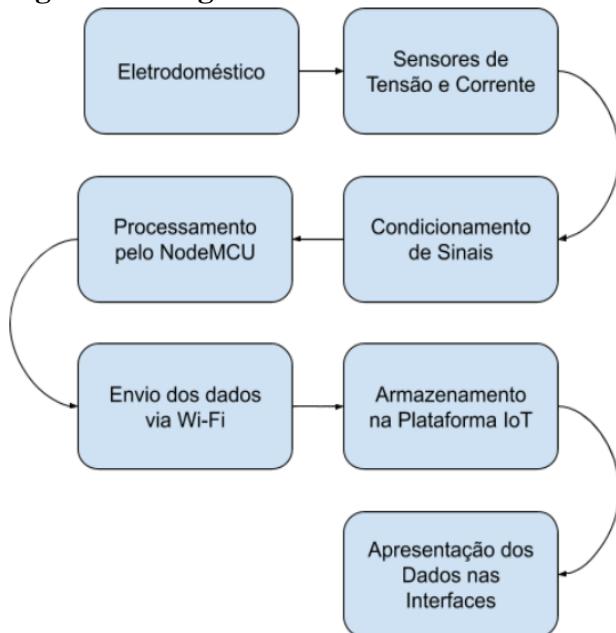
Figura 2 - Diagrama macro de funcionamento do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores.

Mais detalhadamente, o funcionamento do sistema começa com a leitura dos sinais de corrente e tensão do equipamento eletrodoméstico pelos sensores conectados a ele. Estes sinais passam por um condicionamento, que é necessário para garantir a leitura correta dos dados pelo microcontrolador utilizado, que faz a calibração do sinal e tratamento dos dados recebidos. Logo após, o dispositivo os envia para a nuvem de armazenamento da plataforma IoT. A plataforma irá apresentar os dados em interfaces para o usuário. A seguir, a Figura 3 ilustra o fluxo detalhado do funcionamento do sistema desenvolvido.

Figura 3 - Diagrama detalhado de funcionamento do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1 Ferramenta de processamento

Ao fazer a escolha de uma ferramenta de processamento, devem ser considerados vários pontos, verificando principalmente se o dispositivo escolhido é capaz de atender às especificações do processo.

4.1.1 Ferramenta de processamento

Para fazer a aquisição, tratamento e envio dos dados, foi escolhido o NodeMCU devido a sua versatilidade e compatibilidade com diversas plataformas IoT. Suas especificações são:

- a) NodeMCU, fabricado pela Espressif;
- b) WiFi: IEEE 802.11 – b/g/n;
- c) FLASH: QSPI Externo – de 512 kB até 4 MB;
- d) RAM: 64 kB;
- e) CPU: 32bit operando a 80/160 MHz;
- f) Tensão de operação: 4,5 ~ 9 V;
- g) Resolução da porta A/D: 10 bits;
- h) Taxa de transferência: 110-460800 bps (Comunicação Wi-Fi).

4.1.2 IDE

Para programar o tratamento e envio dos dados do NodeMCU, foi escolhida a IDE Arduíno, pois é uma plataforma gratuita e compatível com diversos dispositivos e plataformas. A programação na IDE Arduíno é feita nas linguagens C/C++ e oferece suporte a diversas plataformas de processamento.

4.2 Aquisição de dados

Para todo processo que se deseja executar, a escolha dos sensores é uma das etapas mais delicadas e deve ser feita com cuidado e considerando todas as necessidades e particularidades do sistema. No contexto desse trabalho, a qualidade dos dados coletados afeta diretamente as informações apresentadas ao usuário através da interface.

4.2.1 Sensor de corrente

O Sensor de Corrente utilizado foi o SCT-013-000, cuja maior vantagem é não precisar de contato elétrico com o circuito, o que é uma das necessidades do sistema proposto. Ele é posicionado envolto a um dos fios do equipamento a ser monitorado, similar a um alicate amperímetro, sendo classificado como um sensor não invasivo do tipo transformador de corrente. Suas especificações são:

- a) SCT-013-000, fabricado pela YHDC;
- b) Faixas de operação: 0 a 100 A;
- c) Saída: corrente 0,05 mA a 5 mA;
- d) Precisão de leitura: $\pm 1\%$.

A Figura 4 mostra o sensor SCT-013-000.

Figura 4 - Sensor de corrente SCT-013-000



Fonte: FilipeFlop Componentes Eletrônicos (2019)

a. Condicionamento do Sinal: A saída do sensor escolhido é uma variação de corrente, porém, para que o NodeMCU interprete corretamente os dados lidos, é necessário converter a variação de corrente gerada pelo sensor em uma variação de tensão, o que é feito através de um resistor de carga (Burden Resistor). Para calcular o valor do resistor de carga, é necessário converter o valor da corrente máxima RMS (do inglês, “Root Mean Square”) medida no enrolamento primário do sensor, para corrente de pico no enrolamento primário, conforme Equação 1. Para este cálculo considerou-se a corrente máxima RMS lida no primário como 20 A, já que se trata da medição de corrente de equipamentos eletrodomésticos.

$$I_p = I_{pmax} \cdot \sqrt{2} = 28,28 \text{ A} \quad (1)$$

I_{pmax} = Corrente máxima RMS lida no primário do sensor;
 I_p = Corrente de pico no primário.

De acordo com o Datasheet do sensor a relação de transformação K é de 1:2000 voltas, sendo assim possível calcular o valor da corrente de pico no enrolamento secundário, como mostrado na Equação 2.

$$I_s = \frac{28,28 \text{ A}}{2000} = 14,14 \text{ mA} \quad (2)$$

I_s = Corrente de pico no secundário.

Para melhorar a resolução da leitura, a tensão através do resistor de carga deve ser metade da tensão da entrada (V_{in}) do mesmo, que é de 3,3V, conforme Equação 3.

$$R_{carga} = \frac{1,65 \text{ V}}{14,14 \text{ mA}} = 11,67 \Omega \quad (3)$$

R_{carga} = Resistor de carga do sensor.

Como o valor obtido não é encontrado em resistores comerciais, utiliza-se um resistor de 12Ω , que foi soldado diretamente na saída do sensor de corrente, entre os seus terminais.

b. Calibração do sensor: Para o sensor de corrente, a calibração foi feita utilizando a biblioteca EmonLib.h, uma biblioteca de código aberto desenvolvida especialmente para monitoramento de energia. Possui recursos específicos para medição de grandezas básicas em corrente alternada e implementa também um algoritmo RMS para medição de corrente e tensão, permitindo a obtenção de resultados próximos aos reais mesmo em formas de ondas distorcidas.

No setup() do código, define-se o pino do NodeMCU que está recebendo a leitura da corrente do sensor de corrente e uma constante de calibração, através da função abaixo:

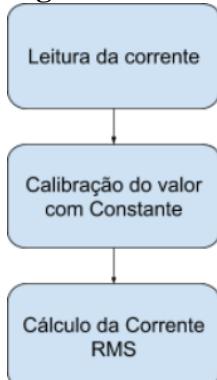
- emon1.current (Pino, ConstanteCalibracao).

Com isso, é possível ler e calcular a corrente RMS, informando o número de leituras que se deseja realizar para extraí-la. Isso é feito pela função:

- emon1.calcIrms (100).

A Figura 5 mostra como ocorre a calibração do sensor de corrente utilizando as funções descritas acima.

Figura 5 - Calibração do sensor de corrente



Fonte: Elaborado pelos autores.

Primeiramente a corrente é lida pelo sensor. Este valor é então multiplicado por uma constante de calibração, e depois utilizado para calcular a corrente RMS. A constante de calibração foi sendo ajustada até que os valores obtidos para a corrente RMS calculada fossem equivalentes aos lidos pelo alicate amperímetro.

4.2.2 Sensor de tensão

Para medir a tensão, foi decidido que seria mais adequado utilizar o módulo sensor ZMPT101B, pois ele possui uma faixa de medição que atende às necessidades do projeto, já que a tensão de equipamentos eletrodomésticos pode chegar a 220 V. Suas especificações são:

- ZMPT101B, fabricado pela Interplus Industry Co.;
- Sensor transformador de tensão
- Faixa de operação: 0 a 250 V AC (corrente alternada);
- Precisão de leitura: $\pm 1\%$;
- Saída: corrente 0 a 2 mA.

A Figura 6 mostra o módulo sensor ZMPT101B.

Figura 6 - Calibração do sensor de corrente



Fonte: Site Masterwalker Electronic Shop (2019)

a. *Condicionamento do Sinal*: Como o NodeMCU possui apenas uma entrada analógica, foi necessário utilizar um conversor analógico-digital (A/D). Para isto, foi escolhido o módulo conversor A/D ADS1115. Seu funcionamento ocorre de forma semelhante à entrada analógica do NodeMCU, convertendo sinais analógicos em digitais e alimentando o sinal convertido a uma das entradas digitais do dispositivo, por comunicação I²C. Suas especificações são:

- ADS1115, fabricado pela Texas Instruments;
- Faixa de operação: 0 a 250 V AC (corrente alternada);
- Alimentação: 2 a 5.5 V DC (corrente contínua);

- d) Resolução: 16 bits.

A Figura 7 mostra o conversor A/D ADS1115.

Figura 7 - Conversor A/D ADS1115



Fonte: Elaborado pelos autores.

O módulo sensor escolhido, ZMPT101B, já possui um resistor de carga embutido, que transforma o valor lido na entrada, que pode variar entre 0 a 240 V, em um valor entre 0 a 3.3 V. A saída do módulo é ligada diretamente a uma das entradas do ADS1115, que irá converter o valor analógico lido em um valor digital com resolução de 16 bits (0 a 65536), que será enviado à ferramenta de processamento por comunicação I²C, onde serão tratados os dados.

b. *Calibração do sensor*: Por causa da utilização do conversor ADS1115, a calibração não pôde ser feita através da biblioteca EmonLib.h, então ela foi feita sem o auxílio de bibliotecas, o que a tornou mais complexa. A Figura 8 mostra como é feita a calibração do sensor de tensão.

Figura 8 - Calibração do sensor de tensão



Fonte: Elaborado pelos autores.

O conversor ADS1115 gera um offset nos valores lidos pelo sensor de tensão, prejudicando a conversão destes para valores digitais. Por isso, quando o dispositivo é energizado é feito o ajuste de zero. Para isso, é calculado o offset, fazendo 10000 leituras da entrada 0, que recebe os valores do sensor de tensão e calculando a média desses valores. Logo após, o dispositivo realiza a leitura da tensão, o offset é eliminado deste valor que é multiplicado pelas constantes de calibração. Este processo é feito cem vezes, valor que foi definido experimentalmente, de forma a obter a melhor leitura possível sem prejudicar o funcionamento

do sistema. Cada vez que este loop acontece, o resultado obtido é acumulado em uma variável. Após o fim desta sequência, a variável que guarda as leituras é utilizada para calcular o valor RMS da tensão, o que é feito utilizando a Equação 4.

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n Vi^2}{n}} \quad (4)$$

n = número de leituras;

VRMS = Tensão RMS (V);

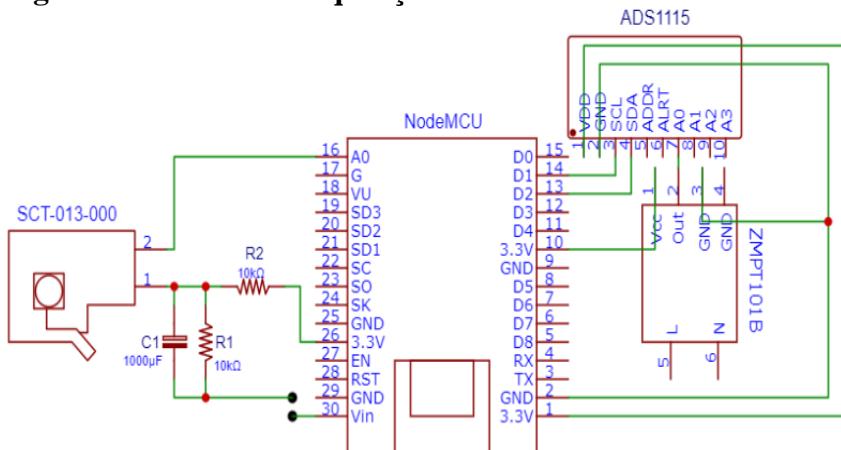
Vi = Tensão lida (V).

A constante de calibração é um valor obtido experimentalmente, através da utilização de um voltímetro. O seu valor foi sendo ajustado até que os valores de tensão RMS calculados fossem equivalentes aos lidos pelo voltímetro.

4.2.3 Diagramas do sistema:

A partir dos cálculos e considerações apresentados nos itens anteriores, foi projetada uma placa que integra os dois circuitos de aquisição e condicionamento de sinais. O projeto foi feito através do EasyEDA, uma ferramenta web gratuita que permite projetar, simular, compartilhar e discutir diagramas elétricos e de PCBs. A seguir, a Figura 9 representa o diagrama do Circuito de Aquisição e Condicionamento de Sinais.

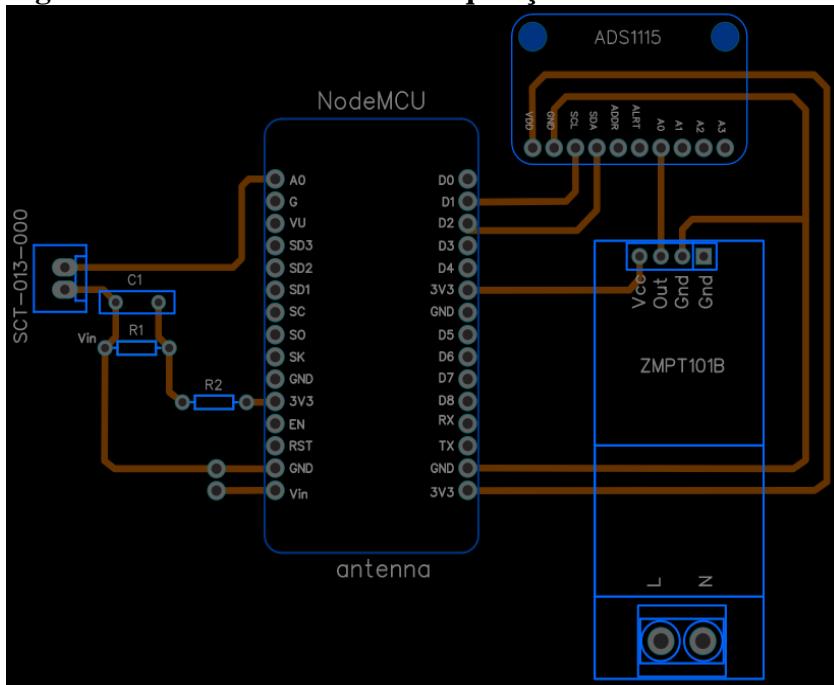
Figura 9 - Circuito de aquisição e condicionamento de sinais



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir do diagrama do circuito da Figura 5, foi feito o projeto de uma placa de circuito impresso (PCB). Da mesma forma, foi utilizado o EasyEDA. A PCB projetada está ilustrada pela Figura 10.

Figura 10 - PCB do Circuito de aquisição e condicionamento de sinais



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3 Tratamento de dados

Após a calibração dos sinais lidos pelos sensores, é calculado o consumo do equipamento monitorado. O consumo, ou potência, dos equipamentos elétricos pode ser descrito como a variação de energia pelo tempo. No sistema proposto, os dados de corrente e tensão variam no tempo. Por isso, é necessário calcular a média das grandezas, para que o consumo calculado seja o mais próximo possível da leitura feita pela concessionária de energia.

Primeiramente, são feitas medidas de corrente e tensão RMS. Os valores obtidos são usados para calcular a potência, acumulando seus valores durante 30 segundos, armazenando a quantidade de amostras em uma variável auxiliar. Após o tempo especificado, o valor da potência acumulada é dividido pela quantidade de amostras, obtendo-se a potência instantânea (consumo), cálculo feito utilizando a Equação 5.

$$C = \frac{\sum P_{ac}}{N_A} \quad (5)$$

C = Consumo (W);
 Pac = Potência Acumulada
 NA = Número de amostras

Após a obtenção do consumo, este é enviado à plataforma IoT. Para saber o valor do consumo em kWh, é calculada a média entre as leituras feitas durante o período de uma hora, o que é feito pela plataforma IoT, através da seleção de um filtro de data, como ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Plataforma IoT - hora atual



Fonte: Elaborado pelos autores.

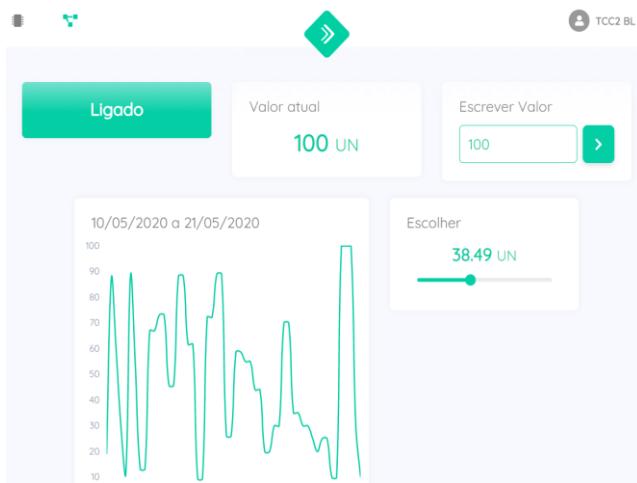
4.4 Plataforma IoT

Para armazenamento e exibição dos dados através de interface, foi escolhido o BORA App, uma plataforma totalmente desenvolvida pelo aluno da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais do curso de Engenharia de Controle e Automação, Paulo Vitor Cruz de Souza (2019), com o intuito de aplicar e desenvolver o conhecimento acumulado durante o curso. O BORA App permite armazenamento de dados e controle de variáveis em quaisquer dispositivos microcontroladores em tempo real, sendo possível personalizar sua interface de acordo com as necessidades do usuário. Ele também possui código e servidor API aberto, permitindo que o usuário amplie e crie novas funções para a plataforma de acordo com o seu projeto.

Para o armazenamento na Nuvem e Interfaceamento dos dados e para enviar os dados do NodeMCU para a interface de programação de aplicações BORA App, é utilizado protocolo de comunicação MQTT (do inglês, “Message Queueing Telemetry Transport”), pelo modelo publicação e assinatura, responsável por criar uma conexão aberta entre o servidor central e os canais de comunicação para promover uma transferência de dados em tempo real. O banco de dados responsável pelo armazenamento utilizado na plataforma BORA App é o NoSQL. Sua interface é desenvolvida na plataforma Angular de código aberto, criada como um framework e liderada pela equipe de desenvolvimento da Google. Para o cadastro do projeto na plataforma deve-se seguir os passos abaixo:

- a. *Cadastro no BORA App:* Para utilizar da plataforma deve-se cadastrar um login.
- b. *Criação do dispositivo:* Dentro da plataforma, é necessário criar os dispositivos que se deseja monitorar, clicando em “Novo Dispositivo” e preenchendo seu nome e escolhendo seu modelo como NodeMCU. Automaticamente, é criada uma chave que deve ser usada para fazer a conexão entre o dispositivo criado na interface e o NodeMCU.
- c. *Criação do projeto:* Para receber os dados, é preciso criar um projeto dentro da plataforma, clicando em “Novo Projeto”. Dentro dele é possível personalizar a interface de acordo com o que se deseja utilizando blocos pré configurados. Para cada bloco criado, é necessário associar uma variável, que será utilizada para receber dados vindos do NodeMCU.
- d. *Envio dos dados para a interface:* Para enviar os dados à interface criada para o projeto, utiliza-se a chave criada do dispositivo, obtida anteriormente, como descrito no item b. A chave é o Gerenciador de Consumo Energético em si, e as variáveis criadas para o projeto. Através da biblioteca bora.h, configura-se o envio de dados coletados pelo NodeMCU para as variáveis do projeto utilizando a função “virtualWrite”. A Figura 12 mostra um exemplo de interface criada no BoraApp.

Figura 12 - Tela configurada no BORA App



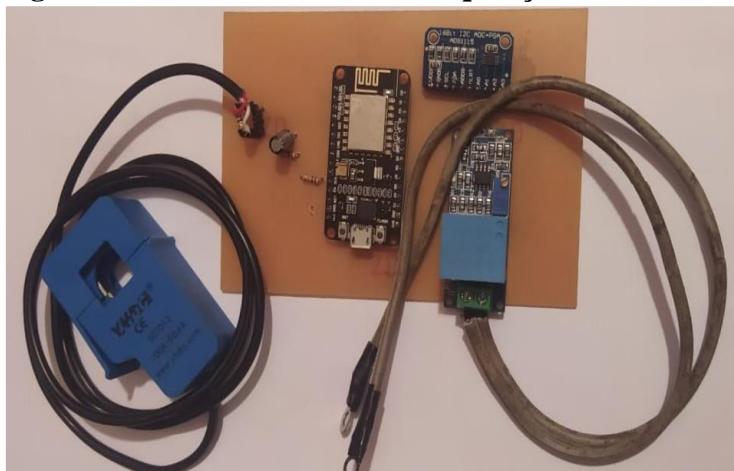
Fonte: Elaborado pelos autores.

5 RESULTADOS

Depois de todo o estudo conduzido, definição do hardware, IDE e interfaceamento a serem utilizados, foi desenvolvido o código completo para o sistema. Ele pôde ser testado através de um protótipo do circuito de aquisição e condicionamento de sinais montado em protoboard.

Após testes e ajustes de programação, foi necessário produzir uma placa definitiva para o circuito, começando pelo projeto do diagrama da PCB, que foi então impresso em papel fotográfico e transferido a uma placa de fenolite utilizando um ferro quente. A Figura 13 mostra a placa pronta.

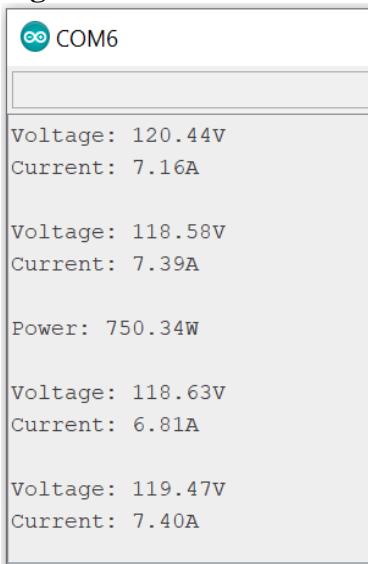
Figura 13 - Placa do circuito de aquisição e condicionamento de sinais



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a aferição das leituras feitas pelo sistema, os testes iniciais foram feitos sem o envio dos dados à interface, utilizando apenas o Monitor Serial da IDE, como pode ser visto na Figura 14.

Figura 14 - Teste usando o monitor serial da IDE Arduíno



```

COM6

Voltage: 120.44V
Current: 7.16A

Voltage: 118.58V
Current: 7.39A

Power: 750.34W

Voltage: 118.63V
Current: 6.81A

Voltage: 119.47V
Current: 7.40A
  
```

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a verificação do funcionamento correto da parte física do sistema, foi possível desenvolver uma interface que permitisse o monitoramento do equipamento ligado ao sistema, que é um ferro de passar roupas. Para ele, foi criada uma interface no BORA App. Para demonstrar o funcionamento da interface, foi simulada a utilização do ferro por três horas diárias durante um mês.

Na primeira parte da interface, há informações sobre a energia consumida pelo ferro, com um gráfico mostrando os dados da potência (em kWh) no dia, semana ou mês atual. Há também um display que mostra qual foi o consumo médio para cada um desses períodos. A Figura 15 mostra o gráfico da potência consumida em um dia pelo ferro. Analisando o gráfico, podemos ver que existem três ondas, que correspondem às horas que o ferro foi usado.

Figura 15 - Energia consumida - dados do dia atual



Fonte: Elaborado pelos autores.

A seguir, a Figura 16 mostra o gráfico do consumo feito pelo ferro durante uma semana. É possível notar que durante a semana, o ferro foi menos utilizado um dos dias, pois o consumo está menor.

Figura 16 - Energia consumida - dados da semana atual



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 17 mostra o gráfico da potência consumida em um mês pelo ferro. Analisando este gráfico, percebe-se que no início do mês houve um consumo maior, que foi diminuindo até a metade do mês, quando o consumo subiu novamente.

Figura 17 - Energia consumida - dados do mês atual



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na segunda parte da interface, há informações sobre o valor gasto através da utilização do ferro. Como o valor do kWh pode variar, o usuário deve colocar o valor atual que está sendo cobrado pela concessionária de energia, que pode ser facilmente encontrado na conta de luz ou pela internet. Como pode ser visto na Figura 18, o display do lado direito é mostrado o preço com o qual o cálculo do valor gerado pelo consumo foi feito, e o esquerdo pode ser editado para mudar este preço.

Figura 18 - Valor gasto - preço do kWh



Fonte: Elaborado pelos autores.

Usando o preço do kWh inserido, um gráfico mostra o valor (em R\$) gerado pelo ferro no dia, semana ou mês atual. Há também um display que mostra qual foi o gasto médio para cada um desses períodos. A Figura 19 mostra o gráfico do valor gasto em um dia pela utilização do ferro.

Figura 19 - Valor gasto - dados do dia atual



Fonte: Elaborado pelos autores.

A seguir, a Figura 20 mostra o gráfico do valor gasto em uma semana pela utilização do ferro. Ao lado, percebe-se que, em média, foram gastos R\$ 0,89 na semana atual.

Figura 20 - Valor gasto - dados da semana atual



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 21 mostra o gráfico do valor gasto em um mês pela utilização do ferro. À direita, pode-se ver que o uso do ferro de passar roupas por, em média, três horas diárias, custou em média R\$ 6,39.

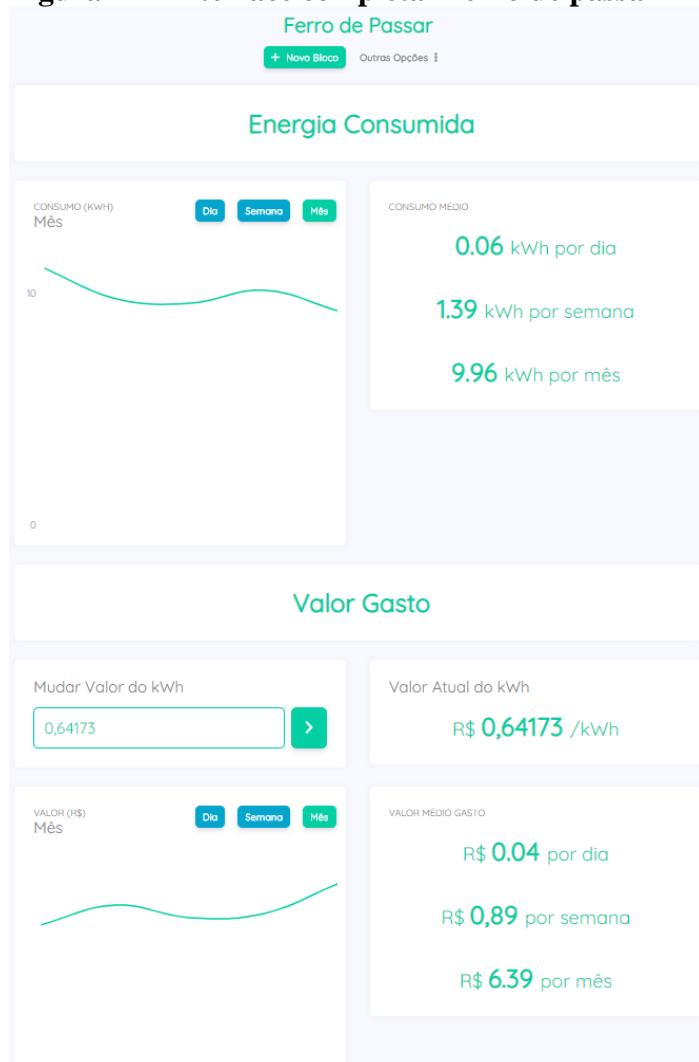
Figura 21 - Valor gasto - dados do mês atual



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 22 mostra a interface completa, com parte que mostra a energia consumida e a parte onde se calcula e mostra o valor gasto pela utilização do ferro.

Figura 22 - Interface completa - ferro de passar



Fonte: Elaborado pelos autores.

6 CONCLUSÃO

Monitorar o consumo de eletricidade e saber quais são os equipamentos que mais consomem em uma residência é um desafio para o usuário comum. Portanto, o objetivo deste projeto foi criar um dispositivo para auxiliar estes usuários da rede elétrica na economia de energia.

O sistema desenvolvido evidencia a importância e valor que a informação pode ter, já que por meio da mesma é possível criar uma base para o desenvolvimento de um consumo mais sustentável de energia elétrica por parte do usuário, implicando diretamente num gasto menor com eletricidade para o mesmo.

REFERÊNCIAS

- BESERRA, Bruno Y. Cloud Computing. **Revista científica Computação em Evolução**, Cuiabá, p. 19-28, 2011. Disponível em: <http://www.ice.edu.br/TNX/storage/webdisco/2011/09/08/outras/63bb4af01500bbfc1182dbed5e3aaa06.pdf>. Acesso em: 28 out. 2019.

CASTRO, Nivalde de *et al.* **As tarifas de energia elétrica no Brasil e em outros países: o porquê das diferenças.** Rio de Janeiro: Fábrica de Livros, 2017. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/fil es/IFES/BV/castro166.pdf>. Acesso em: 30 set. 2019.

DARBY, Sarah. **The effectiveness of feedback on energy consumption:** a review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays. Oxford: Environmental Change Institute, University of Oxford, 2006. Disponível em: <https://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/smart-metering-report.pdf>. Acesso em 08 out. 2019.

FILIPEFLOP COMPONENTES ELETRÔNICOS. **Sensor de corrente não invasivo 100A SCT-013.** Florianópolis: FilipeFlop, [2019?]. Disponível em <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-corrente-nao-invasivo-100a-sct-013/>. Acesso em: 28 out. 2019.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ESTRATÉGICO DO SETOR ENERGÉTICO ILUMINA. **Salário mínimo, MWh máximo.** [S. l.]: Ilumina, 2016. Disponível em: <http://www.ilumina.org.br/salario-minimo-mwh-maximo/>. Acesso em: 26 ago. 2019.

MARTINS, Nardônio Almeida. **Sistemas microcontrolados:** uma abordagem com o microcontrolador PIC 16F84. Campinas - SP: Novatec, 2005. 263p.

MASTERWALKER ELECTRONIC SHOP. **Sensor de Tensão AC 0 a 250V Voltímetro ZMPT101B.** [Belo Horizonte]: Masterwalker Shop, c2019. Disponível em: <https://www.masterwalkershop.com.br/sensor-de-tensao-ac-0-a-250vac-zmpt101b>. Acesso em: 28 out. 2019.

SOUZA, Paulo Vitor Cruz de. **BORA App.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

SU, Xiaomeng. **Introduction to Big Data.** [S. l.], 2019.

WHITAKER, D. T. B. **Bi-directional inverter and energy storage system.** Arkansas: University of Arkansas, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334125639_A_Full-Bridge_Bidirectional_DC-DC_Converter_with_Fuzzy_Logic_Voltage_Control_for_Battery_Energy_Storage_System. Acesso em: 28 nov. 2019.

Sistema automático para separação de produtos

Douglas Mauricio Fonseca Lima*
 Thiago Ribeiro Castilho*
 Renata Umbelino Rêgo**

RESUMO

A logística atual, revela que os desafios existentes são muitos. Para crescer de forma sustentável é necessário atender as expectativas com práticas e tecnologias inovadoras. O Trabalho busca aprimorar ações e recursos para que possam intensificar a oferta e a disponibilidade de produtos e serviços ao mercado através de um sistema de separação de materiais utilizando um braço robótico e um transportador. Em conjunto com o processo, é utilizado o Sistema de Reconhecimento de Objetos por Visão Computacional desenvolvido pelos alunos Gabriel Gomes Nascimento e Thiago Sérvalo Guimarães (2020).

Palavras-chave: Processo de separação. Visão computacional. Braço robótico. Arduino.

1 INTRODUÇÃO

A automação possibilita velocidade, segurança, redução de custo e erros em processos industriais. Com produtos diferentes em uma linha de produção, espera-se que sejam separados da melhor forma possível, com rapidez e eficácia ao mesmo tempo, o que torna a automação indispensável para esse processo. Para um projeto de automação é necessário identificar elementos da produção através de sensores. Dada a devida identificação, por meio de atuadores, o processo separa os elementos que possuem característica para o caminho programado.

2 OBJETIVO

Objetivo do presente trabalho foi elaborar o projeto conceitual de um sistema de produção eficiente de separação de materiais, utilizando um sistema de visão computacional desenvolvido por terceiros, implementando a automação de um braço robótico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para um projeto de automação é necessário identificar elementos da produção através de sensores. Dada a devida identificação, por meio de atuadores, o processo separa os elementos que possuem devida característica para certo caminho. É possível utilizar sistemas pneumáticos, hidráulicos e elétricos nos atuadores, que por sua vez podem ser braços robóticos, atuadores de dupla-ação, atuadores de simples ação, servo motores etc.

Os braços robóticos são o principal objeto de estudo quanto aos robôs industriais. Rosário (2005) define um braço mecânico como um manipulador projetado para realizar diferentes tarefas e ser capaz de repeti-las.

Em relação aos sensores que identificam os elementos na produção, entra a parte da instrumentação. A Instrumentação Industrial, quando utilizada de maneira criteriosa e planejada, reduz custos, aumenta a produtividade e contribui com a qualidade e a segurança da produção.

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica da Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso de Engenharia de Produção da PUC Minas.

Instrumentação é definida por Franchi (2015) como “a ciência que estuda, desenvolve e aplica instrumentos de medição e controle de processos”.

Dentro da instrumentação existem diversos tipos de sensores que identificam e atuam de maneiras diferentes. Com o avanço da tecnologia, a instrumentação avançou ao ponto da utilização de sistemas de identificação com inteligência artificial.

Uma das formas utilizadas de inteligência artificial na indústria é a visão computacional. “Visão computacional é a ciência responsável pela visão de uma máquina, pela forma como um computador enxerga o meio à sua volta, extraíndo informações significativas a partir de imagens capturadas por câmeras de vídeo, sensores, scanners, entre outros dispositivos” (BALLARD; BROWN, 1982).

Sistemas de visão computacional podem ser utilizados em uma grande variedade de sistemas, desde sistemas avançados até comunicando com microcontroladores como o Arduino. McRoberts (2015) define Arduino como um computador minúsculo que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos que conectar a ele.

Um Arduino, assim como os controladores industriais, pode ter suas variáveis monitoradas através de um sistema supervisório. Moraes e Castrucci (2010) definem sistema supervisórios como sistemas digitais de monitoração e operação da planta que gerenciam variáveis de processo, que são atualizadas continuamente e podem ser guardadas em bancos de dados locais ou remotos para fins de registro histórico.

4 METODOLOGIA

A metodologia do processo pode ser dividida nas seguintes áreas:

- a) Processo: Definição da lógica do processo e de como funciona.
- b) Estrutura: Definição da instrumentação e estrutura física do processo.
- c) Programação: Lógica do processo programada nos controladores.
- d) Comunicação: Definição dos protocolos de comunicação e quais variáveis são utilizadas.

4.1 Processo

Esse projeto aborda a separação de produtos utilizando visão computacional e um sistema mecânico composto por um braço robótico e dois transportadores. O foco do projeto é tratar os dados recebidos do sistema de visão computacional de forma a produzir respostas eficientes nos atuadores controlados pelo Arduino. Um fluxograma geral do processo pode ser representado pela (Figura 1):

Figura 1 - Fluxograma geral do processo

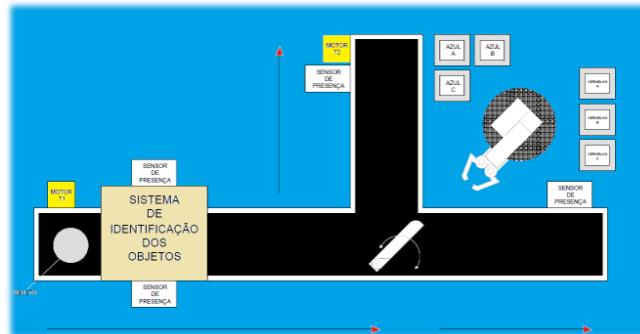


Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

O processo é composto por 4 etapas (blocos) principais cada uma com as seguintes funções:

- 1) Comando de iniciar o processo em modo automático através de botões ou pelo sistema supervisório. Assim o objeto é movido através dos transportadores até chegar no sistema de identificação.

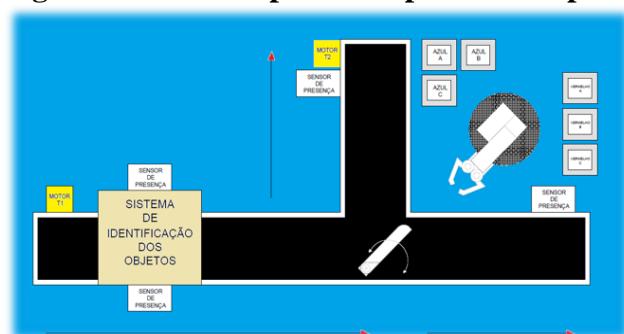
Figura 2 - Visão superior da planta - Etapa 1



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

- 2) No sistema de identificação, o transportador para por 15 segundos e automaticamente uma foto do objeto é tirada e tratada pelo sistema de visão computacional que retorna ao processo a cor e a forma do objeto.

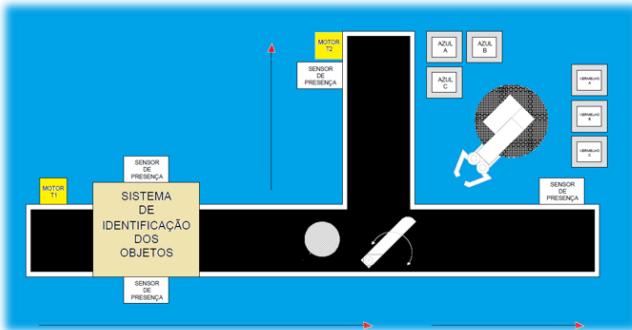
Figura 3 - Visão superior da planta - Etapa 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

- 3) Após a identificação, o transportador volta a rodar e o servo motor de separação por cor guia o objeto para seu devido caminho.

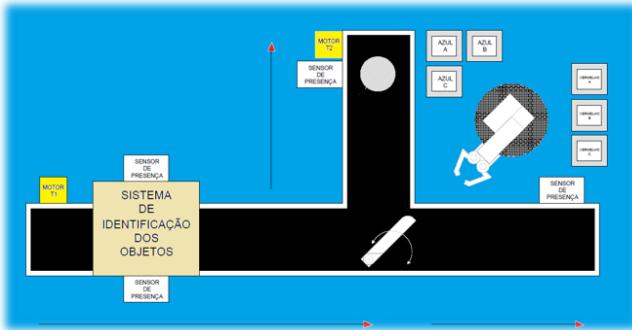
Figura 4 - Visão superior da planta - Etapa 3



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

- 4) Ao chegar ao fim do seu devido caminho, o braço robótico recebe a permissão de funcionar, separando automaticamente o objeto pela sua forma, inserindo em seu devido recipiente

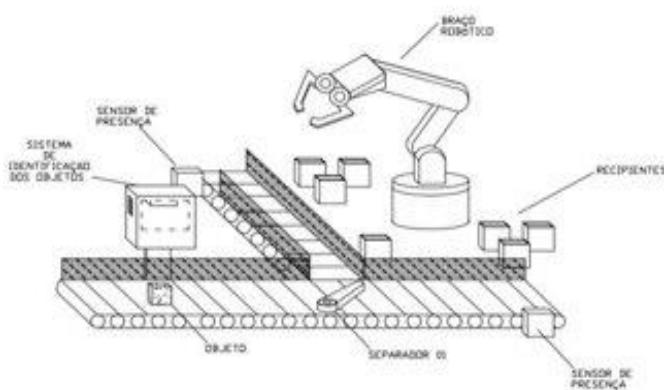
Figura 5 - Visão superior da planta - Etapa 4



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A representação física do processo pode ser representada pela (Figura 6):

Figura 6 - Processo automático de separação de materiais



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O sistema é controlado através de três estações de operação:

- Estação de operação do processo
- Estação de operação de identificação por foto
- Estação de operação do braço robótico

A estação de operação do processo é controlada através do microcontrolador Arduino Nano, que controla e recebe informações dos transportadores, sensores, botões e do servo motor de separação por cor.

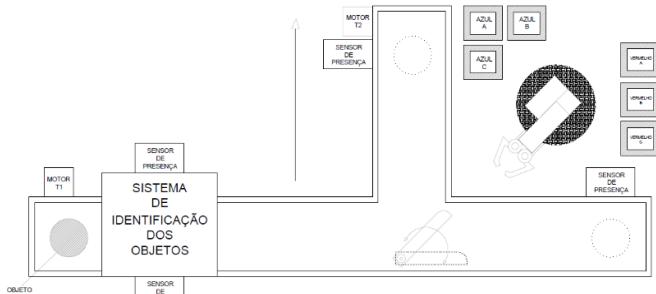
A estação de operação de identificação por foto é controlada através do microcontrolador ESP-32. Nela são recebidas as informações de um sensor inserido abaixo do local onde a foto do objeto é feita.

A estação do braço robótico é controlada pelo microcontrolador Arduino UNO, que controla os servos motores do braço robótico.

4.2 Estrutura

A planta de separação tem a seguinte constituição de equipamentos e instrumentos (Figura 7):

Figura 7 - Visão superior da planta



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os equipamentos:

- 02 transportadores acoplados
- 06 recipientes para a inserção do objeto pelo braço robótico
- 01 Sistema de identificação dos objetos
- 01 braço robótico

Os instrumentos:

- 04 sensores de presença
- 02 motores C.C. para os transportadores
- 01 servo motor para a haste
- 06 servos motores para o braço robótico

4.3 Programação

A programação é subdividida por elementos microcontroladores, sendo os elementos: Arduino Nano, Arduino UNO e ESP-32.

4.3.1 Programação do Arduino Nano (processo)

A programação do Arduino Nano foi realizada em C, utilizando funções, bibliotecas e separando modos de funcionamento.

A primeira etapa da programação foi a inserção das bibliotecas, no caso utilizadas a do servo motor (Servo.h) e da comunicação com o Elipse E3 (Modbusino.h). Pela biblioteca Modbusino foi declarado um elemento escravo, que no caso é o Supervisório e um vetor que carrega as 20 tags que são comunicadas com o Elipse.

A segunda etapa da programação foi a lógica do processo e dos protocolos de comunicação, determinando os modos de operação, movimentação dos motores, leitura de botões e leitura de sensores.

4.3.2 Programação do Arduino UNO (braço robótico)

Como o braço robótico é do tipo articulado, com 5 graus de liberdade mais a garra, a programação do braço robótico consiste em ajustar os 6 servos motores presentes nas articulações do braço para fazer a movimentação de pegar o objeto e inseri-lo em seu recipiente. Foram criadas funções para cada tipo de objeto que são chamadas quando o Arduino UNO do braço robótico recebe o valor de permissão, que ocorre quando o objeto chega ao sensor de presença ao final do transportador.

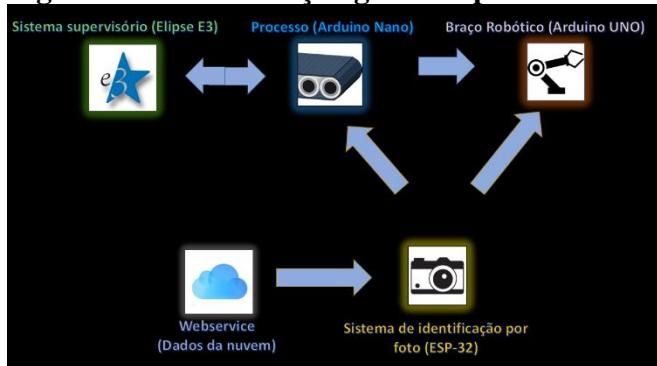
4.3.3 Programação do ESP-32

O ESP-32 no processo possui um sensor de obstáculos assim como o transportador possui. Ao objeto passar por esse sensor, é gerada uma requisição através de um protocolo HTTP por meio de seu Wi-Fi nativo para o endereço de IP que tira a foto do objeto que é tratada pelo sistema de visão computacional instalado no computador. Após um tempo de aproximadamente 8 segundos, o sistema de visão computacional retorna os valores de cor e forma em formato JSON, que são buscados pela programação do ESP-32 e convertidos em valores para as variáveis.

4.4 Comunicação

O sistema apresenta comunicação conforme demonstrado na (Figura 8).

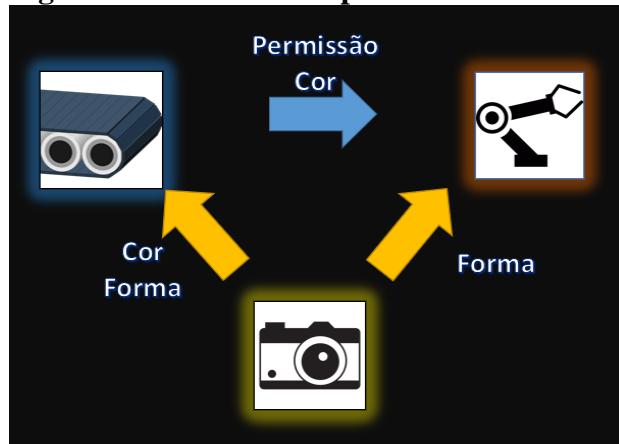
Figura 8 - Comunicação geral do processo



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Especificamente no processo, conforme a (Figura 9), as variáveis que são utilizadas na comunicação:

Figura 9 - Variáveis do processo



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.4.1 Comunicação Arduino Nano com Supervisório Elipse E3

A comunicação serial entre o Arduino Nano e o Supervisório Elipse E3 ocorre através de um cabo USB mini.

Utiliza-se nessa comunicação a biblioteca do Arduino “modbusino.h”, que realiza a comunicação com o Elipse através de um vetor de registradores.

4.4.2 Comunicação Arduino Nano com Arduino UNO

Como a comunicação serial via portas RX e TX é utilizada pelo supervisório, a comunicação entre Arduinos ocorre por meio de pinos de saída conectados a pinos de entrada. As portas A6 e A7 do Nano realizam o envio de bits que são lidos através das portas A1 e A4 do UNO. Para garantir a segurança do sistema foi inserido entre essas conexões resistores de 4700 Ω para limitar de corrente de entrada.

O sistema de comunicação funciona de forma binária, ou seja, ele converte o valor desejado para binário colocando a saída em HIGH ou LOW, sendo HIGH referente a 1 e LOW referente a 0. Assim o protocolo de comunicação é:

Tabela 1 - Conversão Binária para comunicação Nano-UNO para cor

Cor (Nano) /Pino (UNO)	Pino A1
Vermelho	0
Azul	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Tabela 2 - Conversão Binária para comunicação Nano-UNO para permissão do braço robótico

Permissão (Nano) /Pino (UNO)	Pino A4
Braço robótico não permitido	0
Braço robótico permitido	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.4.3 Comunicação Arduino Nano com ESP-32

Para a comunicação com o sistema de visão computacional é necessário a comunicação via Wi-Fi, sendo o uso do ESP-32 mais recomendado pela velocidade e interface.

Assim o ESP-32 realiza a comunicação com o Arduino de forma semelhante a comunicação entre o Arduino Nano e UNO. São utilizadas saídas do ESP-32 (D18, D19, D21) conectadas a entradas do Arduino Nano (A2, A3, A4) respectivamente.

Para adequar os níveis de tensão de alimentação do circuito, é utilizado um módulo de conversão de 5V-3V3, e posteriormente resistores de $4700\ \Omega$.

O protocolo de conversão do ESP-32 para o Arduino Nano é o seguinte:

Tabela 3 - Conversão Binária para comunicação Nano-ESP para cor

Cor (ESP-32) /Pino (Nano)	Pino A2
Cor Vermelha	0
Cor Azul	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Tabela 4 - Conversão Binária para comunicação Nano-ESP para forma

Forma (ESP-32) /Pino (Nano)	Pino A3	Pino A4
Círculo	0	0
Triângulo	0	1
Quadrado	1	0
Retângulo	1	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.4.4 Comunicação Arduino UNO com ESP-32

A comunicação entre o Arduino UNO e ESP-32 é feita da mesma forma do Arduino Nano com o ESP-32. Utilizam-se as mesmas saídas utilizadas do ESP (D19, D21) para forma.

Tabela 5 - Conversão Binária para comunicação UNO-ESP para forma

Forma (ESP-32) /Pino (UNO)	Pino A2	Pino A3
Círculo	0	0
Triângulo	0	1
Quadrado	1	0
Retângulo	1	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

5 RESULTADOS

O sistema completo e pronto pode ser visto na figura 10:

Figura 10 - Estrutura completa do processo de separação



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O sistema apresenta uma estação de controle local com botões que fazem as suas respectivas funções descritas em suas plaquetas, conforme demonstrado na figura 11:

Figura 11 - Estação local de controle



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Na estação local de controle, assim como no sistema supervisório pode-se ligar, desligar, entrar em modo de emergência e alterar os modos de operação de local e remoto.

O sistema supervisório apresenta o seguinte layout (Figura 12):

Figura 12 - Tela do sistema supervisório do processo



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Uma visão da planta com o sistema supervisório funcionando no computador pode ser representada pela figura 13:

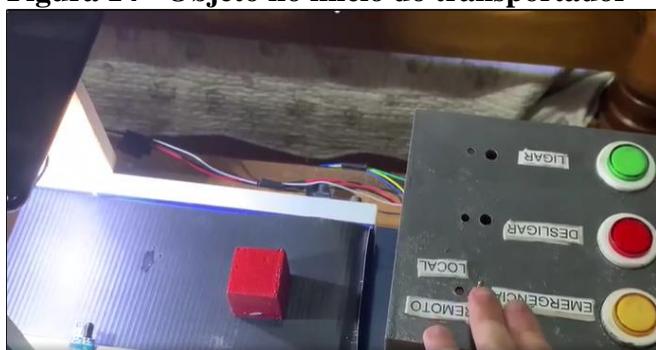
Figura 13 - Tela do sistema supervisório na planta



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O caminho do objeto durante o processo pode ser representado pelas figuras posteriores, onde o início do processo é representado pela (Figura 14):

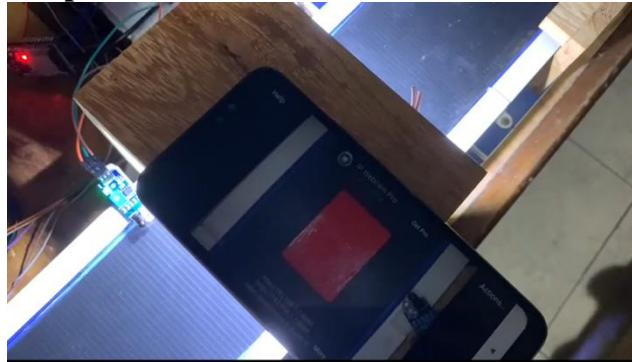
Figura 14 - Objeto no início do transportador



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao movimentar o transportador, o objeto entra na área do sistema de visão computacional, onde sua foto é tirada e enviada a requisição ao servidor para tratar a foto e receber os valores de cor e forma.

Figura 15 - Foto automática sendo tirada do objeto para tratamento no sistema de visão computacional



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao ser identificado, o transportador libera o objeto, que pode ter dois caminhos, representados pela figura 16 para um objeto de cor vermelha:

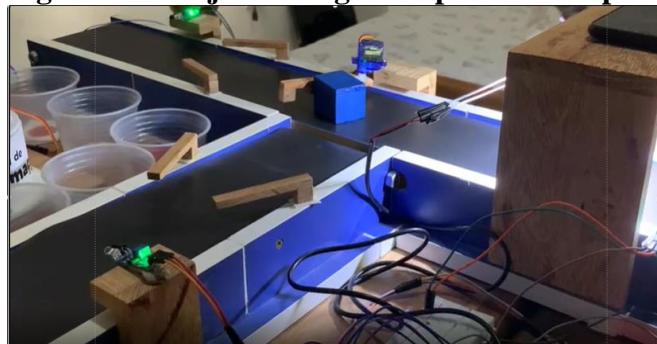
Figura 16 - Objeto vermelho permitido para o transportador 1



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

E pela figura 17 para um objeto de cor azul, onde o servo motor de separação guia o objeto para o segundo transportador:

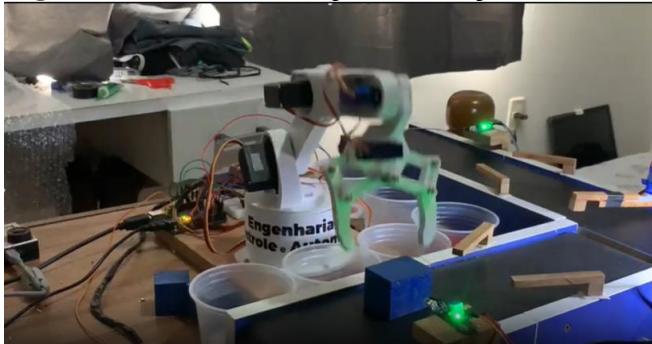
Figura 17- Objeto azul guiado para o transportador 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao chegar ao fim do transportador, representado na direção dos sensores na figura 18, o braço robótico realiza seu movimento de pegar o objeto, também demonstrado na figura 19 para a cor vermelha:

Figura 18 - Movimentação do braço robótico inicial



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Figura 19 - Movimentação do braço robótico inicial para objeto de cor vermelha



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

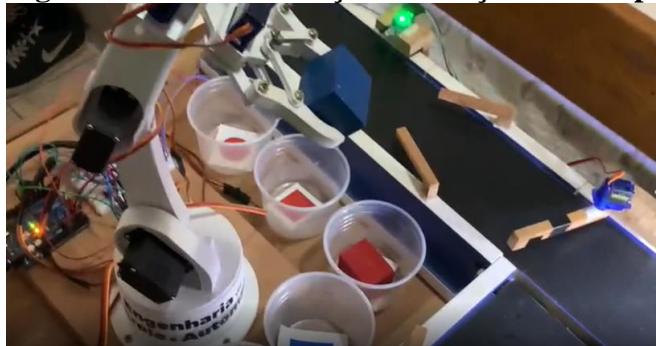
Ao segurar o objeto a movimentação do braço robótico é representada pelas figuras 20, 21 e 22, em ordem, colocando o objeto em seu recipiente adequado:

Figura 20 - Movimentação do braço robótico para objeto de cor azul 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Figura 21 - Movimentação do braço robótico para objeto de cor azul 3



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

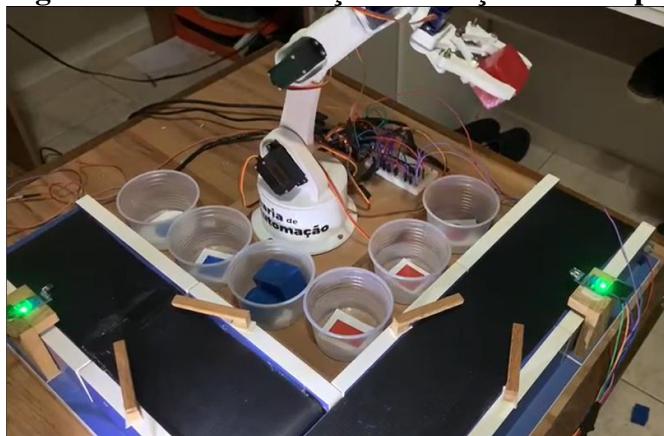
Figura 22 - Objeto azul inserido em seu recipiente



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

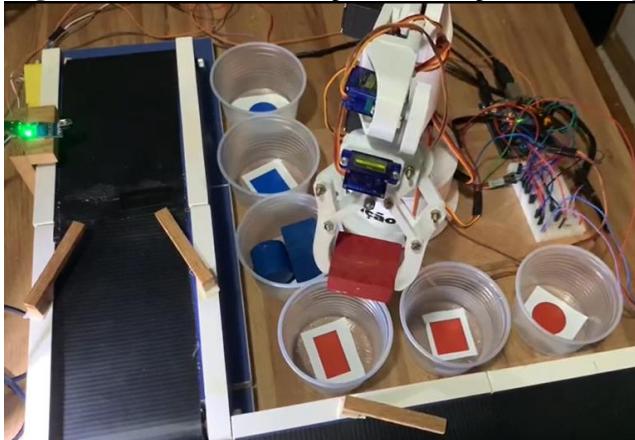
As movimentações do lado vermelho para um retângulo, podem ser indicadas nas figuras 23, 24 e 25:

Figura 23 - Movimentação do braço robótico para objeto de cor vermelha 2



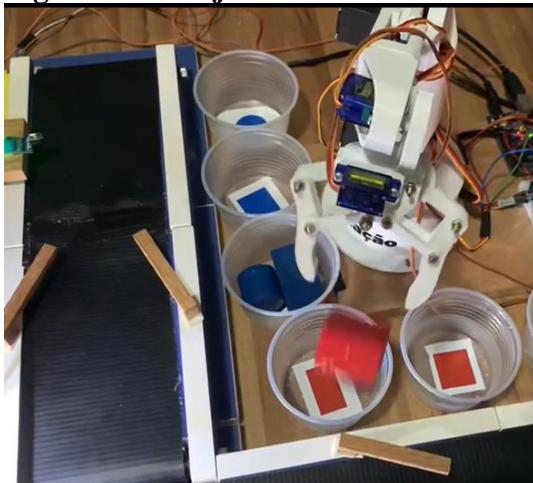
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Figura 24 - Movimentação do braço robótico para objeto de cor vermelha 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Figura 25 - Objeto vermelho sendo inserido em seu recipiente



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

6 CONCLUSÕES

Para atingir o objetivo desse trabalho, foi preciso compreender as necessidades da indústria atual. Como mencionado na introdução do mesmo, percebeu-se uma adesão baixa à tecnologia, devido, principalmente aos altos investimentos necessários no desenvolvimento de tecnologias específicas para separar materiais sólidos. Os processos atuais atendem somente as áreas para os quais foram desenvolvidos como no caso da mineração.

O planejamento de um processo industrial depende de diversos fatores e decisões, além de requerer determinação dos métodos e da sequência de fabricação para que a planta industrial tenha as especificações de projeto.

Montar um sistema eficiente de separação de materiais a fim de aprimorar ações e recursos para intensificar a oferta e a disponibilidade de produtos e serviços ao mercado era nosso objetivo principal.

Para isso buscamos atender a ordem dos níveis da automação presentes nos processos instrumentação, controle, supervisão, gerenciamento de planta e gerenciamento corporativo.

A conclusão foi a utilização de sistemas da robótica em conjunto, com sistema de identificação de objetos por IA e sistema de transporte por correia transportadora. Com a função de levar materiais em seus respectivos locais segundo sua identificação, aproveitando do fato que são áreas que estão crescendo atualmente em termos de investimento e tecnologia.

A integração de diferentes sistemas de áreas da automação levou a algo semelhante a Indústria 4.0, tornando cada vez mais complexo, e a necessidade mudança de tecnologia.

É possível integrar diferentes sistemas de diferentes áreas da automação. Apesar dos problemas enfrentados na comunicação da nuvem com os controladores, aprofundando mais em tecnologias mais avançadas há a possibilidade de tornar esses sistemas mais efetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por ter nos mantido na trilha certa durante este projeto de TCC com saúde e forças para chegar até o final.

Somos gratos à família pelo apoio que sempre nos deram durante toda a vida.

Deixamos um agradecimento especial a orientadora Renata Umbelino Rêgo pelo incentivo e pela dedicação do seu escasso tempo ao projeto.

Também agradecemos à PUC-MG e a todos os professores do curso de Engenharia de Controle e Automação pela elevada qualidade do ensino oferecido.

REFERÊNCIAS

FRANCHI, C. M. **Instrumentação de processos industriais princípios e aplicações.** São

Paulo: Érica, 2015. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519753/cfi/1!/4/4@0.00:30.6>.

Acesso em: 02 abr. 2020.

MCROBERTS, M. **Arduino básico.** 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015.

BALLARD, D. H.; BROWN, C. M. **Computer Vision,** Englewood Cliffs, New Jersey, PrenticeHall, 1982.

MORAES, C. C. D.; CASTRUCCI, P. D. L. **Engenharia de automação industrial.** Rio de Janeiro: LTC, 2010.

NASCIMENTO, G. G.; GUIMARÃES, T. S. **Sistema de reconhecimento de objetos por visão computacional.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

ROSÁRIO, J. M. **Princípios de mecatrônica.** São Paulo: Pearson, 2005.

Letra Braille: célula tátil didática

Rafaela da Silva Castorino*
Raquel de Souza Araújo Mendes **
Cláudio Dias Campos **

RESUMO

Este artigo descreve o desenvolvimento de um dispositivo didático de auxílio ao processo de alfabetização Braille de crianças com deficiência visual, suprindo dificuldades inerentes ao processo de ensino, como falta de recursos, quantidade excessiva de alunos em sala e curto tempo para aprendizagem. O dispositivo é composto por um módulo tátil comandado por um aplicativo móvel via rede Wi-Fi, onde o professor seleciona as letras do alfabeto português e as envia para a exibição nas células braille do dispositivo em posse do aluno. O estímulo tátil é produzido através do levantamento saliente de pinos atuados por acionadores táticos eletromecânicos.

Palavras-chave: Alfabetização. Deficiência visual. Braille. Dispositivo. Célula. Aplicativo.

1 INTRODUÇÃO

O processo de alfabetização das crianças com deficiência visual apresenta peculiaridades que demandam um atendimento diferenciado por partes dos professores da área de educação inclusiva. Uma destas peculiaridades diz respeito à utilização de materiais adaptados para o ensino do Sistema Braille em salas de aula.

Educadores do Instituto São Rafael¹ e do Centro de Referência e Apoio a Educação Inclusiva (CRAEI²), que atendem alunos com deficiência visual em turmas de alfabetização, apontam como determinantes no processo de aprendizagem, a seleção correta dos materiais didáticos, treinamento especializado para o educador e incentivos externos, como o apoio dos familiares. Além disso, evidenciam que é necessária uma melhoria dos métodos didáticos utilizados e uma inovação na maneira de se levar o conhecimento às salas de aula.³

Nos dias de hoje, tecnologias que trazem novas perspectivas educacionais para os deficientes visuais, como o uso de ferramentas que permitem a transcrição de livros em formato de áudio e em braile, estão ganhando popularidade.

Entretanto, observa-se que é necessário que os recursos de Tecnologia Assistiva aumentem suas presenças nas escolas e que também sejam concebidos com um olhar voltado ao processo de alfabetização. A realidade mostra que a maior parte dos recursos oferecidos no mercado são voltados a indivíduos cegos após a sua alfabetização.

Diante do exposto, propõe-se o desenvolvimento de um módulo tátil controlado através de aplicativo móvel dedicado, para uso em salas de aula de ensino regular, que auxilie o professor no processo de alfabetização de crianças cegas, de forma a contribuir para a sua inclusão.

* Alunas do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professor do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas.

E-mail para contato: campos@pucminas.br

¹ Estabelecimento da rede estadual de educação especial, dedicado à educação de pessoas de deficiência visual.

² Centro de Referência e Apoio a Educação Inclusiva (CRAEI), que promove cursos de formação inclusiva para professores do ensino regular.

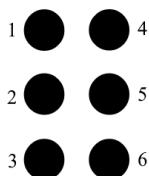
³ Pesquisa de campo realizada com professoras no CRAEI - Rafael Veneroso em 23 maio 2019.

2 SISTEMA BRAILLE

O sistema de escrita em relevo conhecido pelo nome de seu inventor, Louis Braille, Paris, 1824, tornou-se o sistema mais adotado em todo o mundo. O Braille é aplicado não só à representação dos símbolos literais, mas também a símbolos matemáticos, químicos, fonéticos, informáticos e musicais.

Este sistema de escrita é constituído por 63 sinais gráficos, formados a partir de um conjunto matricial de 3 (três) linhas e 2 (duas) colunas de pontos em relevo, como representado na Figura 1.

Figura 1 – Conjunto matricial 3x2 dos pontos de uma célula Braille



Fonte: Elaborada pelas autoras (2020).

Este conjunto matricial formado por seis pontos táteis é denominado Sinal Fundamental. O espaço por ele ocupado denomina-se Cela (ou Célula) Braille.

Para facilitar a identificação pelos usuários e estabelecer a posição relativa dos pontos na célula braille, estes pontos são numerados de cima para baixo e da esquerda para a direita. Os pontos que formam a coluna esquerda, têm os números 1, 2, 3; aos que compõem a coluna direita, cabem os números 4, 5, 6 (BRASIL, 2018).

2.1 Escrita da língua portuguesa na grafia Braille

Na aplicação do sistema Braille à Língua Portuguesa, quase todos os sinais conservam a sua significação original. Apenas algumas particularidades são observadas na realização deste tipo de escrita. Um dos pontos a ser observado é a utilização de símbolos para distinção de números e letras maiúsculas estampados na célula precedente. A acentuação já está imposta dentro da escrita nas células, não sendo necessário a inserção de um símbolo precedido da letra a ser acentuada.

3 DESAFIOS DA ALFABETIZAÇÃO DE CEGOS

O processo de alfabetização do aluno cego inicia-se com os elementos fundamentais da metodologia de aprendizagem da leitura: compreensão, experimentação, percepção e conceituação. Para os alunos cegos ou de muito baixa visão, são realizadas adaptações nos materiais de estudo que possam se enquadrar nos elementos fundamentais do aprendizado. Como exemplo pode-se citar a utilização de botões de vestimentas, que auxiliam no processo de reconhecimento de formas e tamanhos dos objetos, e do mesmo modo, apoiam o processo de ensino da matemática.³

A alfabetização no Braille é realizada com o aprendizado do alfabeto transcrito letra a letra, constituído de três conjuntos: No primeiro conjunto, os alunos aprendem as letras de A até J, nele são utilizados somente 4 pontos superiores da Célula Braille, após, são apresentadas as letras de K até T, com a característica de se ter somente o acréscimo do Ponto 3. Para finalizar, são vistas as últimas letras do alfabeto, de U até Z, que acrescenta o último ponto da célula, o Ponto 6.

Para cada um dos conjuntos de letras revisadas no processo de alfabetização, o educador realiza a montagem das atividades, com os materiais disponíveis em sala, para cada aluno, separadamente. No Instituto São Rafael, as aulas são ministradas com uma turma de aproximadamente 12 alunos, demandando tempo de atenção por parte do educador para o atendimento individualizado⁴.

Os educadores que atuam nas chamadas salas de recursos multifuncionais recebem treinamento semelhante ao realizado com o aluno cego, para que ele possa compreender as atividades e metodologias que serão repassadas às crianças. Ressalta-se, porém, que a escrita e leitura em Braille para a pessoa sem deficiência visual é de complexidade diferenciada, pois é necessário aprender o Sistema Braille visualmente, e não pelo tato. Dentre os materiais comumente utilizados pelos educadores têm-se as folhas de consulta com o alfabeto em Braille, quadros e materiais impressos para a orientação e correção das atividades de ensino.

Observa-se também que o professor na sala de aula regular necessita de apoio da sala de recurso multifuncional e de um assistente, ou monitor, que acompanhe o aluno em suas atividades que demandam de atenção individual. A realidade mostra que nem todos os professores tem proficiência na escrita Braille.

Percebe-se ainda que não há uso de tecnologia nesta etapa inicial do processo de alfabetização Braille. A falta de recursos e estímulos pode ocasionar um comportamento passivo, falta de interesse e de motivação no aluno com deficiência visual. Os meios informáticos são reconhecidos como facilitadores, tanto pelos educadores, quanto pelos educandos, pois estes já provaram a sua eficácia na viabilização da comunicação, da pesquisa e do acesso ao conhecimento (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007).

4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

Com o objetivo de auxiliar a aprendizagem do Braille nas salas de aula, buscou-se desenvolver uma solução física, e estrutural, que fosse capaz de reproduzir, em alto relevo, os caracteres do Sistema Braille sob comandos enviados remotamente pelo professor, através da facilidade do uso de um aplicativo móvel celular.

A solução proposta segue as regras de leitura padronizadas pelo sistema Braille, no qual possibilita ao usuário a compreensão de todo o alfabeto simples, letras com diacríticos, pontuação, sinais acessórios, sinais usados com números e sinais exclusivos da escrita Braille.

O produto implementado, nomeado Letra Braille, será composto por um aplicativo que permitirá o pleno controle remoto pelo usuário (os professores), e um módulo tátil, que será o dispositivo físico de reprodução dos pontos braille em um arranjo duplo de células braille. O módulo físico, o *hardware*, receberá os comandos do aplicativo móvel e fará o acionamento do conjunto de pinos que formarão os símbolos Braille a serem estampados.

⁴ Pesquisa de campo realizada com professora com Especialização no Ensino de Cegos no dia 09 Mai. 2019.

Figura 2 – Ilustração do produto Letra Braille



Fonte: Elaborada pelas autoras (2020).

5 SOFTWARE APlicATIVO

Para desenvolvimento do aplicativo móvel de controle utilizou-se a ferramenta Thunkable. Sua escolha deve-se principalmente ao fato de ser de fácil programação e implementação, possibilitando que sejam realizados testes e aperfeiçoamentos durante toda a fase desenvolvimento do produto. Além disso, o Thunkable utiliza, para o desenvolvimento do código o conceito de *Cross Platform*, ou seja, proporciona uma ampla extensão de uso do aplicativo através do desenvolvimento compatível com os sistemas operacionais Android e iOS (THUNKABLE, 2020).

O aplicativo desenvolvido nesta plataforma tem como objetivo enviar comandos de caracteres e letras do alfabeto em português para serem reproduzidos nos pinos Braille do módulo tático. Optou-se em adotar a rede Wi-Fi como o meio de comunicação entre o aplicativo móvel celular e o módulo tático. O envio de dados para o módulo tático é dividido em telas específicas que contém as separações das letras, números, sinais e pontuações. Além disso, o aplicativo apresenta uma tela específica para a realização de cadastros, com a criação do usuário e senha de acesso do professor, bem como também possui telas informativas que auxiliam no uso do aplicativo.

5.1 Funcionamento do aplicativo

Considerando a quantidade de alunos por turma, a conexão do aplicativo com o módulo pode ser desenvolvida de forma que todos os módulos sejam acionados com os mesmos comandos ao mesmo tempo, facilitando assim as montagens das atividades produzidas pelo professor durante as aulas.

São criadas telas para a interação com o desenvolvedor, tela para auxiliar o professor a verificar a representação das letras em braille e também telas que comunicam com o módulo, onde o professor seleciona as letras do aplicativo e assim a representação em braille será exibida no módulo.

A garantia de comunicação multiponto é facilitada pela adoção padrão de rede Wi-Fi. Assim, o aplicativo possui um componente que permite o envio dos dados e comandos através do uso de protocolo HTTP com uma requisição do tipo GET, ou seja, as solicitações são enviadas ao módulo através de uma requisição passada por um comando pré-definido em uma URL configurada no código.

Para exemplificar seu uso, quando a letra ‘A’ é pressionada no aplicativo, é enviado através do protocolo HTTP uma requisição via GET, onde o código da letra ‘A’ é passado através do cabeçalho da URL configurada no aplicativo e no módulo tático. Cada um dos caracteres a serem transmitidos recebem um código para ser enviado e exibido no módulo tático.

5.2 Telas do aplicativo de controle

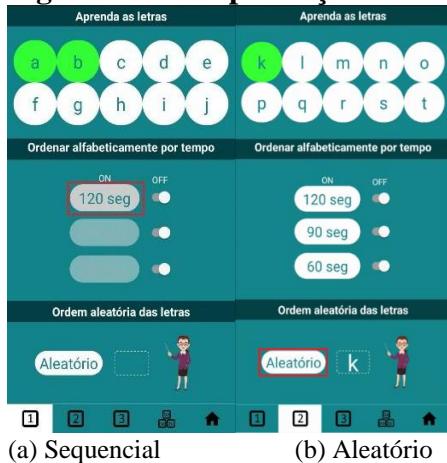
O aplicativo é composto por telas divididas e construídas para auxiliar o professor durante as atividades em sala. O sistema de login é integrado ao sistema de autenticação da plataforma de desenvolvimento mobile Firebase do Google.

A tela inicial contém um menu com três ícones que separam as seguintes: *Dicionário*, *Conhecendo o alfabeto* e *Símbolos*. Cada uma destas funções possui finalidades específicas que auxiliam o professor durante as aulas.

O primeiro ícone da tela inicial consiste no *Dicionário*. Considerando a grande quantidade de caracteres existentes no sistema Braille, e a necessidade de consulta dos professores durante as aulas, a tela de dicionário foi desenvolvida para auxiliar o professor na visualização rápidas dos símbolos, letras e caracteres correspondentes ao Sistema Braille.

O segundo ícone é chamado de *Conhecendo as letras*, nele estão dispostas telas que possuem menus de separações das letras baseadas nas três sequências de ordem de aprendizado da leitura Braille. O primeiro conjunto de letras de A até J, o segundo com as letras de K até L e o terceiro indo de U até Z.

Figura 3 - Exemplificação das funções sequencial e aleatória



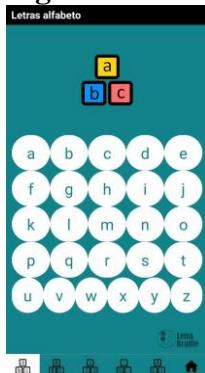
Fonte: Elaborada pelas autoras (2020).

Em cada uma das separações do conjunto são colocadas duas funções de exibição das letras. Veja a ilustração da Figura 3. A primeira função, Figura 3(a), faz com que as letras sejam enviadas ao módulo em sequência e exibidas em Braille durante o período de tempo selecionado, ou seja, sempre que o usuário clicar em 120 seg., cada letra da sequência de A até J será exibida no módulo em Braille por 2 min e no aplicativo o botão muda para a cor verde para que o professor acompanhe a sequência. A segunda função, Figura 3(b), faz com que a mesma sequência de letras exibida no módulo de forma aleatória, com o tempo de exibição de cada letra em Braille no módulo fixado em 2 minutos.

Observa-se também que neste ícone é incluso uma tela de sílabas, compostas pela junção de todas as vogais com algumas consoantes básicas da língua portuguesa.

O último ícone do menu, exibido na tela inicial, corresponde a *Símbolos*, nele pode-se acessar as telas com as letras do alfabeto, números, pontuações e símbolos. Sempre que o botão de uma letra, caractere ou símbolo é clicado pelo professor usuário, a letra correspondente em Braille é exibida no módulo tátil do aluno. Devido ao número de células do módulo tátil ser limitado a duas células, e ao projeto ser destinado a alfabetização das crianças no sistema Braille, foram inseridos somente os símbolos básicos do processo de alfabetização Braille.

Figura 4 - Tela Letra alfabeto do aplicativo



Fonte: Elaborada pelas autoras (2020).

Considerando-se ainda que o aplicativo é destinado a um público específico, professores, monitores, ou outras pessoas envolvidas no processo de alfabetização, foram criadas telas que auxiliem este usuário no entendimento desta ferramenta. Ressalta-se ainda uma preocupação para facilitar a comunicação deste usuário com centros de suporte e desenvolvimento do produto. A tela *Sobre* e a tela *Fale conosco* foram desenhadas e disponibilizadas com este objetivo.

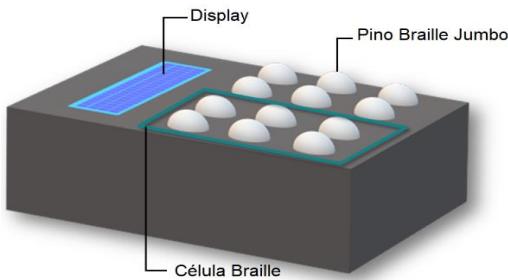
6 HARDWARE DO SISTEMA

O módulo tátil proposto neste projeto será composto por 2 (duas) células Braille tamanho jumbo⁵, que totalizam doze atuadores táticos eletromecânicos, display para confirmação e acompanhamento de videntes, microcontrolador ESP8266, circuitos eletrônicos dedicados para controle e alimentação. A comunicação entre o software (aplicativo móvel) e o hardware de controle e acionamento se dá via rede Wi-Fi. Os atuadores táticos utilizados são do tipo mini acionadores solenoides.

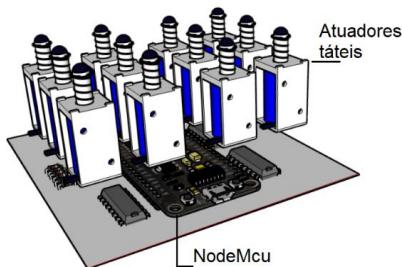
A Figura 5(a) ilustra a estrutura externa do módulo tátil que será formada uma pequena caixa polimérica onde serão instalados os componentes eletrônicos em seu interior. Na superfície externa, Figura 5(b), os pinos salientes farão os acionamentos táticos da célula Braille. O display servirá para auxiliar o instrutor a confirmar o comando enviado ao módulo. Além deste propósito, o display se presta a facilitar o treinamento e aprendizado do sistema Braille de usuários videntes, como é o caso de professores iniciantes.

⁵ Braille de seis pontos, produzido em células de tamanho superior ao normalmente utilizado, com maior afastamento entre os pontos

Figura 5 - Módulo Célula Braille



(a) Face externa



(b) Área interna

Fonte: Elaborada pelas autoras (2020).

6.1 Unidade de processamento e controle

O ESP8266 é um SoC (System-on-a-Chip) de baixo custo com Wi-Fi integrado, largamente utilizado em aplicações de IoT (Internet das Coisas). Para permitir que ele seja utilizado de maneira mais fácil, foram desenvolvidos comercialmente os denominados módulos NodeMCU, que são módulos de desenvolvimento voltados a prototipagem rápida.

Neste projeto adotou-se a plataforma de desenvolvimento NodeMCU para a validação funcional do conceito de solução proposto.

Os módulos NodeMCU incluem o ESP8266 soldado e oferecem acesso físico às portas de entrada saída através de barras de pinos. A programação destes dispositivos pode ser realizada através do ambiente integrado de desenvolvimento de código livre, Arduino IDE. A prototipagem rápida de projetos simplifica o processo de criação, testes e utilização de placas de circuito impresso e reduz as complexidades de programação e do desenvolvimento eletrônico.

6.2 Atuadores tátteis

O acionamento de cada um dos pinos da célula Braille funciona com o auxílio de um mini solenoide de acionamento eletromagnético. São seis acionadores para cada uma das duas células Braille implementadas. O acionador possui uma bobina composta por um fio esmaltado enrolado através de um núcleo magnético. O princípio de funcionamento se fundamenta na conversão de energia elétrica em magnética e da energia magnética em energia mecânica, fazendo com que a haste do solenoide seja acionada, elevando o pino da célula Braille e criando uma protuberância tática para o leitor deficiente visual.

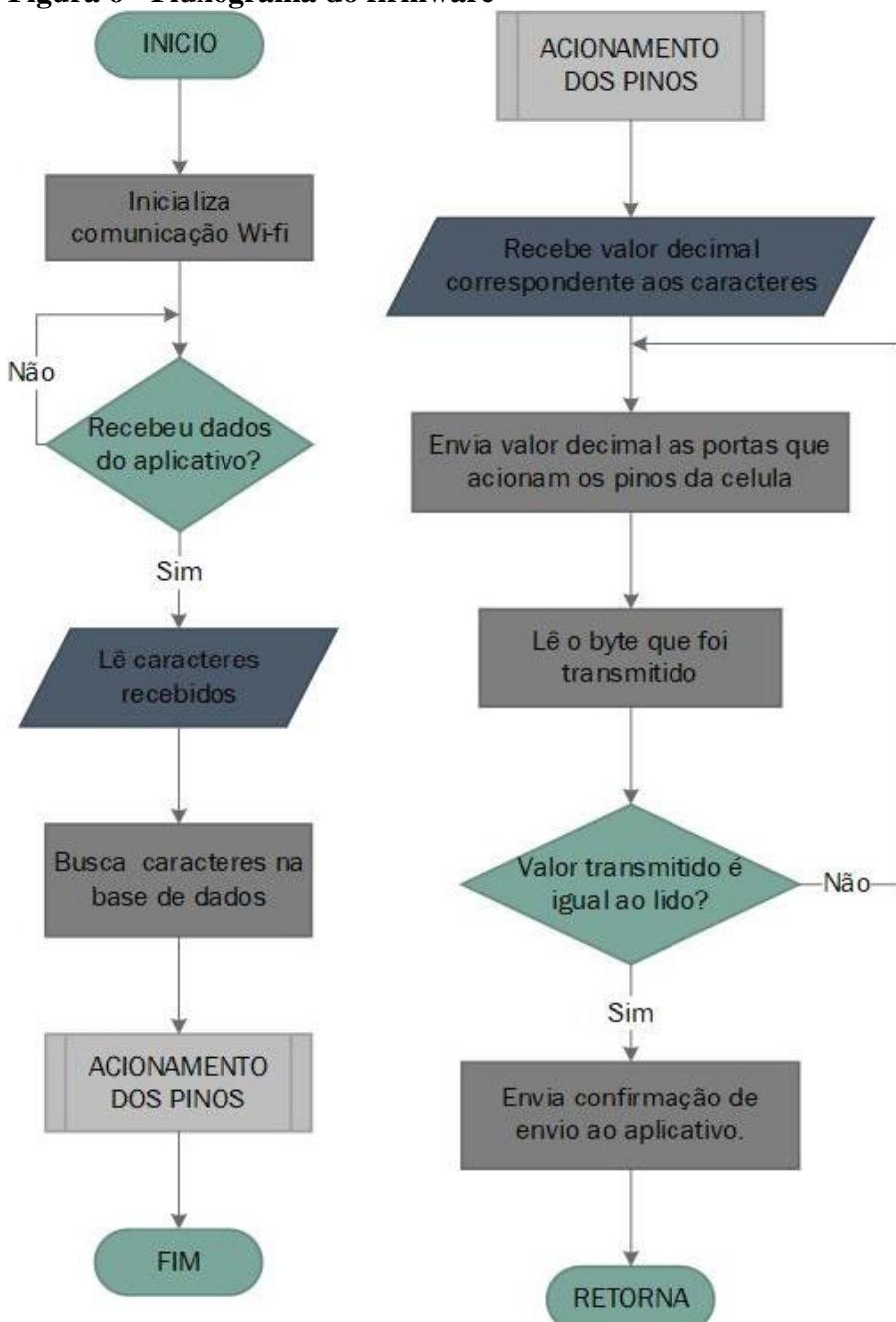
6.3 Circuito eletrônico do sistema

O circuito eletrônico do projeto conta com regulador de tensão, extensores de barramento I2C para ampliação do número de saídas digitais de controle e *drivers* de potência para acionamento elétrico dos atuadores eletromecânicos.

6.4 Firmware do sistema

Os comandos enviados pelo software aplicativo móvel são recebidos pelo NodeMCU, sendo então processados de acordo com a programação pré-estabelecida, e, por fim, resultando no acionamento coordenado dos pinos solenoides para formar os padrões Braille táteis.

Figura 6 - Fluxograma do firmware



Fonte: Elaborada pelas autoras (2020).

7 VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO

Para validação da comunicação entre aplicativo móvel e firmware controlador do módulo tático, foram feitas alterações no circuito de forma que fosse possível uma montagem do protótipo com os recursos disponíveis na posse destes autores. A Figura 7 ilustra o módulo montado em protoboard, evidenciando a substituição dos mini acionadores solenoides por leds.

Figura 7 - Módulo implementado para de testes e validação



Fonte: Elaborada pelas autoras (2020).

Todos os caracteres contidos no aplicativo foram testados e os erros pontuais de comunicação ocorridos durante o desenvolvimento do firmware foram constatados e corrigidos.

Com os testes realizados por usuários com deficiência visual notou-se que não era possível acessar determinadas telas por estarem ocultas, botões que não tinham descrição, imagens não clicáveis e que não tinham o retorno de áudio de algumas funcionalidades do aplicativo.

Figura 8 - Voluntário cego testando o produto



Fonte: Fotografada pelas autoras (2020).

Através deste retorno do usuário, as telas do aplicativo desenvolvido foram projetadas de forma que facilitasse o uso pelo usuário vidente e cego, como a disposição dos menus no canto inferior de cada tela, layout que pode ser visto nas Figuras 3 e 4, botões com descrição e a funcionalidade de reprodução dos áudios, que pode ser ativada na tela de *login* e somente será desabilitada quando o usuário clicar no botão sair, que fica no canto inferior da tela Inicial.

Na tela de *Dicionário*, cada uma das imagens contém uma descrição dos pontos das células Braille onde o texto é oculto para o usuário vidente. O acesso às imagens com os pontos Braille é realizado com a escrita da letra ou caractere desejado pelo usuário. Após a seleção da imagem da célula Braille e, a cada pesquisa, fica disponível na tela a imagem do ponto Braille da letra pesquisada anteriormente.

No aplicativo estão armazenadas as imagens dos caracteres básicos do teclado da google Gboard, exceto os símbolos de acentuação e os símbolos que não estão representados no documento da 3^a edição da Grafia Braille para a Língua Portuguesa (BRASIL, 2018)

Todos os botões que selecionam os caracteres, letras e símbolos para serem representados na célula Braille tem o retorno de áudio com a palavra “Enviado” a cada vez que é pressionado. Para a tela *Conhecendo o alfabeto*, quando o tempo de exibição da letra sequencial é selecionado, um áudio contendo as letras é reproduzido.

Para a melhor experiência do usuário vidente, as letras trocam de cor quando o usuário seleciona uma das sequências ou do envio das letras em ordem aleatória.

8 CONCLUSÕES

Quanto à questão norteadora deste artigo, que se trata de entender os métodos e materiais disponíveis para os professores aplicarem ao processo de alfabetização de crianças cegas, e propor a construção de um dispositivo de baixo custo e robusto que facilitasse a metodologia de ensino, as validações realizadas apontam que o dispositivo cumpre os objetivos básicos.

A comunicação desejada entre o aplicativo móvel e o módulo tátil foi realizada com sucesso, mas observa-se que pequenos ajustes de layout no aplicativo foram necessários para facilitar a sua utilização.

Os componentes utilizados no módulo tátil prototipado foram adaptados à realidade do ambiente de construção e testes disponíveis no período deste desenvolvimento, limitados pelas restrições do isolamento social decorrente das medidas de segurança durante a pandemia do vírus Covid-19.

Assim, para trabalhos futuros, uma nova versão do dispositivo poderá ser desenvolvida com hardware capaz de receber maior número de células Braille, para que assim exista uma ampliação do seu uso dentro de salas de aula, sendo possível realizar a formação de palavras e sílabas compostas.

Por fim, destaca-se que será necessário ampliar o software aplicativo de forma que vários módulos tátteis possam ser comandados pelo aplicativo de forma individualizada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso orientador Prof. Cláudio Dias Campos por todo apoio prestado durante esse projeto e pela confiança depositada em nós. Também gostaríamos de agradecer a Flávia Antônia de Souza no conhecimento sobre a área Braille e também ao Anderson Martins Costa e Guilherme Francisco dos Reis Silva pelos testes realizados no aplicativo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada Alfabetização, Diversidade e Inclusão. **Grafia braille para a língua portuguesa**. 3. ed. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2018-pdf/104041-anexo-grafia-Braille-para-lingua-portguesa/file>. Acesso em 01 abr. 2020.

SÁ, Elizabet Dias de; CAMPOS, Izilda Maria de; SILVA, Myriam Beatriz Campolina. Atendimento educacional especializado: deficiência visual. Brasília: SEESP, SEED, MEC, 2007. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/aee_dv.pdf. Acesso em: 25 maio 2020.

THUNKABLE. **Build your own apps.** [S. l.]: Thunkable, 2020. Disponível em: <https://thunkable.com/#/>. Acesso em 01 maio 2020.

Sistema de reconhecimento de objetos por visão computacional

Gabriel Gomes Nascimento*
 Thiago Sérvalo Guimarães*
 Renata Umbelino Rêgo**

RESUMO

O sistema de reconhecimento de objetos através da visão computacional tem como finalidade reconhecer formas geométricas (quadrado, círculo, retângulo e triângulo) além das suas cores. Este sistema foi utilizado em uma planta industrial desenvolvida pelos alunos Thiago Ribeiro Castilho e Douglas Maurício Fonseca (2020) onde, através da visão computacional, os objetos foram separados de acordo com suas características, ou descartados caso estivessem fora do padrão estabelecido.

Palavras-chave: Visão computacional. Python. Machine learning. Reconhecimento de objetos. Indústria 4.0.

1 INTRODUÇÃO

Uma linha de produção nem sempre apresenta a mesma qualidade em todos os lotes fabricados devido a variações de matérias-primas, desgastes de maquinários ou influências externas. Com isso, as empresas devem adotar técnicas de verificação e inspeção da qualidade da produção. A amostragem é a técnica utilizada com mais frequência, mas ela está propícia a erros devido a generalização de resultados, afinal somente uma parte da produção é analisada e seus resultados são estendidos a todo um lote. Visando minimizar este problema, foi desenvolvido um sistema de visão computacional capaz de analisar características relevantes de cada peça fabricada em uma linha de produção, validando ou descartando esta amostra.

2 OBJETIVOS

O principal objetivo do sistema é utilizar a visão computacional para analisar se uma peça está dentro do padrão que se espera. Os resultados do processamento de cada peça são armazenados em um banco de dados e podem ser consultados através do aplicativo desenvolvido. Com isso, o operador tem informações em tempo real sobre as características de tudo que foi produzido.

3 PROCESSO

O sistema foi desenvolvido seguindo o fluxo presente na figura 1. As etapas do processamento da imagem visam minimizar ruídos, efeitos da luminosidade, destacar ou ofuscar características, entre outras finalidades. O objetivo final do processamento se dá pela identificação e extração das características de um objeto através da análise e interpretação da sua fotografia.

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas.

Figura 1- Fluxograma da visão computacional



Fonte: Elaborado pelos autores

3.1 Aquisição

Esta é a primeira etapa de qualquer sistema relacionado ao processamento de imagens. De acordo com Marques Filho e Vieira Neto (1999): “o processo começa reduzindo a dimensionalidade da cena, afinal uma câmera transforma a cena de caráter tridimensional a um dado bidimensional”. Com o intuito de minimizar efeitos de ruído, optou-se por usar uma câmera de boa qualidade, além de utilizar um sistema de iluminação, para minimizar as influências externas (tempo e clima) sob a imagem capturada.

3.2 Pré-processamento

Concluída a etapa de aquisição, passamos para o seu pré-processamento, onde é realizada uma melhoria na qualidade da imagem a fim de facilitar seu processo de detecção e interpretação. Segundo Ricardo Antonello (2006): “nesta fase são feitos ajustes de contraste, redução de ruídos, aplicação de máscaras, entre outras melhorias”.

O método utilizado para minimizar os ruídos da cena foi o filtro Gaussiano. Segundo Pedrini (2004): “o filtro gaussiano geralmente é usado como um filtro de passa baixa. Como resultado obtemos uma imagem borrada ou desfocada, mas com menos ruídos que a original”. A fórmula do filtro Gaussiano em duas dimensões se encontra na equação 1:

$$f(x, y) = A \exp\left(-\left(\frac{(x - x_o)^2}{2\sigma_X^2} + \frac{(y - y_o)^2}{2\sigma_Y^2}\right)\right) \quad (1)$$

Usando a função GaussianBlur, presente na biblioteca Open Source Computer Vision Library (Open CV, 2020), foi especificado os valores de sigma X e sigma Y, que determinam o grau de suavização da imagem, além do tamanho do filtro, dado por Xo e Yo. Esses parâmetros devem ser ajustados de acordo com a quantidade de ruído presente na imagem.

3.3 Segmentação

A etapa da segmentação, ou binarização, consiste na divisão e agrupamento de informações presentes nas imagens em grupos menores, a fim de simplificar sua análise. Segundo Gonzales e Woods (2000): “A segmentação subdivide uma imagem em regiões ou objetos que a compõem.”.

A técnica de segmentação utilizada foi o threshold. O threshold tem a proposta de otimizar matematicamente um valor de intensidade para a binarização de uma imagem. Para

cada pixel é calculado um valor baseado na média dos valores dos pixels próximos, fazendo com que o cálculo do limiar seja adaptativo com o ambiente da imagem. Logo, ele se adapta às condições de iluminação gerando uma imagem limiarizada.

Através da biblioteca Open CV, podemos utilizar a função Threshold para realizar a segmentação da imagem. Neste caso, o valor da intensidade do threshold foi ajustado de acordo com o grau de iluminação da imagem processada.

3.4 Extração de características

Na quarta etapa deste processo, ocorre a extração de características (cor e forma) da imagem processada. Para isso, a primeira ação a ser feita é localizar o contorno do objeto para diferenciá-lo do restante da cena. E, analisando este contorno, podemos determinar suas características.

Usando a função FindContours, presente na biblioteca Open CV, passamos como parâmetro a imagem já filtrada e binarizada e recebemos como retorno um vetor de pontos que compõe contorno da forma encontrada. Com este vetor, podemos determinar o número de vértices que a forma apresenta, para isso foi usado a função ApproxPolyDP, da biblioteca Open CV.

Se a forma apresentar três vértices, ela será reconhecida como triângulo. Se a forma possuir quatro vértices ela será um quadrado ou um retângulo. A diferença entre os dois se dá pela relação entre o comprimento dos lados. Se os quatro lados tiverem aproximadamente o mesmo tamanho a forma será definida como quadrado. Porém, se a forma tiver apenas dois lados aproximadamente iguais ela será definida como um retângulo. A determinação do comprimento dos lados foi feita calculando a distância euclidiana dos seus vértices, através da função Distance.Euclidean, da biblioteca Open CV.

Por fim, o círculo será detectado quando há uma forma onde toda sua borda está a uma mesma distância do seu centro, além de que ele não possui vértices. O reconhecimento de círculos foi realizado com auxílio da função HoughCircles, também presente na biblioteca Open CV.

Para a detecção de cores foi utilizado uma técnica de inteligência artificial. A utilização desta técnica se deu pelo índice de assertividade elevado em soluções deste tipo. Além disso, conseguimos representar e reconhecer as diversas variações que as cores apresentam dentro do espectro RGB, o que contribui para uma acurácia elevada no modelo construído.

O primeiro passo para a criação da inteligência artificial se deu com a criação de um banco de dados com os nomes das cores definidas como padrão (branco, vermelho, verde, azul, amarelo, laranja e preto) e seus respectivos valores em RGB (red, green, blue). Para nossa aplicação, o banco continha dois mil dados.

Para criar e treinar o modelo foi utilizado a biblioteca Sklearn.Model_Selection, onde foi usado a função Train_Test_Split. Para esta função deve-se passar como parâmetro a tabela com as cores padrões e o valor do teste. O valor do teste é definido como a porcentagem de dados da tabela que serão usados para o teste e validação do modelo gerado. Este valor pode variar entre 0 e 1, onde aconselha-se usar um valor entre 0,1 e 0,3. Como retorno, obtém-se uma tabela de treino e de teste, onde a quantidade de dados destas tabelas foi selecionada de forma aleatória e obedece ao valor do teste especificado.

Para configurar o modelo foi usado a função ExtraTreesClassifier, presente na biblioteca Sklearn.Ensemble. Essa função indica que a inteligência artificial usará técnicas de busca em árvore para aproximar a variável informada a um dos valores padrões que ela irá receber. Este método de busca e aproximação é o mais usado em soluções que empregam a inteligência artificial devido a sua rapidez de processamento.

Com o modelo criado, o último passo consiste em testar o modelo utilizando dados da tabela que não foram usados na sua construção. Os dados de teste são as amostras que foram descartadas pela função Train_Test_Split. Para este teste foi utilizado a função Score, também presente da biblioteca Sklearn.Ensemble. Como retorno para tal função, temos o valor da acurácia do modelo, que varia entre 0 e 100%. A tabela 1 mostra diferentes valores de acurácia para os testes realizados usando a inteligência artificial criada, percebe-se que, de um modo geral, a acurácia do modelo ficou em torno de 91%, o que mostra uma precisão agradável para o reconhecimento de cores.

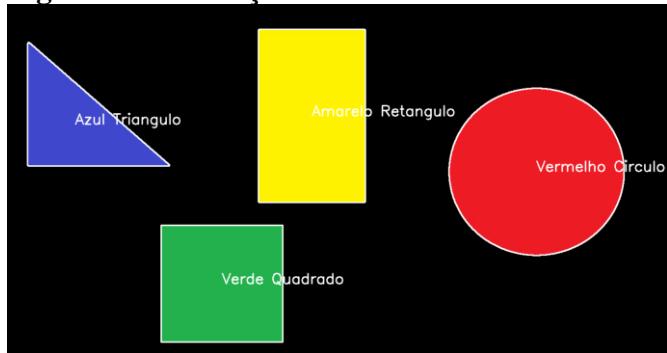
Tabela 1 - Acurácia do reconhecimento de cores

Acurácia	93.17%
Acurácia	92.33%
Acurácia	91.00%
Acurácia	90.17%
Acurácia	91.17%

Fonte: Elaborado pelos autores

Com o modelo testado e validado basta aplicarmos aos valores reais em RGB referentes ao contorno analisado. Para isso, basta convertemos a cor do contorno analisado para o formato RGB, utilizando a função Predict, da biblioteca Sklearn.Ensemble, e fazer seu reconhecimento com o modelo construído. Como retorno, obtém-se o nome da cor identificada. A figura 2 mostra uma simulação computacional do sistema de reconhecimento de cores e formas, percebe-se que neste caso ele apresentou uma assertividade de 100%.

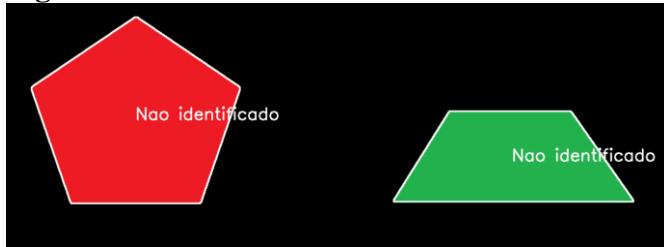
Figura 2 - Simulação do sistema criado



Fonte: Elaborado pelos autores

Caso a forma processada não seja uma das formas padrões definidas, o sistema não fará seu reconhecimento. A figura 3 mostra o retorno do sistema para estes casos.

Figura 3 - Formas não identificadas



Fonte: Elaborado pelos autores

Outras informações que foram mensuradas e apresentadas pelo sistema são a área da forma e se esta é uma forma regular. A área de uma forma foi obtida através da função ContourArea, da biblioteca Open CV. Neste caso, por se tratar de uma imagem, a área é dada em pixels. Porém, se conhecermos a real posição da câmera em relação ao objeto e o tamanho real de um dos objetos, podemos converter esta área para qualquer outra unidade desejada.

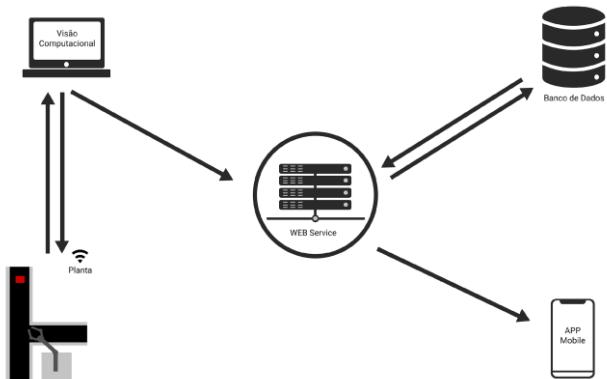
Já a detecção se a forma é regular ou não pode ser feito analisando se uma peça estiver quebrada, furada, chanfrada ou possuir outro defeito visível. Pelo fato de a planta usada nos testes não simular estes defeitos, nenhuma peça foi classificada como irregular.

4 WEB SERVICE

O sistema de visão computacional tem com finalidade não apenas identificar o objeto enviado pela planta, mas também armazenar suas informações para que se torne acessível sempre que necessário. Entretanto, sabendo que seria necessário a construção de um aplicativo para visualizar os dados identificados, também se fez necessário a construção de uma Web Service para gerenciar todas as transações e garantir a segurança das informações. Além disso, ocorreria a separação de funcionalidade de cada serviço, assim, a visão computacional focaria apenas na tarefa de identificar o produto e a Web Service tomaria conta de toda a comunicação com o banco de dados e com o aplicativo cliente.

A Web Service foi construída em Java, utilizando a Framework Spring devido a sua facilidade de implementação, robustez e segurança. Para os aspectos relativos à segurança, foram adotados alguns métodos, como, autenticação via token (JWT), que expira a cada 3 horas, e autorização para ler e/ou editar dados da aplicação. Cada requisição enviada a Web Service, precisa ter em seu cabeçalho, o token de autenticação, somente assim, os dados são liberados e retornados no corpo da requisição. Caso o token tenha expirado, é necessário refazer a autenticação do usuário para que o mesmo possa novamente acessar os dados requeridos.

O serviço também tem como finalidade a centralização na estrutura de organização do projeto, para gerenciar toda questão de segurança dos serviços, além de ser o único com comunicação direta com o banco de dados, garantindo a segurança das informações, uma vez que todas as aplicações clientes devem passar pelo mesmo. A Web Service se comunica com todos os clientes por meio de requisições, utilizando o protocolo HTTP.

Figura 4 - Organização de comunicação

Fonte: Elaborado pelos autores

5 BANCO DE DADOS

Os dados encontrados pelo sistema devem ser armazenados para que possam ser consultados sempre que necessário, além de ser uma base para avaliação da qualidade de todos os itens produzidos. Para isso, foi utilizado o banco de dados relacional SQL Server, contendo duas tabelas, uma para armazenar os dados do usuário e outra para armazenar as informações vindas do sistema de detecção.

A tabela de usuários (Tabela 3) contém informações relativas aos dados do colaborador que irá acessar o aplicativo para consultar os itens identificados pelo sistema. Já a tabela de produtos contém dados relativos ao item que será acessado (Tabela 2).

Tabela 2 - Tabela de produtos

Id	Forma	Cor	Área	ERegular	DataHora	NomeProduto
01	Círculo	Azul	5.35	True	01/12/2020 12:31:32	Produto1

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 3 – Tabela de Usuários

Id	Nome	Usuário	Senha	EAdmin
01	admin	admin	admin	True

Fonte: Elaborado pelos autores

O banco de dados alimenta todas as aplicações, entretanto, só tem comunicação direta com a Web Service para garantir a segurança dos dados inseridos.

6 APLICAÇÃO MOBILE

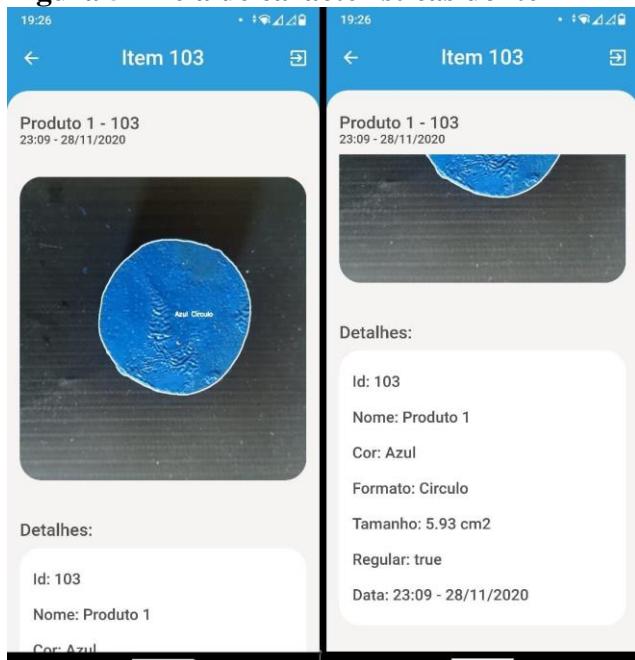
Para visualizar os dados provenientes do sistema de detecção por visão computacional, foi construído um aplicativo para celular, onde o operador poderá instalá-lo e ter acesso aos dados de produção em tempo real.

O aplicativo foi construído utilizando o Framework Flutter, por isso funciona de forma nativa nos sistemas operacionais Android e IOS. O app traz uma maior comodidade na hora de validar e verificar os dados de produção, uma vez que possui telas contendo relatório dos itens produzidos, gráficos demonstrativos de quantidade de produtos regulares e defeituosos, uma tela contendo todas as características identificadas, entre outras.

A aplicação mobile busca os dados armazenados no banco, por intermédio da Web Service, e como já dito anteriormente é obrigatório a autenticação do usuário para poder visualizar qualquer dado do sistema, assim mantendo a segurança proposta e exigida pelo cliente. Ainda sobre a obtenção de dados é importante salientar que pelo aplicativo não é possível a alteração de dados, nem por administradores, apenas visualização.

A interface da aplicação foi feita de forma sucinta e simplista, trazendo consigo uma facilidade de uso, onde não requer treinamentos para utilização, além de facilitar o monitoramento da produção.

Figura 5 - Tela de características do ítem



Fonte: Elaborado pelos autores

7 INFRAESTRUTURA

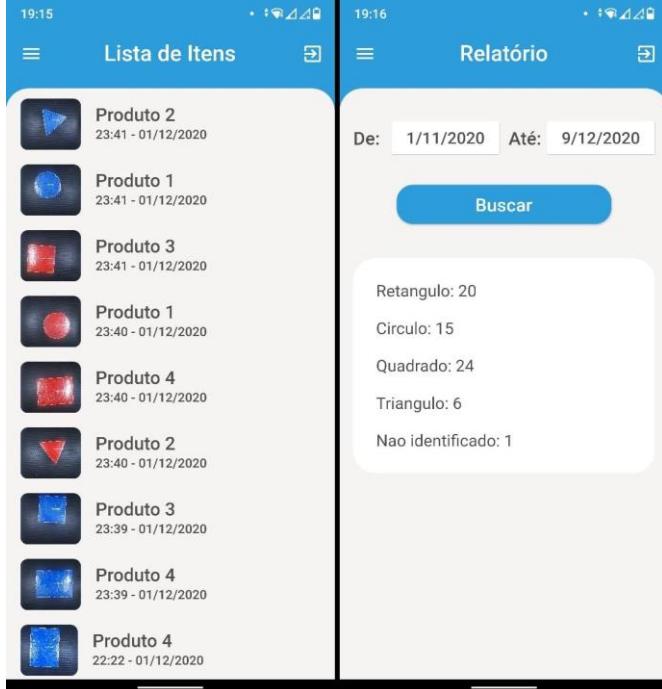
Para que o sistema de identificação pudesse ser utilizado pela planta, foi necessário configurar um servidor e disponibilizar o acesso externo para os clientes do serviço, uma vez que, a planta se localizava em uma região, onde era impossível estabelecer uma conexão na mesma rede. Para isso, foi contratado uma máquina em nuvem localizada no EUA, e a mesma foi configurada para disponibilizar os serviços oferecidos pelo sistema. A máquina ao qual comportou as aplicações (Web Service, Banco de dados e Visão computacional) foi configurada para receber requisições externas e o IP dessa mesma máquina foi repassado aos clientes. Para servir as aplicações ao cliente foi utilizado o APACHE2 e Tomcat9. O servidor possuía 2gb de ram, 20gb de memória e 2vCPU, portando o OS Ubuntu 20.04 LTS.

8 RESULTADOS

Os resultados obtidos foram de fato satisfatórios, uma vez que, após ser instalado um sistema de iluminação externa, a visão computacional identificou todas as peças que foram introduzidas. Recebemos também um bom feedback do cliente, que disse estar surpreso com a eficácia do sistema.

Todos os resultados, podem ser observados por meio da aplicação, onde pode-se notar que foram identificados todos os objetos propostos no artigo (círculo, quadrado, triângulo e retângulo), além de suas cores, conforme figura 6.

Figura 6 - Lista de itens e relatório no aplicativo



Fonte: Elaborado pelos autores

Também pode-se notar que, a assertividade do sistema foi realmente alta, com a tela de relatório de itens produzidos, uma vez que, o relatório informa a quantidade de cada item que fora identificado pelo sistema, neste caso, com as configurações estabelecidas na aplicação, foram identificados 65 de 66 itens que foram enviados ao sistema.

9 CONCLUSÕES

A visão computacional é um mercado que cresce a cada dia e vem apresentando soluções mais eficientes, robustas e precisas. Através da construção do sistema proposto, pode-se perceber que a utilização da visão computacional para o processamento e reconhecimento de imagens pode apresentar aplicações em vários processos com resultados satisfatórios.

Configurando o sistema em uma mesma rede, o tempo de processamento entre a captura e a detecção das características da peça demorou em torno de 400 milissegundos, o que é um intervalo bem satisfatório. Por fim, apesar da aplicação ser instalada e testada somente em uma maquete industrial, ela pode ser facilmente empregada em um sistema real fazendo apenas alguns pequenos ajustes.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à orientadora Renata Umbelino Rêgo que nos direcionou e ajudou a construir esta solução que, apesar de simples, pode resolver problemas complexos da indústria.

Agradecimentos também aos colegas de curso e parceiros de projeto Thiago Ribeiro e Douglas Maurício, que se propuseram a utilizar nosso sistema na planta que desenvolveram.

REFERÊNCIAS

- ANTONELLO, Ricardo. **Introdução a visão computacional com Phyton e OpenCV.** Florianópolis, SC. Versão 0.8, 2006.
- GONZALES, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Processamento de imagens digitais.** São Paulo Edgard Blucher Ltda., 2000.
- MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. **Processamento digital de imagens.** Rio de Janeiro, RJ: Brasport, 1999.
- OPEN SOURCE COMPUTER VISION LIBRARY. **Open source computer vision.** Palo Alto, CA: Open CV, 2020. Disponível em: <https://www.intel.com/content/www/us/en/platform-memory/platform-memory.html>. Acesso em: 30 nov. 2020.
- PEDRINI, H. **Apostila de processamento de imagens:** análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações. Curitiba: Departamento de Informática-UFPR, 2004.
- RIBEIRO CASTILHO, Thiago; FONSECA, Douglas Maurício. **Sistema automático para separação de produtos.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em 2020) – PUC Minas, Belo Horizonte, MG, 2020.

Inteligência artificial na manutenção preditiva de veículos automotores

Carlos Alberto Bessa Castro*
 Victor Augusto da Costa Lopes Andrade*
 Renata Umbelino Rêgo**

RESUMO

Um carro é um sistema responsável por locomoção e se encontra constantemente em um processo de desgaste. Por esse motivo é necessário que sua manutenção seja a mais eficiente possível. Esse projeto desenvolveu uma aplicação de um sistema que ajude na manutenção dos veículos, obtendo dados, eventos, notificações e realizando previsões acerca da saúde desse dispositivo. Este estudo trata a utilização da Inteligência Artificial (IA) em veículos automotores com o objetivo de encontrar tendências e realizar previsões de defeitos.

Palavras-chave: Veículos automotores. Ciência de dados. Inteligência artificial. Manutenção preditiva.

1 INTRODUÇÃO

A maioria dos consumidores e empresas de serviços automotivos estão seguindo a “manutenção periódica” para seus automóveis. Por exemplo, geralmente é aconselhável fazer a manutenção do carro anualmente ou cada dez mil quilômetros percorridos, o que ocorre primeiro. Também podem ocorrer manutenções de emergência, por falha de alguma peça, e o veículo pode precisar ficar parado por um determinado período. A manutenção veicular possui um vínculo direto com a durabilidade de cada peça e também está atrelada a outras variáveis como tipo de condução, tempo de utilização do veículo, região de utilização, condições das vias e qualidade das peças. Em relação ao custo da revisão, as montadoras divulgam preços tabelados em relação ao tipo de manutenção necessária, que nem sempre refletem a realidade do consumidor (BELO, 2003).

A possibilidade de coleta de dados cria oportunidades únicas para serviços especializados, pois com as informações necessárias em mãos se torna plausível desenvolver qualquer tipo de análise. A capacidade de fornecer comunicação do veículo a um sistema especializado, e que também possua uma comunicação responsiva de volta ao motorista, estabelece um nível de serviço ao cliente inigualável ao que se tinha no anteriormente. A conectividade do veículo permite uma melhor antecipação das necessidades do cliente e do veículo, levando a oportunidades de melhorar a satisfação do cliente.

A proposta deste trabalho é estabelecer uma arquitetura de um novo sistema de manutenção preditiva baseado em Inteligência Artificial. Essa estratégia de manutenção preditiva poderá ser aplicada a qualquer sistema veicular que possua acesso aos dados dos sensores via OBD2 e seu principal objetivo é encontrar o momento mais adequado para executar as ações de manutenção necessárias, tanto a partir de uma condição de integridade do componente quanto de um diagnóstico inicial de falha.

A estrutura do algoritmo de decisão baseado em inteligência artificial se fundamenta num sistema de aprendizado que busca simular o cérebro humano, o modo como este aprende, o que é realizado por meio de conexões e estruturas que simulam as ligações cerebrais que, nesse caso, é feito por meio de neurônios. A parte crucial desse projeto é, após construída a

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Coordenadora do curso Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas

estrutura, ou seja, o cérebro do sistema, abastecer o algoritmo com dados de forma que as conexões corretas se formem e as análises estejam de acordo com as expectativas e realidade do procedimento.

2 OBJETIVOS

O principal objetivo desse projeto é criar um sistema capaz de integrar e analisar os dados do veículo e utilizar a inteligência artificial para fornecer informações relativas a saúde veicular.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Manutenção veicular

Para todo tipo de veículo, é de vital importância que seja realizada uma manutenção regular, pois sem a manutenção adequada e em tempo compatível, a probabilidade do veículo apresentar problemas sérios no futuro é maior, , o que pode levar a custos elevadíssimos.

Ao realizar manutenção de rotina, é reduzido muito o risco de problemas futuros, além de melhorar a qualidade de condução do veículo. Independentemente do veículo, seu cronograma de manutenção regular se encontra dentro do manual. Nele é possível descobrir com que frequência o fabricante sugere que seja realizada a troca de seu óleo, seus filtros, quaisquer correias de transmissão ou de sincronização no veículo e muito mais. Se um veículo estiver usando o óleo errado, por exemplo, ou sendo abastecido com um combustível impróprio, pode correr o risco de anular sua garantia e, pior ainda, causar danos com custos maiores que o economizado com o uso de itens não recomendados (BELO, 2003).

3.2 Coleta de dados

Atualmente a maioria dos processos foram digitalizados através da implantação de diferentes tipos de sensores, dispositivos digitais portáteis e protocolos de comunicação, que, em conjunto com o avanço da rede faz com que uma enorme quantidade de dados seja gerada continuamente. Não se pode negar que, com essa alta geração de dados a abundância de informação está presente para ser analisada com as ferramentas corretas (BANDARA *et al.*, 2015).

3.2.1 Big Data

É um dos termos mais citados no mercado atualmente, não há uma maneira específica de classificar ou definir big data. É comumente associado com o conceito de Business Intelligence (BI) e mineração de dados, mas os três termos têm um fator comum: análise de dados. Porém, o conceito de big data se difere dos outros dois quanto ao volume de dados, diferentes fontes de dados e quantidade de transações tão grandes e complexas que exigem métodos e tecnologias especiais para extrair informações do emaranhado (SU, 2019).

3.2.2 Nuvem

Sistema em nuvem é um termo relativo a processos que ocorrem em uma rede e não necessitam de um meio físico para acesso de uma aplicação ou para se ter acesso a informações de um banco de dados, por exemplo. Essa estrutura permite que esses processos e informações possam ser acessados por diferentes pessoas que trabalham em um mesmo projeto, ou são

usuárias do mesmo serviço de banco por exemplo. Não existe limitação de horário para acesso a nuvem, contanto que o utilizador esteja conectado a internet, ele pode realizar acessos e atualizar informações importantes. A nuvem possibilita também uma pluralidade de formas de acesso no quesito de dispositivos, muitos sites possuem versões para desktop, celulares e smart gadgets, como tvs, relógios e assistentes pessoais (Amazon Alexa e google assistant) (KRUEGER, 2018).

3.2.3 IoT

Internet of Things ou Internet das Coisas, é considerada a próxima geração na era da computação, fugindo do domínio tradicional. No conceito de IoT, tudo que nos cerca está conectado e integrado na rede. Tecnologias de identificação e coleta de dados, também conhecidas como redes de sensores, são os principais elementos dessa era, onde a informação e a comunicação estão embutidos no ambiente ao nosso redor. Essa rede resulta em uma quantidade enorme de dados que precisam ser agrupados, processados e expostos de forma agradável, conveniente e facilmente interpretável.

Uma das formas mais utilizadas para fornecer uma infraestrutura para essa tecnologia é a nuvem, onde podemos ter o armazenamento de dados, análise e ferramentas cliente, tudo em um ambiente virtual. A possibilidade de conexão inteligente e análise contextual usando recursos disponíveis na rede é indispensável quando se fala em IoT (BUYYA, 2018).

3.3 Análise de dados

A maneira como os dados são retirados e categorizados é de importância fundamental para a implementação do sistema analítico baseado em IA (inteligencia artificial), pois a qualidade dos dados está diretamente relacionada à qualidade, eficiência e confiabilidade da IA.

Problemas com informações podem inviabilizar uma implementação eficiente, pois dados irrelevantes, ou errôneos, podem provocar ligações equivocadas nas conexões de um sistema neural durante o processo de aprendizado. Por isso, é necessário estabelecer critérios para um eventual filtro, seleção e formalização dos dados, para que a melhor implementação possa ser feita (ALTEXSOFT, 2017).

4 METODOLOGIA

Com o intuito de desenvolver o sistema, realizar as análises e concluir o projeto é fundamentalmente importante especificar as etapas a serem realizadas. Primeiramente, é necessário realizar a coleta de dados em um sistema confiável, estruturando os resultados obtidos de maneira concisa e organizada. Em seguida, com os arquivos de dados devidamente preparados, é feita a criação e o treinamento da Rede Neural a partir dos parâmetros obtidos. Esse processo foi representado pelo fluxograma da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma de treinamento da Rede Neural

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com a Rede Neural devidamente treinada, é possível então coletar os dados de carros reais para que a inteligência artificial realize a análise e exiba os dados em uma interface amigável para o usuário final, representado pelo fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma de análise e exibição de resultados

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1 Seleção de dados

Um veículo consegue gerar, ao longo do tempo, grandes quantidades de dados, tornando necessária uma seleção desses dados para que seja possível filtrar aqueles relativos a eventos, alertas e diagnósticos do automóvel.

O veículo também conta com um sistema próprio de diagnóstico padrão, que indica para o usuário quando um possível problema está ocorrendo no veículo baseado em uma série de valores lidos por sensores. Esse diagnóstico gera um código conhecido como DTC (Diagnostic Trouble Code), que é usado pelas concessionárias para realizar a manutenção direta no problema indicado.

Cada marca de veículo possui um manual de manutenção baseada nos DTCs, nos quais são indicados uma série de passos a serem realizados para que o problema seja resolvido. O padrão DTC começa com uma letra que denota qual parte do veículo está em falha, o segundo caractere define o tipo do código, normalmente 0 ou 1, o terceiro caractere define o tipo do problema e o quarto e quinto caractere definem o exato problema que está ocorrendo, podendo variar de 00 a 99 (OBD-CODES, 2020).

Pelo fato de existirem mais de 7000 possíveis códigos de erro, optamos por reconhecer apenas aqueles que são mais comuns no dia a dia em veículos de passeio.

Uma pesquisa realizada pela Agência de Proteção Ambiental de Illinois, que realiza testes OBD2 em aproximadamente 1.5 milhões de carros por ano, revelou que os DTCs mais encontrados, agrupados por categorias, foram os seguintes (SONOWSKI; GARDETTO, 2001):

- Falha no Sistema EVAP (P0411, P0440, P0442, P0446 e P0455);
- Falha de Ignição do Motor (P0300, P0301, P0302, P0303, P0304 e P0305);
- Falha no tanque de combustível (P0171 e P0174);
- Falha no conversor catalítico (P0420 e P0430);

- e) Falha no sensor de oxigênio (P0133, P0135 e P0141);
- f) Falha no Sistema EGR (P0401);
- g) Falha no termostato do líquido de refrigeração (P0128);
- h) Falha no sensor de detonação (P0325).

Logo, os principais dados a serem coletados para que seja realizado um diagnóstico satisfatório dos problemas mais relevantes que ocorrem em veículos de passeio são:

- a) Tensão nos Sensores de Oxigênio do Banco 1 e 2;
- b) Tensão nos Sensores do tanque de combustível;
- c) Temperatura do líquido de refrigeração;
- d) Temperatura do ambiente;
- e) Temperatura da entrada de ar;
- f) Taxa de fluxo do ar;
- g) Pressão Barométrica;
- h) Tempo em que o motor está ligado;
- i) RPM;
- j) Posição do acelerador;
- k) Posição do EGR;
- l) Taxa de combustível;
- m) Status do sensor de detonação.

4.2 Coleta de dados

Pela dificuldade de se executar as situações que geram os DTCs em carros reais, optamos pela utilização de um emulador de veículos de passeio desenvolvido em Python que aplica as mesmas funcionalidades do ELM327 em relação à leitura dos dados, chamado ELM327-emulator, criado por Brendan Whitfield.

4.2.1 Emulador

O emulador funciona com o recurso de um dicionário, ObdMessage, que é usado para analisar cada comando ELM construído dinamicamente utilizando o método de cenários, onde cada cenário representa uma situação individual do veículo, fazendo com o que o emulador gere dados baseado na situação escolhida, por exemplo, no cenário que representa uma situação que aponta um DTC no conversor catalítico, o emulador faz com o que os dados de tensão dos sensores de oxigênio fiquem com valores parecidos, representando o DTC em questão.

O emulador conta com a união de três cenários definidos na seguinte ordem: ‘AT’, ‘Padrão’ e ‘Cenário Customizado’. Cada cenário customizado substitui ou incrementa os valores atribuídos ao cenário padrão.

Os valores dos PIDs(Parameter IDs) são lidos por uma sequência de bits dada em hexadecimal e divididos em octetos, onde são separados por A, B, C e D. Onde D é o serviço em que se encontra o PID, C é o número que representa o PID naquele serviço, B e A são os bits em que o valor do sensor é encontrado.

4.2.2 Cenários

Os cenários criados foram baseados nos oito principais grupos de DTCs, alterando os valores da leitura dos sensores do veículo para os valores em que são lidos quando o veículo se

encontra em um possível diagnóstico de problema, baseados nos dados encontrados no manual de manutenção:

- a) Falha no Sistema EVAP (P0411, P0440, P0442, P0446 e P0455);
- b) Diagnóstico dado quando a temperatura do líquido refrigerador se encontra menor que 30°C, a pressão barométrica maior que 70 kPa, temperatura ambiente menor do que 30°C e o carro estar com o motor ligado a mais de 10 minutos.
- c) Falha de Ignição do Motor (P0300, P0301, P0302, P0303, P0304 e P0305);
- d) Diagnóstico dado quando a temperatura do líquido refrigerador se encontra maior do que 40°C, a rotação do motor entre 400 e 1300 RPM, velocidade do veículo abaixo de 3.2 km/h e consumo de combustível abaixo de 0.36 lph.
- e) Falha no tanque de combustível (P0171 e P0174);
- f) Diagnóstico dado quando os sensores, do banco 1 ou banco 2, do tanque de combustível, curto e longo, se encontram maiores do que 30% do valor de base.
- g) Falha no conversor catalítico (P0420, P0430);
- h) Diagnóstico dado quando os sensores de oxigênio, lidos em tensão, de entrada e saída do conversor têm aproximadamente o mesmo valor por um longo período de tempo (De 0.64 a 0.70 volts).
- i) Falha no sensor de oxigênio (P0133, P0135 e P0141);

Diagnóstico dado quando a temperatura do líquido refrigerador se encontra maior que 50°C, a temperatura do ar maior que 40°C, a rotação do motor entre 500 e 3000 RPM, a pressão barométrica maior que 70 kPa, o fluxo de massa de ar entre 20 e 50 g/s, a posição do acelerador maior que 5% e o carro estar com o motor ligado a mais de 3 minutos.

Falha no Sistema EGR (P0401):

Diagnóstico dado quando a temperatura do líquido refrigerador se encontra maior que 70°C, a temperatura do ar maior que -7°C, a rotação do motor entre 500 e 950 RPM, a pressão barométrica maior que 74.8 kPa, a posição do acelerador menor que 5% e a posição da válvula EGR maior que 5%.

Falha no termostato do líquido de refrigeração (P0128).

Diagnóstico dado quando a temperatura do líquido refrigerador se encontra menor que 50°C, a temperatura do ar menor que 10°C, e o carro estar com o motor ligado a mais de 3 minutos.

Falha no sensor de detonação (P0325):

Diagnóstico dado quando a temperatura do líquido refrigerador se encontra maior que 40°C, a rotação do motor maior que 400 RPM, a tomada de força está inativa e o carro estar com o motor ligado a mais de 2 minutos.

Após criarmos todos os cenários que representam os DTCs, podemos então fundi-los ao cenário padrão do emulador para iniciarmos a coleta de dados.

4.2.3 Arquivos CSV

Com o emulador iniciado, como em uma situação real, esses dados são lidos pelo uso do protocolo OBD2 com o auxílio de uma biblioteca também desenvolvida em Python chamada python-OBD.

Com a leitura programada, é possível então armazenar os dados em arquivos CSVs para que sejam utilizados como base de treinamento da Rede Neural.

4.3 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial é o sistema pelo qual os dados, relativos a sensores do veículo, serão inseridos e as respostas de interesse serão obtidas, podemos pensar como a função que

retorna os protocolos de interesse com base nas tendências do sistema. O procedimento realizado é: utilizar as entradas e saídas com o intuito de se criar um modelo que opere de forma similar às situações que geram tal saída. Para realização desse projeto, optamos pelo método de Rede Neural.

4.3.1 Bibliotecas

Com o objetivo de focar no projeto de alto nível, optamos por utilizar bibliotecas durante o desenvolvimento da Rede Neural, que são:

Numpy: biblioteca para ciência de dados

Foi utilizada para criação de matrizes para o sistema de entrada e saída, de forma que a cada iteração do sistema, era alocada na matriz principal a leitura do CSV trabalhado em cada documento.

Utilizada também para conversão dos dados em sistemas vetoriais adequados para serem utilizados pela Rede Neural, essa conversão é fundamental para o desenvolvimento, pois os cálculos de pesos, erros, multiplicações de entradas, camadas internas e saídas é realizado matricialmente.

OS: Biblioteca para acesso ao sistema operacional

Foi utilizada para realizar as operações dentro dos diretórios onde os se encontram os arquivos, dados em formato CSV e algoritmo da Inteligência Artificial.

CSV: Biblioteca para leitura de arquivos CSV.

Foi utilizada para ler os arquivos contendo os dados de treinamento.

Tensor Flow: Biblioteca para desenvolvimento de modelos e solução de projetos de Machine Learning.

Foi utilizada para criação de um modelo de *machine learning* simplificado. Dessa maneira inserimos dados de entrada e saída, e durante a criação desse modelo, boa parte da estrutura interna já se encontra preparada.

Também utilizada para normalização dos dados, Tensor Flow possui estruturas de fácil acesso que nos permitiu normalizar os dados de maneira simples.

Keras: API para acesso a modelos de Rede Neural.

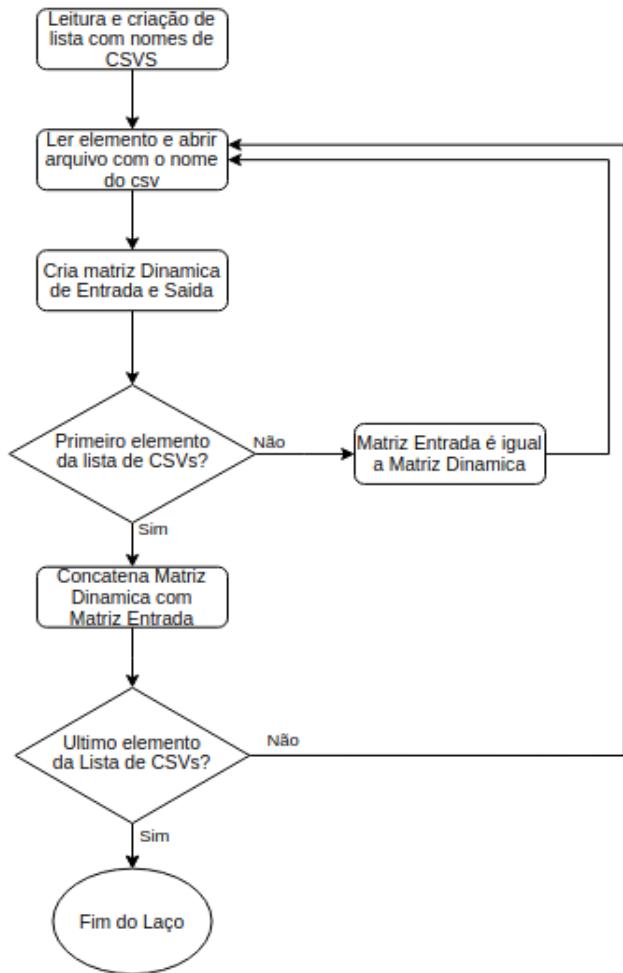
Foi utilizada para criação de camadas do tipo Dense, feita para criar as camadas escondidas da Rede Neural.

Também foi utilizada para criação do modelo Sequential, para se iniciar a construção do modelo do sistema. Essa é a função utilizada para se iniciar o modelo, as configurações específicas e características intrínsecas do sistema são abordados no treinamento da Rede Neural.

4.3.2 Aquisição de dados

O desenvolvimento da coleta de dados foi realizado de maneira a ser operado dinamicamente, representado pelo fluxograma da Figura 3. A biblioteca OS é utilizada para operar dentro do diretório do sistema, entrando no local apontado através da função "listdir". Como o diretório apontado é aquele contendo os datasets, a função retorna o nome dos arquivos dentro do diretório, criando uma lista contendo os nomes dos arquivos CSVs que serão posteriormente abertos e lidos para se criar a matriz de entrada de dados do sistema.

Figura 3 - Fluxograma de aquisição de dados



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3.3 Conversão de dados

Após os elementos serem corretamente iterados para a leitura dos componentes, são realizadas algumas operações que permitem a utilização destes para a alimentação da Rede Neural. Algumas etapas fundamentais deste procedimento são:

- Criação da matriz de Saída;
- Verificação do cabeçalho;
- Conversão dos valores booleanos em reais.

4.3.4 Normalização e randomização dos dados

Após a etapa anterior é possível modelar a rede neural e alimentá-la com os dados, todavia, no decorrer do desenvolvimento dos testes foi notado que ainda eram necessários alguns passos para a preparação dos dados.

O desenvolvimento de uma Rede Neural funciona de maneira inversa em relação à maioria das soluções de problemas. Ao invés de procurar uma solução x para o problema y , são criados vários x randomizados que geram diferentes respostas, que são comparadas aos dados para verificar o erro, que é relativo a diferença entre os valores de saída e os valores adquiridos, que é então somado a " x " e o procedimento é então repetido. Porém, se no desenvolvimento da Rede Neural for permitido que os dados sejam oferecidos sequencialmente (uma massa de

dados com uma saída e depois uma outra massa de dados com outra saída), é possível que nos primeiros estágios a Rede Neural aprenda que qualquer valor de entrada gera a mesma saída, o que é altamente tendencioso, mas condiz com a forma de verificação do erro. Quando os dados passam a ser diferentes (outra massa de dados), a Rede Neural deve reprender, e como não possui contraprova, aprende que todos os dados resultam no próximo cenário. Com objetivo de evitar esse tipo de comportamento, é necessário realizar a randomização dos dados, o que é feito utilizando a ferramenta shuffle da biblioteca Numpy.

4.3.5 Criação do modelo

O modelo construído tem início na criação de um objeto da biblioteca Keras chamado Sequential. Esse modelo comprehende a Rede Neural, regendo os parâmetros passados para realizar seu funcionamento. Suas especificações são moduladas e configuradas de acordo com a necessidade do projeto.

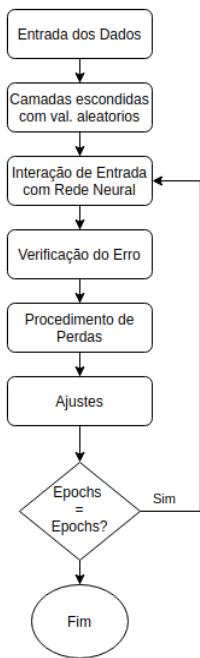
O modelo Sequential é, em sua base, um acúmulo de camadas da rede neural, que são passadas como parâmetros, os quais são adicionados através da função “keras.Sequential.add”. As funções utilizadas para isso são:

- Camadas ocultas;
- Função de Ativação;
- Função de Erro;
- Otimizador.

4.3.6 Treinamento

Esse processo é realizado ao se chamar um método do objeto Sequential. Seus parâmetros são relativos ao treinamento do sistema, onde cada parâmetro é selecionado e configurado de acordo com a necessidade do sistema. O processo de desenvolvimento de uma Rede Neural se dá por tentativa e erro, representado pelo fluxograma da Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma de Treinamento do Modelo



Fonte: Elaborado pelos autores.

O procedimento de treinamento da Rede Neural funciona de maneira a fazer com que ela aprenda com os dados que o sistema possui, aprendendo os padrões de comportamento e configurações de entradas que caracterizam certos eventos.

A primeira etapa do procedimento de treinamento de uma Rede Neural é a entrada dos dados, ponto no qual ela é configurada para lidar com diferentes sistemas e, como os dados estão amostrados, com determinada frequência ou com a normalização escolhida.

As camadas escondidas (do inglês, “Hidden Layers”) são criadas inicialmente de maneira aleatória, onde os valores dos pesos não são relacionados com o sistema nessa etapa, sendo independentes da forma de como o sistema se relaciona com as saídas. Através da interação entre os valores de entrada e a camada escondida, o sistema conseguirá criar métricas de comparação, já que nessa etapa o sistema realiza previsões de saída com base no produto matricial das entradas com as camadas escondidas do sistema.

4.3.7 Apresentação dos resultados

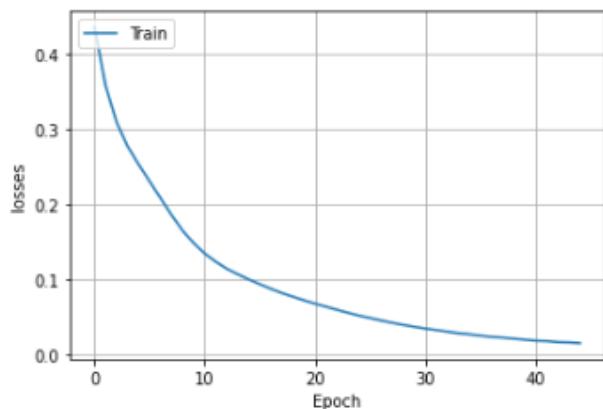
Para a criação da interface, foi utilizada a plataforma IoT BORA (SOUZA, 2019), que consiste em uma maneira fácil de importação e exportação dos dados utilizando chamadas HTTPs através de sua API, possibilitando a visualização dos dados de maneira atraente e concisa em formato de blocos.

5 RESULTADOS

O procedimento de treinamento da Inteligência Artificial comprehende diversas etapas, entre elas uma das mais importantes é a de análise do sistema, pelo fato de que as adaptações no modelo e forma de treinamento, que visa a otimização do sistema, serão baseadas no critério analítico.

O erro do sistema, representado pela figura 5, foi acessado através de uma métrica da construção do modelo sequential da biblioteca keras e, para visualizá-lo a cada época iterada, foi utilizada a biblioteca pyplot. No início é possível perceber uma grande inclinação da curva e, com o passar das épocas, ela se torna mais suave, o que condiz com o que era esperado do sistema, já que a cada iteração houve uma alteração no modelo que é proporcional aos ajustes que, por sua vez, são relativos à diferença entre as saídas do modelo e do exemplo do sistema.

Figura 5 - Gráfico de perdas por época



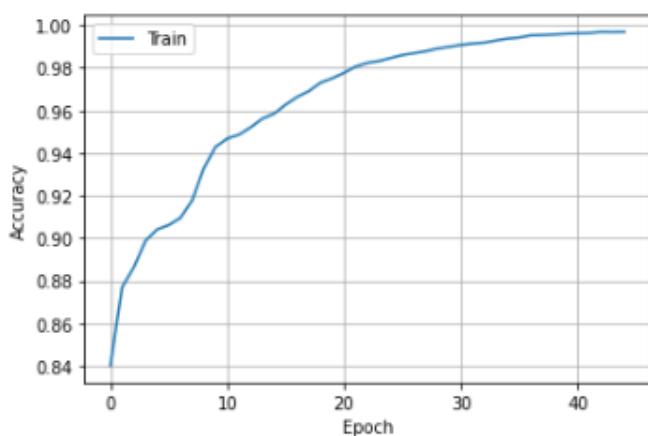
Fonte: Elaborado pelos autores.

O aprendizado da Rede Neural, representado pela figura 6, fica aparente quando aplicada a métrica de diminuição do erro, pois com o passar de cada treinamento o sistema diminui o erro, se aproximando cada vez mais de 0%, como exemplificado no gráfico ilustrado

pela Figura 5. Isso implica que o sistema se aproximou de realizar as previsões corretas, visto que a métrica em questão é retirada através da comparação entre o modelo previsto e o modelo real. A cada período de treinamento o sistema diminuiu o erro que relaciona as entradas previstas e as saídas reais dos dados.

O outro critério utilizado é a frequência de aprendizado do sistema, já que é necessário um modelo que se aproxime do sistema real, pois não se pode admitir uma Rede Neural tendenciosa, que é um problema comum. No decorrer do desenvolvimento do projeto, os modelos foram sendo adaptados conforme o sistema se aproximava de uma inclinação de precisão mais verossímil, o que confirma que o sistema estava aprendendo, sem rápida convergência que representasse uma tendência em função de dados.

Figura 6 - Gráfico de acurácia por época



Fonte: Elaborado pelos autores.

O sistema apresenta uma curva de precisão satisfatória, que leva alguns ciclos de aprendizados para se adaptar aos dados e de fato adotar um período de estabilização. Essa curva de aprendizado consegue representar como a cada iteração o sistema fica mais próximo dos dados de exemplos.

Com a conexão com o protocolo OBD2 do carro via Bluetooth e o modelo da Inteligência Artificial estabelecida, é possível então repassar os dados obtidos para uma interface mais amigável desenvolvida no aplicativo IoT - BORA.

Para se aproveitar da conexão e possibilidade de coleta de dados, a interface, além de exibir os dados de previsão da Rede Neural, também mostra dados básicos aos usuários de veículos como: Rotação do Motor, Velocidade, Temperatura do Líquido de Refrigeração, Consumo de Combustível, Posição do Acelerador e Temperatura de Entrada do Motor.

O resultado da análise do modelo é exibido na forma percentual, demonstrando a chance de o carro estar na situação apontada pelo cabeçário, que também inclui um comentário com os códigos de falha daquele sistema em específico (DTCs).

Essa porcentagem, nas situações de falha, pode ser interpretada com o seguinte aspecto:

- 0 a 15%: Chance baixíssima - com possíveis erros do modelo embutido no resultado da análise.
- 15 a 35%: Chance baixa - veículo está começando a tender para a falha, mas pode indicar apenas uma flutuação no sistema caso não persista.
- 35 a 50%: Chance média - veículo passou do ponto de flutuação e está seguindo para a situação de falha, necessário se manter alerta ao sistema indicado.
- 50 a 75%: Chance alta - veículo se encontra bem próximo a situação de falha e nesses casos é indicado a procura de um mecânico para realizar inspeção do sistema indicado.

- e) 75 a 100%: Chance altíssima - veículo se encontra em falha iminente, onde o problema pode ocorrer a qualquer momento em que se é utilizado. É altamente recomendado a procura de uma assistência técnica para revisão do sistema indicado o mais rápido possível.

A interface também conta com um gráfico de tendências, onde se é possível selecionar o sistema desejado e visualizar seu comportamento ao longo do tempo, fazendo com que seja mais fácil tomar decisões em relação a possíveis falhas.

Por se tratar de uma ferramenta de visualização de dados, essa interface não possui nenhuma possibilidade de entrada de dados, apenas o monitoramento das mesmas.

A figura 10 representa a parte inicial da interface, demonstrando os dados básicos do veículo e uma amostra de como é feito a parte de diagnóstico de falhas.

Figura 10 - Interface completa - Parte 1



Fonte: Elaborado pelos autores.

A continuação da interface, representada pela figura 11, demonstra outros diagnósticos de falhas especificados pelo sistema, são esses os oito grupos de DTCs:

- Falha no Sistema EVAP;
- Falha de Ignição do Motor;
- Falha no tanque de combustível;
- Falha no conversor catalítico;
- Falha no sensor de oxigênio;
- Falha no Sistema EGR;
- Falha no termostato de refrigeração;
- Falha no sensor de detonação.

Figura 11 - Interface completa - Parte 2



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao final da interface, representada pela figura 12, foi implementado um gráfico de tendência onde o usuário pode analisar a situação do seu veículo ao longo do tempo especificado, aumentando ainda mais o valor da solução para o cliente.

Figura 12 - Interface completa - Parte 3



Fonte: Elaborado pelos autores.

6 CONCLUSÃO

Considerando-se o sistema de manutenção veicular atual, onde só é realizado algum tipo de inspeção no carro caso seja alarmado um diagnóstico ou periodicamente de acordo com o manual, torna-se necessário um sistema que seja capaz de detectar padrões onde o dono do veículo adquira conhecimento necessário para verificar a situação de seu veículo antes que o problema realmente aconteça.

Pensando nisso, o objetivo desse projeto foi demonstrar a existência da possibilidade de pré-diagnósticos utilizando apenas os dados gerados pelo próprio veículo, analisados por uma rede neural.

Implementar um diagnóstico via Inteligência Artificial baseada em dados do veículo mostrou-se bem complicado devido a grande complexidade de se entender como cada sistema funciona e como esses dados são lidos via protocolo OBD2. Além disso, a falta de conhecimento em implementações de Inteligência Artificial também foi uma grande barreira a ser batida, envolvendo dezenas de horas de leitura e testes.

A dificuldade de se obter dados realizando testes de problemas em veículos reais, devido a falta de recursos, também se tornou um obstáculo, pois foi necessário encontrar e adquirir conhecimento em um emulador confiável para geração desses dados.

Contudo, conforme foi se tornando mais familiar o ambiente para se trabalhar, foi possível concluir o objetivo principal. Com os dados e o conhecimento em mãos, foi desenvolvida uma aplicação que possui alta eficiência em relação ao modelo esperado, com uma baixa taxa de erros, representando resultados satisfatórios a expectativa do projeto.

Concluindo, a rede neural foi criada com sucesso, sendo alimentada por uma fonte de dados em tempo real e com uma interface de visualização final de fácil entendimento ao usuário. Assim demonstrando e justificando sua possível implementação futura em projetos de veículos automotores.

REFERÊNCIAS

- ALTEXSOFT. **Preparing your dataset for machine learning:** 8 basic techniques that make your data better. [S. l.], 16 jun. 2017.
- BANDARA, Dilum *et al.* Cloud-based driver monitoring and vehicle diagnostic with OBD2 telematics. **International Journal of Handheld Computing Research**, v. 6, n. 4, 2015. Trabalho apresentado no International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer)At. 2015, Colombo, Sri Lanka.
- BELO, Valdeci Pereira. **Sistema automático de falhas em veículos automotores OBD-2.** 2003. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- BUYYA, Rajkumar. **Internet of Things (IoT):** a vision, architectural elements, and future directions. Buyya, [S. l.], p. 1-7, 2018.
- KRUEGER, Brian. **How to implement cloud services.** [S. l.], 18 set. 2018.
- OBD-CODES. **OBD-II (check engine light) trouble codes.** [S. l.], 2020.
- SONOWSKI, David; GARDETTO, Edward. **Performing onboard diagnostic system checks as part of a vehicle inspection and maintenance program.** [S. l.]: National Service Center for Environmental Publications, 1 jun. 2001. p. 4-37.
- SOUZA, Paulo Vitor Cruz de. **BORA App.** Belo Horizonte, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 13 dez. 2019.
- SU, Xiaomeng. **Introduction to big data.** Oslo, Norway: NTNU, 2019.

Sistema IOT de agilidade para embarque em ônibus

Deangellis Césari de Oliveira Santiago*

Renan Campos Araujo*

Rose Mary Cocco Shuttenberg**

RESUMO

A presente monografia apresenta um estudo sobre os sistemas que instituem agilidade ao transporte urbano de grandes centros. Otimizar o tempo de embarque dos usuários de transporte público, incita diretamente a melhoria na qualidade de vida de quem utiliza deste meio e gera também, um ganho de grande proporção, para as empresas que prestam este serviço. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma aplicação mobile, um hardware para introduzir no veículo e uma plataforma de gestão que funcionarão integrados. Com esse sistema será possível reduzir o tempo de embarque e o custo do processo em geral, comparando-se com os sistemas atuais. No sistema serão aplicadas técnicas de visão computacional, estruturação e modelagem de redes, controle de banco de dados SQL e NoSQL, viabilizando a melhoria significativa no contexto atual. Existem empresas que já utilizam um embarque rápido, utilizando cartões de crédito e cartões RFID, ao contrário do sistema proposto que dependerá do smartphone como dispositivo de acesso do usuário e um hardware menos invasivo ao veículo. Por fim, será validado o sistema utilizando smartphones com sistema operacional (S.O.) Android e IOS.

Palavras-chave: Visão computacional. Redes de computadores. Ciência de dados. Controle. Automação. Otimização de processos.

ABSTRACT

This monograph presents a study on systems that establish the agility for urban transportation of large centers. Optimize the boarding time of public transport users, directly encouraging the improvement of the quality of life of those who use this means and also generates a large gain proportion for companies providing this service. This work proposes the development of a mobile application, an in-vehicle hardware and an integrated management platform. The system will be able to reduce shipping time and overall process cost by comparing it with current systems. No system will be applied to computer vision, network structuring and modeling, SQL database control and NoSQL techniques, enabling significant improvement in the current context. There are companies that already use a fast boarding pass, using credit cards and RFID cards, as opposed to the controlled system that relies on the smartphone as a user access device and less invasive vehicle hardware. Finally will be validated or system using smartphones with operating system (S.O.) Android and IOS.

Keywords: Computer vision. Computer network. Data science. Control. Automation. Process optimization.

1 INTRODUÇÃO

Desde 1817 o ônibus está presente na vida do brasileiro, trata-se do meio de transporte mais utilizado ao longo da história do transporte público. Foi revolucionário, eis que na época,

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

** Professora do curso Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas.

os transportes eram movidos à força dos animais, trazendo pela primeira vez o conceito de linhas com caminhos fixados e transporte em massa. Em contrapartida, por vezes arcaico, como a demora insistente de implementação de um sistema de ar condicionado (PENA, 2017).

Responsável por um misto de sentimentos nos seus usuários o ônibus vem acompanhando a história da sociedade brasileira e da tecnologia, sendo sua transformação e evolução uma espécie de espelho das principais revoluções tecnológicas.

Após a revolução industrial o Brasil teve um crescimento populacional muito significativo, com alta relevância para o processo de urbanização das cidades. Tal situação é considerada o ponto marcante na utilização maciça desse meio de transporte, com isso, tornou-se necessário criar planejamentos que pudessem de alguma forma, minimizar os problemas ocasionados pelo aumento da demanda (PENA, 2017).

Nesse sentido, com o intuito de minimizar os novos problemas comprehende-se as diversas inovações na área de transportes. A população brasileira passou a utilizar conduções para os deslocamentos do campo para as cidades e, sobretudo, para transitar dentro e fora das áreas urbanas. A princípio, esse meio de transporte era quase que exclusivo para a classe média, porém, em seguida foi aberto às pessoas em geral.

Por conta disso, foi preciso criar estratégias na área de transporte visando, contudo, dar condições para que todos possam usufruir desse serviço com qualidade. A medida que foi criando essas ditas melhorias, nascia também um problema que era as formas de pagamento por conta do uso do meio de locomoção, problema esse que é foco de tentativa de solução e melhoria com o presente trabalho (PENA, 2017).

Atualmente os ônibus e suas várias companhias se deparam com uma dificuldade que assola quase todos os processos, organizações e entidades que durante a história cresceram de forma exponencial e se tornaram extremamente robustas, a digitalização. Digitalização que vem tornando processos mais rápidos, baratos e seguros apesar de não ser um termo novo.

Com o avanço da tecnologia da informação e o barateamento de dispositivos elétricos e eletrônicos a digitalização saiu do papel e hoje se tornou uma revolução, desta forma fazendo com que ramos que não acompanharam seu desenvolvimento ficassem caros e obsoletos. Hoje as linhas de ônibus brasileiras são um exemplo disso, aplicativos de carona, fretado ou transporte particular vieram com uma nova mentalidade de prestar o serviço e estão ganhando força e mercado. Em um contexto onde usuários estão preferindo esses novos tipos de transporte ao ônibus, observando um melhor custo benefício, as empresas de ônibus se encontram em uma linha tênue entre aumentar o preço da passagem para arcar com seu operacional antigo e obsoleto e queda no número de usuários ou diminuir seu operacional, como por exemplo a retirada de pessoas específicas para a cobrança do bilhete acarretando em perdas de agilidade e qualidade no serviço prestado (LOPES, 2018).

Buscando solucionar o problema das empresas e acreditando na proposta de valor e importância do transporte público, será desenvolvido a digitalização da bilhetagem do ônibus através do desenvolvimento de um software e um hardware onde será possível comprar a passagem de forma antecipada via aplicativo e validada de forma rápida e eficiente. Automatizando o processo de bilhetagem o grupo busca diminuir custos e aumentar agilidade e qualidade no serviço prestado.

2 OBJETIVOS

Este projeto tem como finalidade implantar um sistema de reconhecimento de *QRCode* no ônibus via smartphone, acionando um hardware que possibilita a liberação da catraca. Dessa forma, viabilizar o embarque rápido do usuário e produzir um aumento na comodidade de quem utiliza o transporte público.

São objetivos específicos do projeto:

Desenvolver um aplicativo para smartphones com as seguintes possibilidades:

- a) Cadastrar um usuário;
- b) Dar a possibilidade ao usuário de visualizar e inserir créditos;
- c) Ter a capacidade de ler um *QRCode*;
- d) Enviar e receber informações de um servidor RESTFUL;
- e) Ter interface amigável e intuitiva ao usuário;

Desenvolver um hardware para acoplar ao ônibus com as seguintes possibilidades:

- a) Carregar uma identidade única referenciada ao número do ônibus;
- b) Receber comandos via protocolo Message Queuing Telemetry Transport (MQTT);
- c) Acionar um relé de liberação da catraca;
- d) Operar com tensão igual a 5 volts;

Desenvolver um servidor de aplicação centralizado para gerir por inteiro o aplicativo do smartphone e o hardware internalizado no veículo;

Efetuar testes e validar os resultados obtidos do protótipo a ser desenvolvido;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo de desenvolvimento de softwares embarcados passa por diversas etapas, entre elas o conhecimento completo e detalhado de tudo que será realizado. Ferramentas e arquiteturas devem ser extremamente revisadas, tendo em vista que essa primeira etapa sendo bem realizada trará eficiência e flexibilidade para o desenvolvimento ou adaptações que possam surgir ao longo do projeto.

Atualmente, as empresas de ônibus não possuem um padrão para bilhetagem devido ao desenvolvimento de novas tecnologias e terem sido feitas apenas pequenas adaptações. Existem companhias que aceitam do dinheiro a 14 (quatorze) tipos de cartões de transportes distintos, o que causa uma enorme perda de eficiência e agilidade no serviço prestado. A falta de padrão na bilhetagem impede que companhias de ônibus tenham acesso a informações chaves para seu negócio, sendo muito difícil falar com total clareza quantas pessoas andaram em uma determinada linha ou ônibus em um dia.

Entendendo a maneira como as companhias de ônibus arrecadam dinheiro e se tornam rentáveis, vê-se uma boa oportunidade de desenvolvimento de uma arquitetura que visa trazer a eficiência operacional aliada a integração de informação que se torna um grande trunfo em um mercado complexo e competitivo. Sendo assim, todo esse projeto foi pensado usando tecnologias e conceitos novos, robustos e integrados.

3.1 Programação orientada a objeto

A programação orientada a objeto é junto com a Programação Imperativa, Funcional e Lógica um dos 4 (quatro) paradigmas principais da programação, tem como objetivo a aproximação do mundo digital ao mundo real. A Programação Orientada a Objeto hoje, é a ponta final de ciclo de evolução que começou com a programação em baixo nível, passou pela programação linear, estruturada, modular e chega hoje a POO aquela que consegue solucionar os problemas mais complexos.

Não pode se afirmar com clareza o real criador desse paradigma da programação, porém o matemático Alan Kay é considerado por muitos o precursor dos estudos, em seu postulado ele cita conceitos que até hoje são a base da POO. “O computador ideal deve funcionar como um organismo vivo, isto é, cada "célula" comportar-se-ia relacionando-se com outras a fim de alcançar um objetivo, contudo, funcionando de forma autônoma. As células poderiam também reagrupar-se para resolver um outro problema ou desempenhar outras funções.” (KAY, 1996, p. 511-598).

A principal característica ou mudança que a POO trouxe com relação aos outros paradigmas da programação foi sair de um contexto onde você tem uma massa de dados globais, procedimentos, estruturas e assim a geração de um resultado, para um contexto onde os objetos possuem seus próprios dados, métodos, estruturas, gerando resultados e permitindo que vários objetos se relacionam.

Conforme Fernanda Farinelli disse em seu artigo (2007, p. 4) “A tecnologia orientada a objetos é fundamentada no que, coletivamente, chamamos de modelo de objetos, que engloba os princípios da abstração, hierarquização, encapsulamento, classificação, modularização, relacionamento, simultaneidade e persistência.”

A POO foi escolhida como nossa metodologia de desenvolvimento pelos diversos ganhos que ela acarreta, ganhos como confiabilidade, pois criando vários objetos acaba isolando as partes do seu software. Ao alterar uma parte, nenhuma outra é afetada. A oportunidade de dividir em partes permite desenvolver em paralelo ter flexibilidade de manutenção, expansão e melhorias sem retrabalhos.

3.2 Banco de dados

Banco de dados por definição é um conjunto de dados, relacionados ou não, representando informações sobre um domínio específico. Sendo assim, sempre que possível agrupar informações que se relacionam, pode-se dizer que há um banco de dados. Dentro desse conceito foram desenvolvidos diversos Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados, conhecidos como SGBD. Usualmente todos esses SGBD utilizam um padrão de linguagem denominado SQL (Structured Query Language), que possui duas vertentes fortes a T-SQL e a PL-SQL que nada mais são que adaptações da linguagem raiz feita pelas empresas Microsoft e Oracle. (KATAI, 2005). Dentro do trabalho, far-se-á o uso de alguns SGBD, sendo essa escolha feita baseada em conceitos SQL ou NoSQL dependendo da necessidade analisada.

Segundo o livro Introdução ao Banco de Dados de Osvaldo Tokaro Katai (2005, p. 6) “Atualmente, os seguintes modelos de dados são normalmente utilizados pelos SGBD’s: modelo hierárquico, modelo em redes, modelo relacional (amplamente usado), modelo orientado a objetos e o não relacional.”

3.2.1 Banco de dados SQL

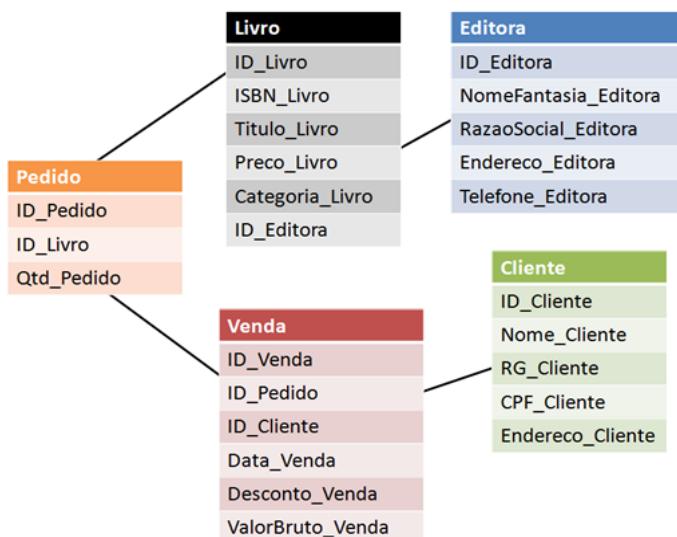
Desenvolvido originalmente pela IBM a base de dados SQL, dentre todas as arquiteturas, trata-se da mais difundida e usual. Sua principal característica é a de trazer padrão

à estruturas de suas tabelas, usar a mesma vertente da linguagem SQL, facilitando que entidades, tabelas e colunas se relacionem, como representado na Figura 1, e que consultas complexas em SQL possam ser feitas. Sendo assim, optou-se por esse tipo de arquitetura quando houver a necessidade de relacionamento entre entidades e consultas complexas. Porém, essa espécie de arquitetura traz algumas desvantagens como a normalização do banco, o que acaba trazendo uma demora e falhas para sistemas em tempo real, como em nosso desenvolvimento em alguns aspectos precisaremos de respostas em tempo real utilizaremos uma segunda arquitetura NoSQL (KATAI, 2005).

De acordo com o livro Banco de Dados de Osvaldo Tokaro Katai (2005, p. 11):

O modelo relacional implementa estruturas de dados organizadas em relações. Porém, para trabalhar com essas tabelas, algumas restrições precisaram ser impostas para evitar aspectos indesejáveis, como: Repetição de informação, incapacidade de representar parte da informação e perda de informação. Essas restrições são: integridade referencial, chaves e integridade de junções de relações.

Figura 1 - Mapeamento de entidades em um banco de dados relacional



Fonte: Hidalgo Jr. e Hugo (2020)

3.2.2 Banco de dados NoSQL

O tipo de arquitetura NoSQL segue como base o conceito de todo os sistemas de banco de dados, um conjunto de dados que te trazem uma informação. Porém, essa terminologia foi criada para diferenciar que bancos NoSQL são bancos que não possuem relacionamento, ou seja, oferecem a mesma capacidade de armazenamento e recuperação de dados, porém não seguem uma arquitetura única e tubular como dos bancos relacionais. Por se tratar de um banco desnormalizado, ou seja, tabelas, colunas não interagem entre si, suas consultas e respostas acabam sendo mais rápidas fazendo com que esse tipo de arquitetura traga ganhos à sistemas em tempo real, como no presente caso, o controle de acesso.

Uma das vantagens que se pode mencionar seria que esse tipo de arquitetura se expande de forma “horizontal”, o que significa que o banco por ser dividido por partes e não possuir relação e estruturas fixas, pode se expandir apenas criando mais base de dados. De forma diferente do banco SQL relacional que vai se expandir de forma vertical, precisando aumentar o HD (Hard Device), processamento e entre outras estruturas físicas. Segundo Heuser (2008, p. 16) “Um modelo de banco de dados é uma descrição dos tipos de informações que estão

armazenadas em um banco de dados”. O que vem de encontro com a ideia do grupo, usar diferentes modelos para processos específicos.

Com esse entendimento essa estrutura será usada é para armazenamento de documentos, conceito que irá permitir que documentos encapsulam, codifiquem dados e informações em formatos padrões. Documentos são endereçados no banco NoSQL através de uma chave única que representa aquele documento, conceito interessante que poderá auxiliar na verificação do QR-Code.

3.3 GoLang

Criada pelo Google em 2007, a linguagem Go ou GoLang se tornou open source em 2009. Desenvolvida por Rob Pike, Ken Thompson e Robert Griesemer, todos já extremamente conhecidos por vários projetos de sucesso no mundo da inovação, como o sistema UNIX, o motor JavaScript e o padrão UTF-8. Construída para atender a demanda cada vez maior sobre computação concorrente e velocidade de processamento, assim, foi elaborada com 3 (três) pilares principais, quais sejam: desempenho, facilidade de manutenção e escalabilidade (CARVALHO, 2015).

A linguagem GO foi trabalhada para que tudo aquilo que seus desenvolvedores consideravam importante, até então existente na programação, fosse nativamente presente na linguagem, gerando velocidade e facilidade na solução de problemas complexos, tendo em vista a diminuição de dependência de bibliotecas. Sendo assim, pode-se definir como uma programação concorrente e paralela nativa. Seu desempenho foi baseado na linguagem C e é altamente otimizado, aderente a versões para Linux, Mac OS, Windows, FreeBSD e mobile é também multiplataformas. Segundo o artigo de Suelen Goulart de Carvalho em seu artigo (2015, p. 4):

Houveram tentativas frustradas de resolver alguns destes problemas com sistemas desenvolvidos em linguagens já existentes, a maior parte deles em C++, Java e Python. E apesar de cada uma dessas linguagens possuírem características desejáveis, o mais desejável de fato, era encontrar todas estas características em apenas uma linguagem.

Alguns outros pontos como Memory Safe, que significa possuir uma gestão automática de memória, ser um software open source e compilado faz com que a comunidade e o mercado de trabalho comece a cada vez mais usar a ferramenta.

Outra diferença que é importante de ser colocada, principalmente visualizando o uso dessa linguagem no presente trabalho é que a linguagem Go não é uma POO tradicional, é sim possível programar orientado ao objeto, porém usando métodos de estrutura e não classe, fazendo com que vantagens da POO levantadas no tópico anterior deste trabalho como: criação de classes, interfaces, hierarquias e reutilização de códigos não se façam presentes (CARVALHO, 2015).

Pensando nisso, optou-se por essa linguagem para aplicações onde ela possui pontos fortes como explicitados acima, velocidade, desempenho e simplicidade.

3.4 Python

Linguagem desenvolvida em 1991, por Guido Van Rossum, com o objetivo de construir uma linguagem que visa a produtividade e simplicidade. São objetivos bem similares com a linguagem GoLang, o que da respaldo ao conceito de que a linguagem GoLang foi desenvolvida baseada no que existia de melhor em cada na programação, e Python é considera por muito especialistas a melhor linguagem atualmente (CRUZ, 2011).

Python suporta múltiplos paradigmas da programação, a programação procedural pode ser usada para programas simples e rápidos, mas estruturas de dados complexas, como tuplas, listas e dicionários, estão disponíveis para facilitar o desenvolvimento de algoritmos complexos. Projetos maiores podem ser desenvolvidos usando POO, que é suportado com qualidade. Pontos interessantes como a capacidade de se fazer muita coisa com poucas linhas de códigos, e metaprogramação são outras vantagens da linguagem (CRUZ, 2011).

É de extrema relevância a imensa quantidade de bibliotecas desenvolvidas para Python, que fazem desde acesso a banco de dados complexos de *deep learning*, Porém, mesmo sendo uma linguagem difundida e com várias bibliotecas externas, trata-se de uma aplicação que já em sua forma nativa já tem quase todas as funções, métodos e classes suficientes para se solucionar quase todos os tipos de problema.

3.5 Google Cloud Platform

Google Cloud Platform (GCP) é um conjunto de ferramentas de computação em nuvem, desenvolvida pela Google. Dentre as ferramentas funcionais como armazenamento de dados, análise de dados e aprendizagem de máquinas. A escolha do grupo por essa arquitetura passa pela interação entre as tecnologias escolhidas anteriormente. Sendo GoLang e Flutter tecnologias nativas da empresa Google naturalmente elas possuem integração entre si, já Python é uma linguagem extremamente inovadora como citado anteriormente e a base da linguagem nativa do Google.

A computação em nuvem é, de forma resumida, um centro de dados expressivo, armazenado para muitos usuários pela internet, dessa forma, os dados podem ser acessados de qualquer lugar do mundo, a qualquer hora, sem a necessidade de instalações de programas, tudo acontece de forma remota sem a necessidade de uma estrutura física. Logo, precisa-se apenas de internet para se ter informações, o que é bastante relevante para aplicações como a do trabalho em tela. Alguns outros pontos como a escalabilidade da arquitetura em nuvem é uma grande vantagem, assim como citado no tópico de banco NoSQL, trata-se de um crescimento “horizontal” e muito mais barato.

3.6 FireBase

FireBase é uma plataforma de desenvolvimento web e móvel. Adquirida em 2014 pela Google é uma ferramenta extremamente recomendada para quem busca uma interface amigável e facilidade no desenvolvimento de aplicações. O grupo mais uma vez opta pelo tipo de tecnologia baseado na qualidade de integração com outras ferramentas anteriores, nesse caso especificamente com o Google Cloud Platform.

Denominado como Baas (Backend as a Service), ele é um serviço disponibilizado em que toda a estrutura do backend como: configuração de servidor, integração com banco de dados, sistema de push notification e outros serviços, fazem parte do backend e estão completamente prontos para se integrar com o aplicativo.

Pensado para solucionar todos os problemas complexos que envolvem um aplicativo, o FireBase engloba soluções para funcionamento em diversos tipos de dispositivos, infraestruturas, escalabilidade e mecanismos de autenticação em tempo real.

Dividido em 4 (quatro) grandes pilares, analítico, desenvolvimento, crescimento e ganho. A parte mais importante para o desenvolvimento no presente projeto será o pilar do desenvolvimento, mais especificamente o banco de dados em tempo real, eis que permite o armazenamento e sincronismo dos dados entre usuários e dispositivos em tempo real com um banco de dados NoSQL hospedado na nuvem.

Os dados atualizados são sincronizados em todos os dispositivos conectados em segundos. Além disso, seus dados permanecem disponíveis caso seu aplicativo fique off-line, o que oferece uma ótima experiência do usuário, independentemente da conectividade de rede.

3.7 Raspberry PI 3b

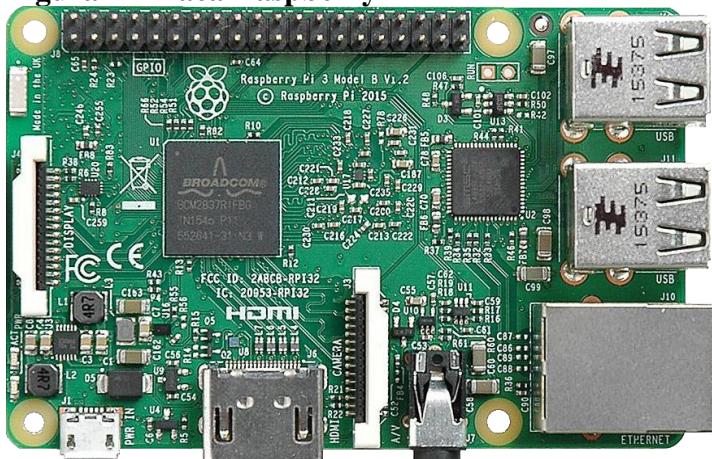
RaspBerry é uma série de computador placa única, fundada com intuito de ser um pequeno computador com um preço acessível. A empresa desenvolvedora do hardware mantém o mesmo conceito e preço desde seu lançamento, pensada inicialmente para o meio acadêmico, a placa passou a ter diversas aplicações ao longo dos anos, casas inteligentes, IOT (Internet das coisas) e até aplicações no meio industrial. O grupo opta pela uma arquitetura “3B” sendo o 3 referente a versão do hardware, que hoje se encontra na 4, sua composição um processador 1.2 GHz, 64-bit quad core ARMv8 e 1GB de ram, já a nomenclatura “b” faz referência a possuir um controlador Ethernet e duas portas USB (ALMEIDA, 2013).

“Um computador do tamanho de um cartão de crédito, que pode ser plugado em uma TV e faz a maioria das coisas que um desktop faz.” (ALMEIDA, 2013, p.4).

Uma distribuição Linux baseada em Debian conhecida como Raspbian é adaptada para o serviço como um sistema operacional on-board para Raspberry Pi. Para desenvolvimento possui interfaces com a linguagem de blocos “scratch” e Python.

Na figura 2 está representado a placa do raspberry pi 3b.

Figura 2 - Placa Raspberry



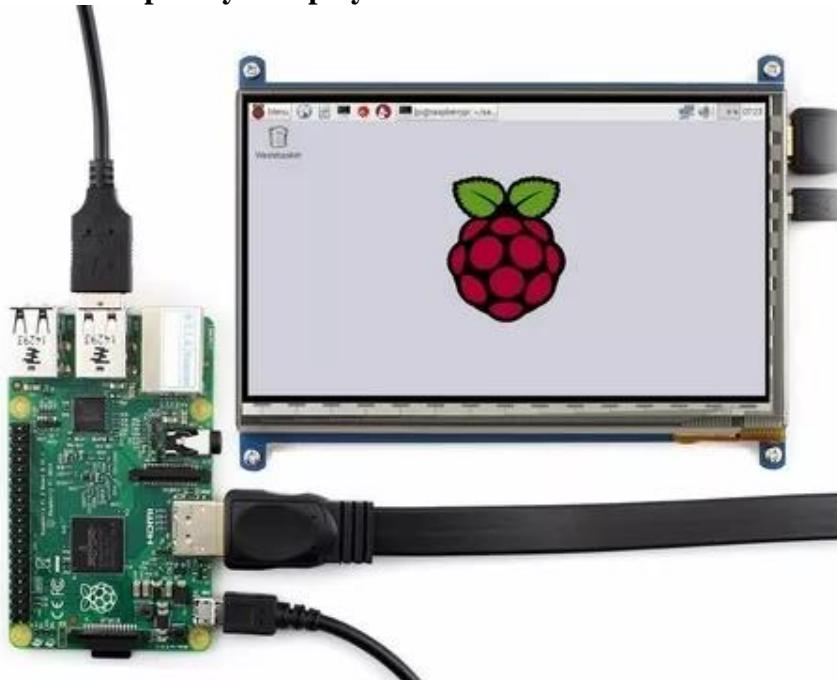
Fonte: Raspberry Pi User Guide (2016).

3.8 Display HDMI 7 polegadas Waveshare

Desenvolvida com foco em atender, a Raspberry é uma LCD de tela capacitiva de 7 (sete) polegadas e suporta vários sistemas operacionais. O display sofre atualizações que acompanham a da própria Raspberry, fazendo dela a melhor opção para a arquitetura em tela.

Na Figura 3 está uma representação do display e a Raspberry juntas.

Figura 3 - Raspberry e display HDMI



Fonte: DisplayModule (2020)

3.9 Protocolo de comunicação MQTT

Desenvolvido pela IBM nos anos 90 é um protocolo de mensagens leve para sensores e pequenos dispositivos móveis otimizado para redes TCP/IP, como seu nome sugere, ele é um protocolo de mensagem com suporte para a comunicação assíncrona entre as partes.

“Um protocolo de sistema de mensagens assíncrono desacopla o emissor e o receptor da mensagem tanto no espaço quanto no tempo e, portanto, é escalável em ambientes de rede que não são confiáveis.” (YUAN, 2017, p. 1).

O MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) se caracteriza por ser leve e flexível ótimo para desenvolvimento. Seu protocolo leve permite a implementação em hardware de dispositivo altamente restringido e em redes de largura da banda limitada e de alta latência, sendo assim, seu objetivo passa a ser minimizar o uso de banda de rede e uso de recursos dos equipamentos enquanto garantindo confiabilidade e algum nível de garantia de entrega.

É um protocolo de ligação que basicamente especifica como os bytes de dados são organizados e transmitidos pela rede TCP/IP. Mas por motivos práticos, quem desenvolve não precisa entender o protocolo de ligação. Basta saber que cada mensagem tem uma carga útil de comando e dados. Todas as bibliotecas e ferramentas do MQTT oferecem maneiras simples de manipular essas mensagens diretamente e podem preencher automaticamente alguns campos necessários, como os IDs da mensagem e do cliente.

3.10 Protocolo de comunicação Restful

O protocolo de comunicação Restful é baseado no HTTP que é dos protocolos web, o mais conhecido. Algumas mudanças ao longo do tempo fizeram o HTTP um protocolo mais simples que aproximava da nossa realidade, dando mais sentido às requisições.

Essas mudanças são a origem do protocolo REST, um protocolo padronizado. Referido REST significa (Representational State Transfer). Trata-se de uma abstração da arquitetura da Web. Resumidamente, o REST consiste em princípios e regras que, quando seguidas, permitem a criação de um projeto com interfaces bem definidas. Desta forma, permitindo, por exemplo,

que aplicações se comuniquem. Já a nomenclatura RESTful é dada para sistemas com capacidade de aplicar os princípios REST.

O REST ignora os detalhes da implementação de componente e a sintaxe de protocolo com o objetivo de focar nos papéis dos componentes, nas restrições sobre sua interação com outros componentes e na sua interpretação de elementos de dados significantes.

Foi feita a escolha por essa tecnologia tendo em vista que ele é frequentemente aplicada à web services fornecendo APIs para acesso a um serviço qualquer na web. Ele usa integralmente as mensagens HTTP para se comunicar através do que já é definido no protocolo sem precisar criar novos protocolos específicos para a nossa aplicação.

4 DESENVOLVIMENTO/METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da aplicação para *smartphones* proposto, será utilizado o editor de texto Visual Studio Code com o framework Flutter instalado. Os aplicativos serão desenvolvidos na linguagem Dart. A linguagem foi escolhida por criar aplicativos híbridos utilizando o mesmo código e ter uma aproximação muito grande do desenvolvimento nativo. Em alguns casos, no sistema operacional Android, o desempenho dos aplicativos feitos em Dart com Flutter, tem o desempenho até melhor que os aplicativos desenvolvidos nativos. A integração com os bancos de dados SQL e NoSQL é relativamente simples com esta linguagem.

A principal funcionalidade do aplicativo será ler um *QRCode* e enviar o pacote de dados necessário para o servidor da aplicação que decidirá se deve ou não liberar a catraca do ônibus. Outras funcionalidades do aplicativo serão a opção de cadastro do usuário e a compra de passagem. O aplicativo terá uma interface amigável com o usuário proporcionando uma boa experiência.

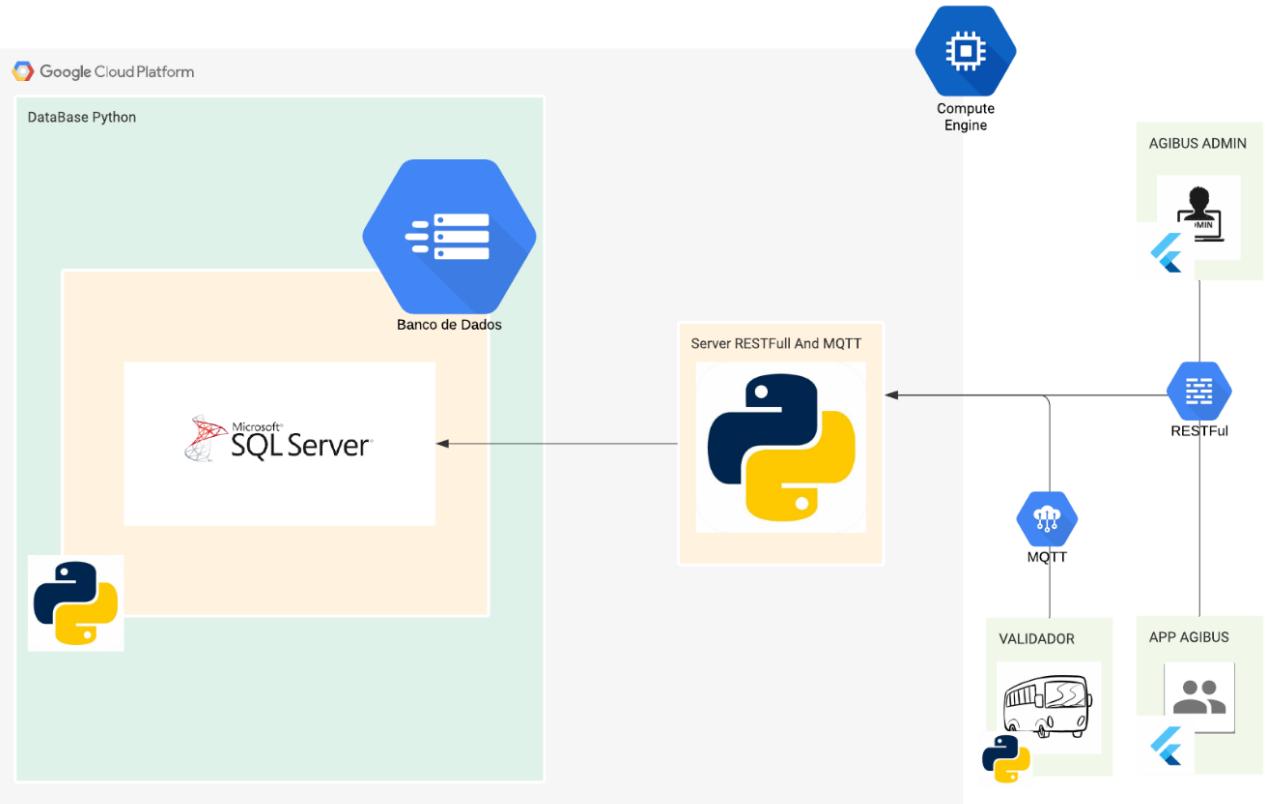
Na parte de validações das requisições feitas pelo aplicativo, será construído um serviço em nuvem utilizando a *Google Cloud Platform (GCP)*, que será composto pelas linguagens Python 3 e Golang. Os bancos de dados que complementarão o servidor de validação, será Postgresql(SQL) e MongoDB(NoSQL). A linguagem Python 3 foi escolhida por ser versátil, de fácil sintaxe e ter uma gama de bibliotecas consistentes para validação e controle de sistemas de usuários. Já a linguagem Golang, foi escolhida para compor a parte de controle dos serviços e escalabilidade dos processos que integrarão a GCP.

A utilização de um banco de dados Postgresql se dá pelo fato de ser necessário o armazenamento de dados individuais para geração de relatórios de usuário e relatórios de controle gerais. Já o MongoDB, por ser um banco de dados não relacional, tem uma velocidade de busca maior quando se trata de volumes a nível de *big data* e será usado nas buscas de linhas, ônibus e usuários que compõem uma fatia muito grande dos bancos de dados do sistema. O sistema terá um validador local que ficará interno ao ônibus e terá uma interface direta com a catraca e com o usuário. Esse validador carregará a “identidade” do veículo, e dará esta informação em tempo real ao servidor da GCP que atualizará valores de tarifas e linhas que estãoativas no momento.

Outra estratégia que foi aplicada para se alcançar um planejamento correto do trabalho foi o uso do conceito de BPM (Business Process Modeling), com o intuito de se entender melhor o problema em questão. O BPM é uma solução que ajudou através da notação BPMN (Business Process Modeling Notation) a tornar visual todos os processos. Foi possível verificar prováveis lacunas, tarefas repetitivas e principalmente enxergar as regras de negócio que posteriormente serão usadas para fazer o controle de fluxo nos códigos. Na Figura 4 como ficou desenhado o mapa do processo de funcionamento do Agibus. Que se inicia pela inserção de todos cadastros feitos pela aplicação de administração que alimentará o banco de dados com itens como ônibus, linhas e garagens. Após este cadastro, o validador que fica localizado dentro do ônibus já pode ser configurado com as informações de linha e tarifa. A partir dessas duas etapas, o usuário da aplicação mobile, efetuará a compra da passagem com a leitura do QRCode diretamente no validador, nesse momento a aplicação

mobile envia uma requisição REST para o servidor que caso o saldo do usuário seja suficiente, o servidor MQTT enviará um comando de abertura da catraca para o validador do ônibus.

Figura 4 - Fluxograma de processo do funcionamento do produto Agibus



Fonte: Elaborado pelos autores

4.1 Principais funcionalidades do aplicativo

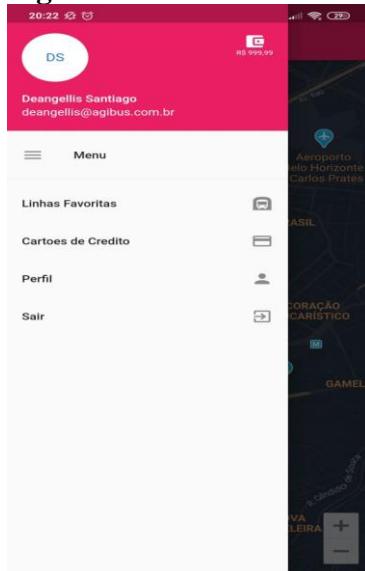
Como mencionado nos capítulos anteriores, escolheu-se a linguagem Dart para desenvolvimento do aplicativo. A linguagem possui um conceito de desenvolvimento baseado em Widgets, que são, na verdade, blocos previamente prontos com alta capacidade, podendo adaptar a cada contexto.

O aplicativo terá uma tela para cadastro e *login* do usuário, conforme Figura 6. Nesse momento, o usuário tem a possibilidade de criar um novo cadastro, vincular com contas de suas redes sociais ou então pedir uma recuperação de senha. O desenvolvimento em Dart usando o framework flutter faz como que toda a nossa aplicação *mobile* se adapte a resolução em que o usuário acesse nossa aplicação.

Figura 6 - Tela de Login do aplicativo Agibus

Fonte: Elaborado pelos autores

Após o login, o usuário vai acessar uma tela de menu, conforme se vê na figura 7. Nessa tela será possível ter acesso a sua própria localização e às dos ônibus que estão com o dispositivo do ônibus ativado. Nesta mesma tela, terá o acesso à troca de perfil do usuário, podendo trocar fotos e nomes, havendo, inclusive, uma aba para cadastro do cartão do cartão de crédito, como mostra a Figura 8. Nesse mesmo sentido, também vai existir uma aba exclusiva para adicionar linhas favoritas. Sendo essa última uma das opções de aprimoramento, pensando em desenvolver uma central de notificação sobre a posição dos ônibus de suas linhas favoritas.

Figura 7 - Tela de menu do aplicativo

Fonte: Elaborado pelos autores

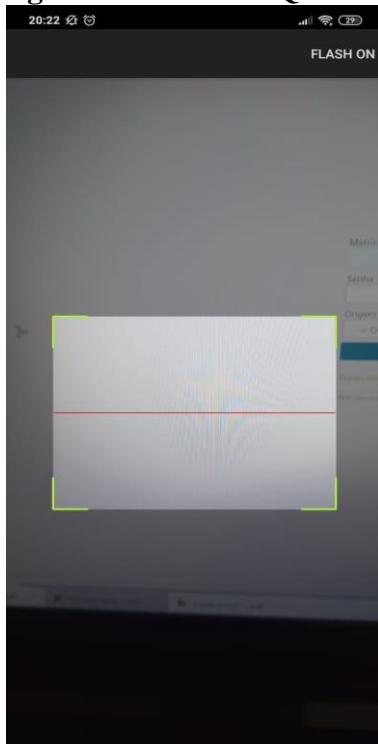
Figura 8 - Aba cartão de crédito



Fonte: Elaborado pelos autores

Com todas as informações devidamente cadastradas o usuário vai conseguir acessar uma aba de *QRCode*, conforme se verifica na Figura 9. Essa aba será utilizada pelo usuário para escanear o código de *QRCode* que vai estar presente em cada ônibus que possuir o sistema Agibus instalado. Esse validador vai autorizar a transação no cartão de crédito cadastrado, tornando a bilhetagem rápida, automática e integrada com o sistema Agibus de cobrança e gerenciamento, além, do usuário ou empresa que contrate o aplicativo terá a rastreabilidade completa da transação.

Figura 9 - Leitor de QR Code do Agibus



Fonte: Elaborado pelos autores

4.2 Principais funcionalidades do validador do veículo

Como primeira parte do desenvolvimento, iniciou-se a aplicação embarcada usando a Raspberry PI 3b e um Display HDMI 7 polegadas Waveshare. Foi desenvolvida uma maleta usando impressora 3D, responsável por abrigar o microcomputador e seus periféricos, como demonstra a figura 10.

Essa maleta ficará embarcada no ônibus, onde passageiros e motoristas tenham fácil contato e visibilidade. A aplicação embarcada é a interface operadora de ônibus e usuário. Será de responsabilidade da operadora dar início a aplicação na garagem, sendo certo que o funcionário da companhia deve fazer o login com credenciais administrativas, com sua respectiva linha e adicionar uma rede. Com esses passos concluídos, o sistema embarcado gerará um *QRCode* que armazenará todas as informações referenciadas acima, credenciais do motorista, linha e rede, e assim ficará disposto no Display HDMI o *QRCode* validador até a viagem ser encerrada novamente na garagem da operadora..

Figura 10 - Dispositivo que ficará no ônibus

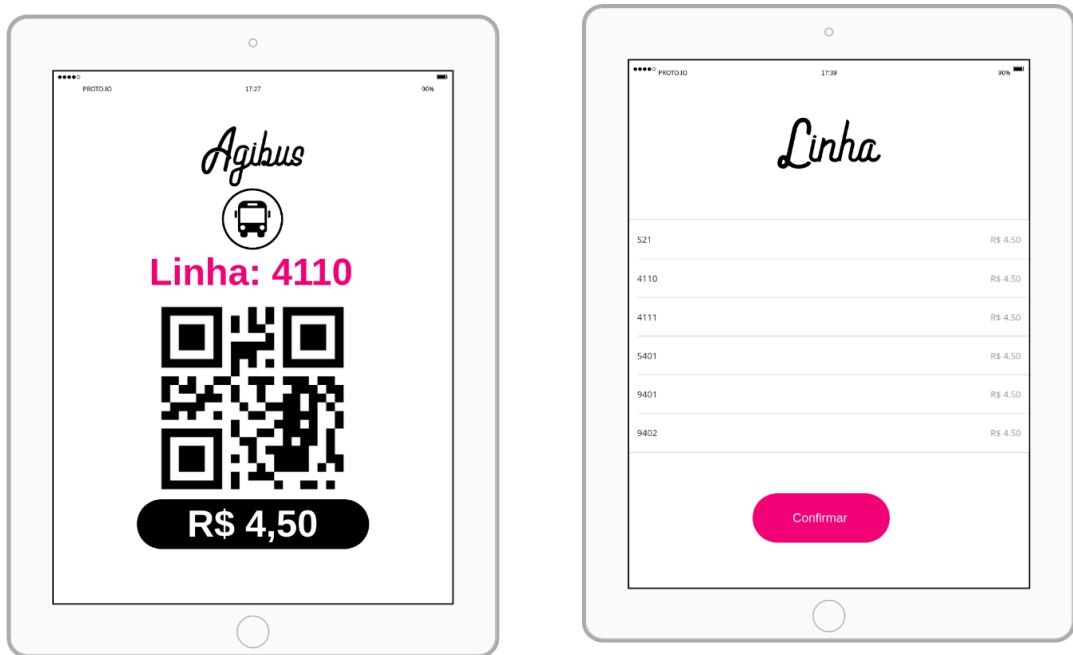


Fonte: Elaborado pelos autores

Essa aplicação foi baseada em Python de ponta a ponta, desde o armazenamento da string de conexão até o front-end do embarcado. A aplicação remota conta com um banco de dados SQLite próprio e exclusivo para guardar informações leves da própria aplicação e ser um repositório confiável na falta de rede dentro do trajeto do ônibus.

O validador instalado no veículo terá um relé de 5 (cinco) volts que acionará a botoeira de liberação da catraca. Esse relé será acionado quando o validador receber o comando do servidor da nuvem. O validador contará com um display de 7" *touchscreen* que possibilita tanto que o usuário leia o *QRCode* que será mostrado quanto a configuração manual feita pelo motorista do veículo conforme Figuras 11. A configuração que pode ser feita pelo motorista é de valor de tarifa e número de linha, caso seja necessário.

Figura 11 -Visualização da aplicação embarcada no display.



Fonte: Elaborado pelos autores

4.2.1 Especificações do hardware do validador do veículo

- Raspberry pi 3b
- Display 7" touchscreen WaveShare
- Fonte DC 5v 3A
- Rele 5v 127v
- Cartao de memoria SD 16GB classe 10

4.3 Principais funcionalidades do servidor

Todas as aplicações precisam conversar entre si em determinados momentos do processo. Pensando nisso foi desenvolvida uma arquitetura em nuvem que vai receber informações das aplicações em tempo real. Dentro do servidor terá uma aplicação cluster desenvolvida em Python.

Para esse objetivo, foram utilizados alguns conceitos como REST e HTTP que geram requisições de busca e envio de informações nesse servidor central. As aplicações terão banco de dados próprios para que funcionem sem internet, porém, assim que as aplicações tiverem conexão à internet, esses dados serão enviados e recebidos.

O servidor em nuvem recebe as requisições dos aplicativos tanto de compra e débito de créditos quanto de acesso à linha em questão por usuário. Será função de o servidor emitir um comando via MQTT, para o validador do veículo para que ocorra a liberação da catraca. Outra função fundamental do servidor será validar em seus bancos de dados quais ônibus estão operando e quais suas respectivas linhas em tempo real.

O servidor web deverá ter também uma interface de usuário, para ser possível emitir relatórios e visualização de *dashboard* em tempo real.

5 TESTES

Para efetuar os testes, o servidor e o banco de dados foram instalados localmente nos computadores pessoais para que seja possível validar de forma precisa todas as iterações principais do sistema.

O sistema embarcado, que ficará no ônibus, está também em rede local para que os testes e correções sejam feitas de maneira mais rápida e efetiva.

O teste será efetuado em cinco etapas, onde poderão ser visualizadas todas as iterações do sistema, que são: aplicativo mobile, comunicação com servidor, servidor comunica com dispositivo embarcado, dispositivo embarcado comunica com servidor, aplicativo mobile comunica com servidor e aplicação web apresenta dados ao gestor.

Após a conclusão dos testes será possível validar a integridade de todo o sistema e disponibilizá-lo na nuvem.

5.1 Análise de requisições e retornos App Mobile para Server

Nesta etapa serão realizadas todas as requisições propostas que partem do aplicativo mobile até o servidor que utilizam o padrão *RestFul* e, dessa forma, também será analisada a resposta obtida pelo servidor no momento de validação de cada funcionalidade. Esta é uma etapa fundamental para o sistema, devido à maior massa de dados trafegados partirem da aplicação mobile e se direcionar ao banco de dados para consumo das outras partes envolvidas no sistema. Requisições como cadastro de usuário e cadastro de cartão de crédito partem desta aplicação, então o impacto financeiro no sistema parte totalmente da aplicação móvel. Portanto, analisar com cautela todas as entradas e saídas é de suma importância.

5.2 Análise de requisições e retornos Server para Dispositivo embarcado

Nesta etapa serão realizadas as requisições partidas do servidor para o dispositivo mobile que utilizam o padrão *MQTT* que concluem a transação de compra da passagem de fato.

O abatimento na carteira do usuário e/ou a compra da passagem pelo cartão de crédito, neste momento são disponibilizadas na fila de execução e serão efetuadas ou não caso os requisitos de pagamento sejam preenchidos por completo.

O dispositivo embarcado receberá o comando de liberação da catraca de qualquer forma, mas caso o pagamento, que ocorrerá posteriormente, não for concluído, o usuário entra na *blacklist* do sistema até que a dívida seja quitada no sistema. Assim sendo, o dispositivo estará impossibilitado de utilizar a aplicação até que o débito seja excluído do sistema.

5.3 Análise de requisições e retornos Dispositivo embarcado para Server

Nesta etapa serão realizadas requisições de troca de linhas, a partir do dispositivo embarcado, utilizando o padrão *RestFul*, solicitando ao servidor que altere no banco de dados a linha atual, nome da linha e tarifa da linha que o ônibus irá fazer a corrida naquele momento.

A alteração partirá do operador da garagem que possuirá um *QrCode* para configuração da linha. Assim que o dispositivo inicializar ele deverá apresentar o *QrCode* respectivo a linha que ele irá iniciar a corrida, sendo configurada automaticamente e dará início a corrida daquela linha.

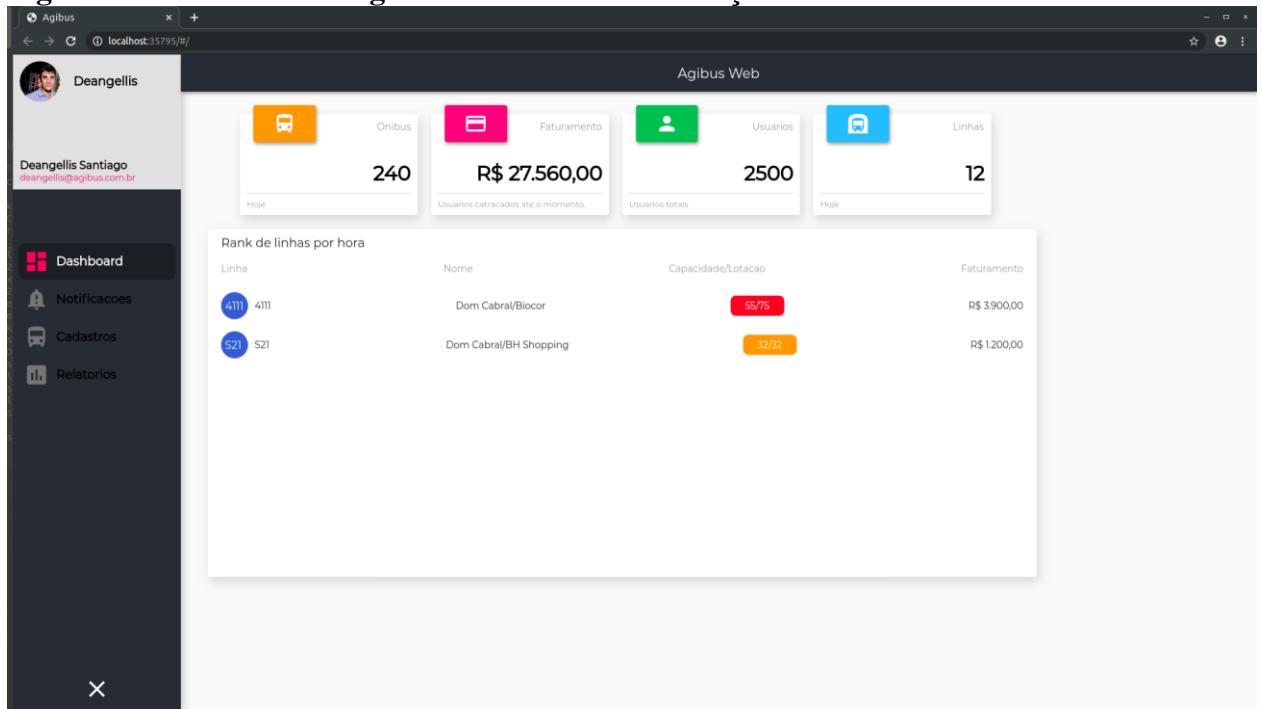
Além das configurações de linha, as configurações de rede como conexão ao *WiFi* serão executadas neste momento. O *QrCode* de configuração será gerado pelo aplicativo e só operadores de garagem obtém esta função.

5.4 Análise de requisições e retornos Aplicação web para Server

Nesta etapa será realizado requisições de cadastro de ônibus, linhas, consórcios e acompanhamento de todos os dados de gestão que estão no banco de dados. Estes dados são consumidos também utilizando o protocolo *RestFul*.

Dessa forma, relatórios de controle e gestão poderão ser visualizados e emitidos. Teremos abas de dashboards com informações chaves como linha, quantidade de ônibus cadastrado, número de usuários e valor transacionado por essa linha. A figura 13 mostra como ficou a plataforma de gerenciamento de informações.

Figura 13 - Plataforma de gerenciamento de informação



Fonte: Elaborado pelos autores

6 PERSPECTIVAS FUTURAS

Com todo *MVP* concluído e durante as fases de desenvolvimentos, foi possível enxergar várias oportunidades de aprimoramento no produto em apreço. Acredita-se que o produto traz uma tecnologia disruptiva e que pode revolucionar a forma como se trata a bilhetagem de ônibus nos dias atuais.

Dessa forma, pretende-se avançar no aprimoramento do produto em busca de agregar ainda mais valor aos futuros clientes. Abaixo, uma lista das melhorias identificadas:

- Desenvolvimento de toda arquitetura do servidor em nuvem de forma a tornar toda aplicação independente de servidores locais, além de agregar valor à segurança da informação dos usuários e clientes.
- Desenvolvimento de um sistema de *token* para validação da transação no ônibus em busca de se evitar possíveis fraudes.
- Aprimorar a captação de dados das transações em busca de gerar informações que agreguem ainda mais valor na tomada de decisão dos clientes. Exemplo: Gerar relatórios automáticos que podem informar qual a quantidade de pessoas que frequenta em média cada linha por horário, assim ajudando o cliente a ter uma melhor gestão de frotas.

- d) Desenvolvimento de uma carteira exclusiva para as empresas onde elas consigam associar o vale transporte dos seus funcionários com a bilhetagem do produto Agibus, dessa maneira, a empresa consegue ter informações referente sobre o uso do benefício.

A tabela 1 foi criada a fim de ter um cronograma de atividades a serem cumpridos nos próximos 3 (três) meses para conclusão do *core* deste trabalho.

7 CONCLUSÕES

A partir do desenvolvimento e dos estudos realizados no presente projeto, pode-se concluir que a tecnologia e o desenvolvimento de novos produtos com o planejamento de ponta a ponta e muita integração são capazes de solucionar problemas complexos, trazendo resultados positivos operacionais para as companhias, com o ganho de qualidade para os usuários de ônibus e da sociedade como um todo.

Foram bastante satisfatórios os resultados e foi alcançado o objetivo proposto, de trazer uma solução que envolvesse várias lições e conteúdos lecionados durante a graduação de Engenharia de Controle e Automação. Banco de dados, Algoritmos I e II, Tecnologia da Informação aplicada a Automação são algumas das várias matérias que auxiliaram de forma direta no desenvolvimento da pesquisa. Além, do conceito de automação que é bastante fixado ao longo do curso, o que facilita qualquer construção que visa os três principais pilares da automação: otimização, segurança e produtividade.

É de se observar que após a conclusão dos estudos e desenvolvimento da solução proposta, os autores enxergam diversas possibilidades de melhoria no produto que além de digitalizar, automatizar e simplificar o processo de bilhetagem, pode também auxiliar empresas no controle de frota, logística das linhas e previsibilidade de receita

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, André Gustavo Duarte de. **Conhecendo o Raspberry Pi:** possibilidades de uso em contextos educacionais e profissionais. Parnamirim: IFRN, 2013. 30 Slides. Cor. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/andrealmeida/palestras/ensol-conhecendo-o-raspberry-pi>. Acesso em: 2 abr. 2020.

CARVALHO, Suelen Goularte. **Go lang:** a linguagem do Google. São Paulo: Instituto de Matemática e Estatística. Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~gold/cursos/2015/MAC5742/reports/GoLang.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.

COSTA, Elisangela Azevedo Viana Gomes da. **Estudo dos constrangimentos físicos e mentais sofridos pelos motoristas de ônibus urbano da cidade do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Puc Rio, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.9036>. Acesso em 11 maio 2020.

CRUZ, Felipe. **Python escreva seus primeiros programas.** [S. l.]: Casa do Código, 2011.

DISPLAYMODULE. **7" 1024x600 HDMI display for raspberry Pi with capacitive touch.** China: DisplayModule, 2020. Disponível em: <https://www.displaymodule.com/products/dm-tft70-126>. Acesso em: 25 jun. 2020.

FARINELLI, Fernanda. **Conceitos básicos de programação orientada a objetos.** [S. l.]: Researchgate, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fernanda_Farinelli/publication/268362210_Conceitos_basicos_de_programacao_orientada_a_objetos/links/56df033e08aee77a15fcfedde/Conceitos-basicos-de-programacao-orientada-a-objetos.pdf. Acesso em: 13 abr. 2020.

HEUSER, Carlos Alberto. **Projeto de banco de dados:** volume 4. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HIDALGO JR, Arnaldo M.; HUGO, Marcelo. **Banco de dados = trabalho.** [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://app.emaze.com/@AZOCTZLI#1>. Acesso em: 25 jun. 2020.

KAY, A. C. The early history of smalltalk. In: BERGIN, J. T. J.; GIBSON, J. R. G. (Ed.). **History of programming languages – II.** New York: ACM, 1996. p. 511-598.

LOPES, Marcus. Como nasceu o primeiro sistema de transporte coletivo do mundo. **BBC News**, São Paulo, 23 set. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-45587611>. Acesso em: 14 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Museu virtual do transporte urbano:** o transporte no Brasil. [S. l.]: NTU, [2020?]. Disponível em: <http://www.museudantu.org.br/brasil5.htm>. Acesso em: 23 maio 2020.

OLIVEIRA, Samuel Silva de. Bancos de dados não-relacionados: um novo paradigma para armazenamento de dados em sistemas de ensino colaborativo. **Revista Eletrônica da Escola de Administração Pública do Amapá**, Macapá, v.2 n. 1, p. 184-194. ago-dez. 2014. Disponível em: <https://www2.unifap.br/oliveira/files/2016/02/35-124-1-PB.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

PENA, Rodolfo F. Alves. Problemas no transporte público. In: **Brasil Escola**. 2017. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/problemas-no-transporte-publico.htm>. Acesso em: 24 de jun. de 2020.

RAMARKRISHNAN, Raghu; GEHRKE, Johannes. **Sistemas de gerenciamento de banco de dados.** Tradução de Célia Taniwake. 3. ed. Porto Alegre: AMBH, 2011. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=COUJpkH5v38C&oi=fnd&pg=PR7&dq=Banco+de+dados&ots=0X5-MfP4Tv&sig=7YhM1xRQaXrbeL3cliq4wA3J6I#v=onepage&q=Banco%20de%20dados&f=false>. Acesso em: 28 abr. 2020.

RAMOS, Diego Vieira; CHICATI, Marcelo Luiz; MACHADO, André Fogolin. et. al. A evolução do transporte público de passageiros por ônibus. **Synergismus Scyntifica UTFPR**, Pato Branco, v. 12, n. 1, p. 254-261, 27 de novembro de 2017. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/2249/1655>. Acesso em: 12 maio 2020.

RASPBERRY Pi user guide. [S. l. : s. n.], 2016. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/mcmelectronics/downloads/Raspberry+Pi/Raspberry_Pi_Basic_User_Guide_rev20160324.pdf. Acesso em: 25 jun. 2020.

REBELO, Francisco Wellington Dourado. **Programação orientada a objetos.** Curitiba: LT Editora, 2011.

REZENDE, Ricardo. **O que é banco de dados?** [Rio de Janeiro?]: DevMedia, 2006. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/conceitos-fundamentais-de-banco-de-dados/1649>. Acesso em: 27 abr. 2020.

TAKAI, Osvaldo Kotaro; ITALIANO, Isabela Cristina; FERREIRA, João Eduardo. **Introdução a banco de dados.** São Paulo: DCC – IME – USP, 2005. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~jef/apostila.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.

YUAN, Michael. **Conhecendo o MQTT.** [S. l.]: IBM. 03 nov. 2017. Disponível em: <https://developer.ibm.com/br/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>. Acesso em: 06 maio 2020.

Análise vibracional da coluna de direção automotiva através de gêmeos digitais

Rafaela Avelino Moraes Reis*
 Douglas Henrique Silveira Andrade*
 Rose Mary Cocco Schuttenberg**

RESUMO

Neste trabalho estão contidas técnicas de análise vibracional sobre a coluna de direção. Portanto, o trabalho visa simular o comportamento dinâmico vibracional de uma coluna de direção através da técnica de modelagem por elementos finitos, quando a mesma é submetida a um impacto inicial.

Palavras-chave: Controle. Estrutura mecânica. Chassis. Elementos finitos. Análise modal. CAE.

1 INTRODUÇÃO

O setor automobilístico nacional apresenta-se, por análise histórica, altamente volátil e exige um grande volume de recursos, mas também como um catalisador de outras indústrias correlatas. Pela sua grande abrangência, e uma participação representativa no PIB nacional – cerca de 5% nos últimos anos (DAUDT; WILLCOX, 2018) – e por fatores como variação cambial, custo de mão-de-obra, custo de materiais essenciais para a produção, a competitividade deste setor da indústria vem se tornando cada vez mais elevada e agressiva. A demanda por redução de custo e aumento de eficiência e performance em cada componente de um veículo tem demandado um trabalho incisivo de engenharia e análise durante todas as fases do desenvolvimento.

Dentro deste conceito a aplicação de novas técnicas de análise, desenvolvimento e aprimoramento de materiais, a inovação no modo de uso do veículo e as longas horas de teste e análise têm se tornado uma onda evolutiva dentro do setor de engenharia automobilística, não somente a nacional, mas também em âmbito internacional, que nos últimos anos apresenta uma vertente maior para a redução do consumo de combustíveis fósseis e visa o aumento do uso de novas formas de energia, como a elétrica, solar e química.

Entendendo este cenário, a proposta deste trabalho é avaliar o comportamento de uma coluna de direção automotiva submetida a um pulso vibratório, e realizar a aplicação do gêmeo digital, que irá correlacionar o teste prático com a análise virtual, permitindo assim, dentre outros, o aumento da confiabilidade em análises virtuais e modelagens matemáticas, aumentando o número de horas empregadas em simulações e testes dentro do universo virtual, e, consequentemente, reduzindo o número de horas no universo prático, diminuindo a um nível sustentável o custo com materiais, ferramentas e equipamentos, além da redução, em muitos casos, da exposição ao risco dos técnicos e engenheiros que avaliam os veículos nos testes de rodagem em pistas e estradas.

Os gêmeos digitais funcionam como uma cópia virtualizada de processos reais, ou seja, ao mesmo tempo em que se desenvolve um produto no meio físico, a sua criação é virtualizada e emulada no meio digital, levando em consideração todos os seus aspectos. Os gêmeos digitais foram considerados pela empresa de consultoria estratégica americana Gartner como uma das maiores tendências do mundo corporativo, com o objetivo de digitalizar processos e cadeias

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas

produtivas, simulando possibilidades de erros em uma aplicação real e impulsionando uma nova revolução industrial chamada atualmente de “indústria 4.0” (GÊMEOS, [2020?]).

2 OBJETIVOS

Em conjunto com a Fiat Chrysler Automobiles América Latina, este trabalho tem como objetivo modelar e simular os comportamentos vibracionais de uma estrutura de coluna de direção por meio da utilização da suíte de software HyperWorks, e confrontar os resultados obtidos com os resultados de uma avaliação com os mesmos parâmetros feita sobre um veículo físico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os cálculos e medições são normatizados pelos órgãos regulamentadores SAE e ABNT, sob as normas de número:

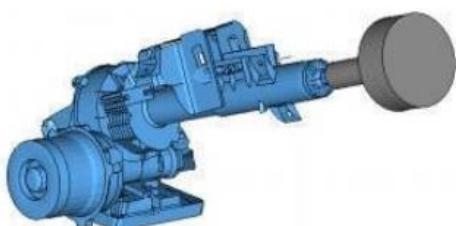
- a) LP.7R019 / R020 / R023;
- b) LP.C0015 / C0176 / C0341.

Para a modelagem do sistema, tanto virtual quanto matemática, foi utilizado o método de elementos finitos, amplamente usado na atualidade pela sua grande capacidade de processamento matemático e resolução de equações. Além da versatilidade, a suíte ainda apresenta sua interface visual que se comunica diretamente com os modelos tridimensionais utilizados para a projeção e construção dos componentes.

Todo material físico é contínuo, ou seja, não há espaços vazios entre suas partículas (KIM; SANKAR, 2009). Desta forma, a geometria do componente, no caso a coluna de direção, é subdividida em múltiplas pequenas partes denominadas elementos, os quais irão representar o domínio contínuo vibracional.

Separase a geometria em elementos finitos (que podem ser triangulares ou quadrangulares), e conectam-se os elementos através de pontos, chamados nós ou pontos nodais. A esse conjunto de pontos e elementos dá-se o nome de malha, representada na Figura 1. As equações matemáticas são resolvidas por métodos numéricos, alcançando um resultado aproximado devido à forma em que a geometria é subdividida.

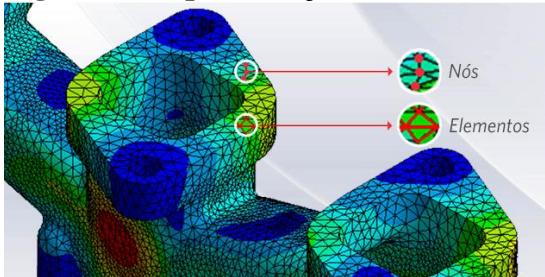
Figura 1 - Coluna de direção representada em malha



Fonte: Fiat Chrysler Automobiles

A precisão do modelo de elementos finitos depende da quantidade de nós e elementos, tamanho e tipo do elemento. Portanto, quanto menor o elemento e quanto maior o número de elementos e nós, maior a fidelidade dos resultados. Entretanto, um maior número de elementos aumenta significativamente a complexidade da malha, elevando também, de maneira proporcional, o tempo necessário para o processamento dos dados. A Figura 2 representa nós e elementos.

Figura 2 - Representação dos nós e elementos



Fonte: Mirlisenna (2020)

A análise por elementos finitos tem um conceito base simples, porém, as equações matemáticas e ferramentas de análise apresentam um alto nível de complexidade, demandando a aplicação de softwares comerciais e computadores com um alto poder de processamento de dados para a sua resolução. A aplicação de tais softwares exige, por sua vez, pessoal capacitado na teoria de aplicação do método. Uma das principais funções do método é determinar tensões e deslocamentos de uma estrutura ou componente, podendo também analisar frequências vibratórias e grandes desacelerações, como no caso de um impacto frontal em alta velocidade. Tal análise leva em consideração propriedades mecânicas do material, geometria e cargas, sendo inicialmente definidos como dados de entrada (do inglês, “input”). Em seguida, o método resolve milhares de equações simultaneamente, convergindo em um resultado que dificilmente poderia ser obtido manualmente devido à sua complexidade matemática.

É importante ressaltar que o método de elementos finitos objetiva a discretização de um sistema contínuo, isso é, a subdivisão de um corpo em partes menores (elementos), conectados por pontos (NEPOMUCENO, 2016). Desta forma, a discretização de um sistema pode dar-se em vários níveis, sendo os níveis mais altos aqueles que requerem um maior tempo de processamento, podendo, inclusive, tornar a análise inviável. Por outro lado, a redução significativa no nível de discretização compromete a fidelidade do resultado, reduzindo ou até excluindo fenômenos que eventualmente aconteceriam no universo prático experimental.

4 METODOLOGIA

Como na grande maioria dos processos, uma simulação numérica é desenvolvida com o propósito de se validar, dentro de uma diferença aceitável de no máximo 10% a estrutura, processo ou produto que está sob análise. Esta simulação por sua vez, visa criar um ambiente onde o seus parâmetros e características já são conhecidas, possibilitando tomadas de decisões relacionadas a performance, custo, tempo de ciclo, dentre outros. Com isso, entra em cena os Gêmeos Digitais onde se usa desta modelagem para se fazer correlações fidedignas entre a entidade física e virtual a fim de se obter os mesmos resultados finais nas duas situações, ocasionando no uso de projetos virtuais que, no contexto de indústrias, possa acelerar e complementar o projeto físico.

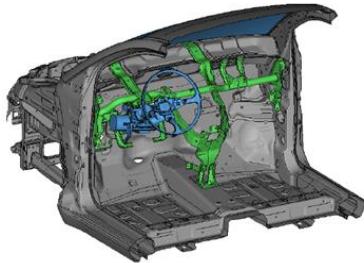
Outro motivo para o uso do Gêmeo Digital é que em grande parte dos casos presentes na indústria hoje, ao menos uma disfunção ou criticidade já foi relatada e diagnosticada, apresentando um resultado inviável, seja do ponto de vista de manufatura ou do ponto de vista financeiro. Diante desta situação, a modelagem dos dados e a simulação numérica visa a otimização do objeto de estudo, e consequentemente a redução da probabilidade de erros e/ou redução de custos antes mesmo do resultado físico. A Figura 3 mostra um modelo de simulação virtual.

A simulação numérica divide-se em 9 passos (BRASIL, 2004), sendo eles:

- Modelagem da geometria;
- Definição dos materiais;

- c) Definição dos elementos;
- d) Geração das malhas;
- e) Condições de contorno;
- f) Condições de carga;
- g) Definição do caso a ser analisado;
- h) Submissão à análise;
- i) Pós-processamento.

Figura 3 - Simulação virtual de fadiga na coluna de direção



Fonte: Fiat Auto (2004)

Os testes realizados sobre a coluna de direção na FCA são padronizados por normas internas, que possuem dados experimentais de projetos anteriores, assim como sinais vibracionais captados na rodagem em cidade ou estrada ou percurso misto. Desta forma, é possível determinar os limites de vibração que se deseja obter na coluna. Com isso, pode-se certificar a performance vibracional da coluna de direção de um veículo.

- As avaliações objetivas são feitas segundo as seguintes normas internas FCA:
- a) Frequência natural e FRF em bancada (LP.7R023);
 - b) Vibração ao mínimo (LP.7R019);
 - c) Frequência natural em veículo (LP.7R020).

Nas medições realizadas em bancada de testes, a coluna de direção foi fixada em um suporte rígido, com torques equivalentes aos de instalação em veículo. Além disso uma massa de 3kg foi fixada na extremidade da coluna de direção para simular a massa do volante.

Para a captação de dados da bancada, foram instalados dois acelerômetros fixos nas posições 9 e 12 horas nas subdivisões da coluna de direção, sendo medidos nas posições de coluna superior, inferior e central. O teste de vibração ao mínimo prevê também a mesma instrumentação, porém realizado sobre o veículo onde acarretará em maiores forças e um teste definitivo da coluna.

O resultado destes testes apresenta os valores de frequência natural em bancada da coluna de direção nas posições citadas.

O estudo não considera a aplicação de cargas externas, visto que trata-se da avaliação da frequência natural do sistema.

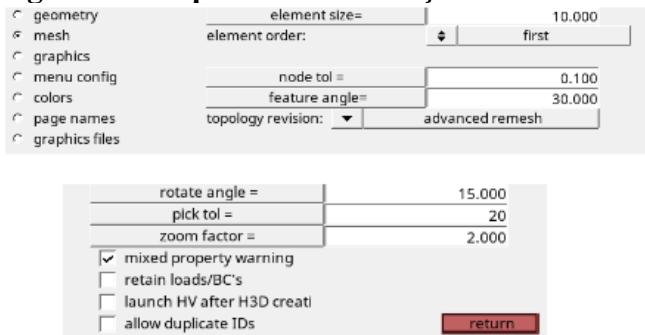
O software utilizado para emulação virtual foi o Altair Hyperworks, onde foram utilizadas as funções Optistruct, HyperView e HyperGraph 2D.

A função Optistruct oferece uma imensa variedade de opções quando se trata de processamento. Primeiro, deve-se modelar a geometria em um formato CAE para se importar ao programa. Com a geometria feita, delimita-se os materiais e as suas propriedades, como módulo de Young, módulo de cisalhamento, coeficiente do raio de Poisson e densidade de massa.

Após aplicar os atributos de cada parte da peça, o usuário pode utilizar a função “mesh” para criar a malha de elementos finitos a fim de ter uma melhora em análises e consequentemente melhorar a qualidade do produto/projeto.

Para a função “mesh” é necessária a entrada com alguns dados, como tamanho e ordem do elemento, tolerância do nó, características angulares, revisão topológica, ângulo de rotação, tolerância de escolha, fator de zoom e algumas outras propriedades, gerando os valores da figura 4 que foram resultados de testes realizados empiricamente.

Figura 4 - Propriedades da função “mesh”



Fonte: Elaborado pelos autores

O software não nos revela o modelo ou equação usada para gerar os dados iniciais e finais da emulação. Entretanto, ele nos mostra os parâmetros utilizados e a forma na qual os dados são processados.

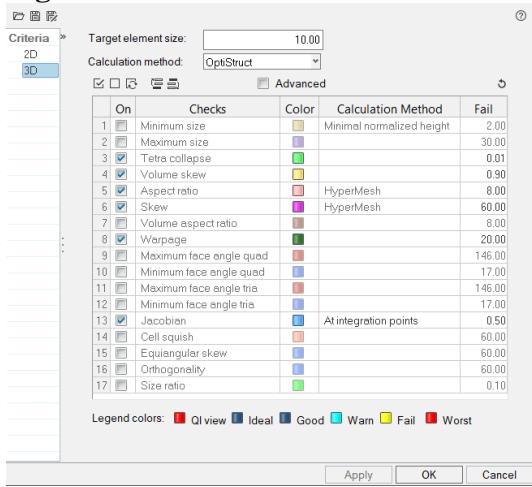
O Hypermesh leva em conta o tamanho do elemento da função “mesh”, o método de cálculo e a geometria aplicada. Este software, com sua base de dados, gera cálculos internos precisos em 2D e 3D seguindo as funções presentes nas figuras 5 e 6 marcadas com um “check” mostrando quais dessas operações está sendo realizada na coluna da esquerda, apresenta também com quais método ou com qual software auxiliar geraram-se os resultados por meio da coluna “Calculation Method” e, por fim, os erros/desvios máximos que foram obtidos que foram simbolizados na coluna “Fail” das imagens seguintes.

Figura 5 - Lista dos cálculos 2D de elementos finitos gerados pelo software

On	Checks	Color	Calculation Method	Fail
1	✓ Minimum size	■	Minimal normalized height	2.000
2	✓ Maximum size	■		20.000
3	✓ Aspect ratio	■	OptiStruct	5.000
4	✓ Warpage	■	OptiStruct	15.000
5	✓ Maximum interior angle quad	■		140.000
6	✓ Minimum interior angle quad	■		40.000
7	✓ Maximum interior angle tria	■		120.000
8	✓ Minimum interior angle tria	■		30.000
9	✓ Skew	■	OptiStruct	40.000
10	✓ Jacobian	■	At integration points	0.600
11	✓ Chordal deviation	■		1.000
12	✓ Taper	■	OptiStruct	0.600
13	✓ % of trias	■		15.000

Legend colors: ■ QI view ■ Ideal ■ Good ■ Warn ■ Fail ■ Worst

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6 - Lista dos cálculos 3D de elementos finitos gerados pelo software

Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, exporta-se o modelo na extensão “.fem” para salvar o modelo completo.

Para dar início às análises, deve-se aplicar as forças presentes nos testes que seriam realizados no menu de “analysis” e “forces” ou “constraints” ou ainda “pressure”. Finalizada a aplicação de forças, no menu “analysis” a opção “Optistruct” gerará a análise ou otimização necessária para o usuário.

Com a análise em mãos, o usuário deve abrir o programa HyperView, onde estarão presentes as simulações correspondentes às análises feitas anteriormente.

Essas análises são representadas por modos de simulação onde se aplica um degrau ou uma senóide de uma amplitude de deformação decidida e ajustada por ele.

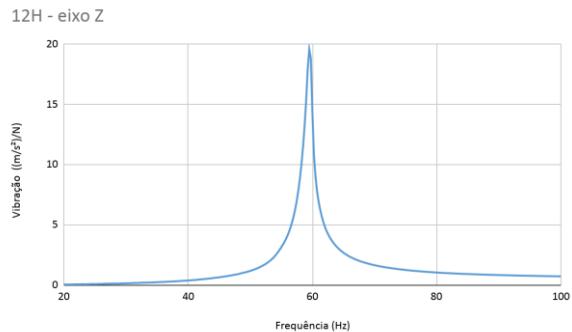
Para finalizar, estando de acordo com as expectativas das simulações, o usuário pode mandar construir os gráficos desejados em um ícone denominado “build graphics”. Nessa aba é encontrada as funções presentes em cada eixo, X, Y ou Z (no caso deste trabalho foi vibração natural no eixo Y e frequência no eixo X) e quais curvas deseja representar no gráfico. Além disso, deverá ser setado o ponto a ser medido, no caso será o nó central do volante. Utiliza-se a função “aplicar” para que seja gerado o gráfico nas condições estabelecidas.

5 RESULTADOS

Na análise experimental da coluna de direção em bancada, foram coletados os dados vibração de todo o sistema em uma determinada faixa de frequência (de 20 a 100 Hz) onde com certeza aparecerá o primeiro harmônico de vibração. Foi considerado duas posições, horizontal (9h) e vertical (12h), através desses dados foram gerados dois gráficos.

A Figura 7 representa a vibração ao mínimo na posição de 12h, vertical.

Figura 7 - Frequência natural na posição vertical, 12h

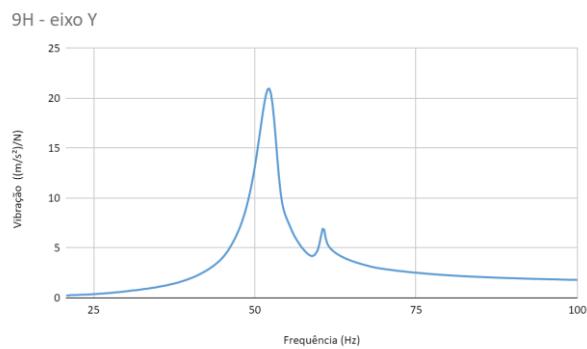


Fonte: Fiat Chrysler Automobiles

Conforme análise gráfica, o comportamento físico natural vibracional na posição vertical resulta em uma frequência de 59,5 Hz, e amplitude 19,6 ($\text{m/s}^2/\text{N}$).

A Figura 8 representa a vibração ao mínimo na posição de 9h, horizontal.

Figura 8 - Frequência natural na posição horizontal, 9h



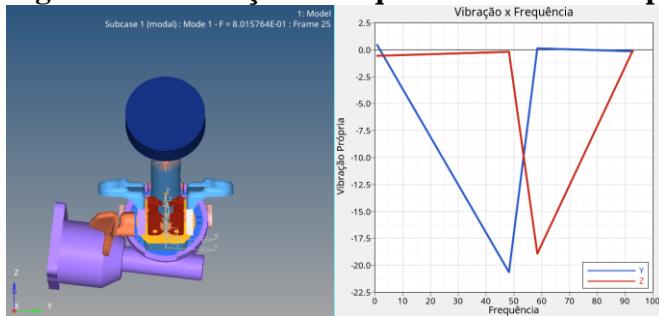
Fonte: Fiat Chrysler Automobiles

Conforme análise gráfica, o comportamento físico natural vibracional na posição horizontal resulta em uma frequência de 51,5 Hz, e amplitude 20,95 ($\text{m/s}^2/\text{N}$). Observa-se que na frequência de 60Hz existe um pico, porém o mesmo poderá ser desconsiderado, pois trata-se de uma interferência na rede, o que poderia ter sido corrigido com uma proteção ou um cabo blindado. Devido à pandemia, não foi possível a participação nos testes físicos, apenas recebemos os resultados apresentados.

No modelo virtual, os pontos dos parafusos engastados na coluna malhada, foram considerados como condições de contorno, simulando as fixações da coluna na bancada. Aplicou-se então as mesmas condições em que foram medidas os valores de frequência e amplitude.

A Figura 9 representa o resultado virtual da vibração à máxima perturbação na posição horizontal pela curva azul (9H) e à máxima perturbação na posição vertical pela curva vermelha (12H), através da simulação feita no software.

Figura 9 - Simulação - Frequência natural nas posições horizontal e vertical, 9h e 12h



Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme análise do gráfico da Figura 9 na posição horizontal, o modelo virtual resulta em uma frequência de 48,15 Hz, e amplitude 20,64 ($\text{m/s}^2/\text{N}$). Na posição vertical, resulta em uma frequência de 58,04 Hz, e amplitude 18,78 ($\text{m/s}^2/\text{N}$).

6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados nos gráficos gerados através dos dados coletados no teste físico e os resultados obtidos através da simulação virtual, observa-se uma correspondência entre os valores medidos fisicamente e os valores simulados, conforme abaixo:

- Na posição horizontal, a correlação entre as frequências encontradas indica que o modelo tem 93,5% de confiança do que representa o experimental. E em relação a amplitude, o modelo tem 98,5% de confiança;
- Na posição vertical, a correlação entre as frequências encontradas indica que o modelo tem 97,54% de confiança do que representa o experimental. E em relação a amplitude, o modelo tem 95,81% de confiança.

Após analisar a relação entre os dados, pode-se verificar uma confiabilidade significativa entre os resultados virtuais e físicos, validando o modelo. Dessa forma, é possível estimar o que ocasionará o fenômeno físico na coluna de direção através da simulação virtual.

Portanto, usa-se a simulação como forma de automatização do processo, para que acelere o teste físico e reduza o tempo do processo ao todo.

Como consequência, o gasto com ferramentais que possuem custos elevados é reduzido, sensores, mão-de-obra, tempo na preparação dos testes físicos, tempo de fabricação de peças e de compras de materiais. Além do tempo de acompanhamento com fornecedores, onde são discutidos mudanças, fabricação de novas amostras, tempo com transportes, execução e tratamento de dados. Então, o modelo virtual acelera esse processo, através da construção de um modelo que pode prever possíveis imprevistos.

Além disso, apesar do software não nos fornecer o modelo ou equações utilizadas, é possível manter o conceito de gêmeos digitais prever também fatores de risco que poderiam acontecer no experimental. E por meio deste modelo, qualquer modificação na coluna de direção pode ser prevista virtualmente, sem a necessidade de construção de protótipos durante os testes iniciais, mas apenas quando o modelo já estiver bem definido.

O estudo realizado confirma a importância da aplicação dos gêmeos digitais na indústria 4.0, comparando-se resultados físicos em simultaneidade com resultados virtuais.

Com a evolução da tecnologia, necessidade global de redução de custos e melhoria em todos os processos de desenvolvimento, a engenharia aplicada e a digitalização dos processos tem se tornado imprescindível para a manutenção da competitividade. Além de trazer possibilidades de revisão e modificação durante o processo de desenvolvimento do produto, esta tecnologia apresenta altos níveis de confiabilidade quando as condições de contorno, malha

e carga, são bem representadas e um excelente custo benefício, em comparação aos aparelhos técnicos e o tempo de execução de um teste prático.

Foi possível verificar também que a aplicação deste tipo de metodologia na indústria apresenta alta complexidade, seja ela de compreensão do objeto de estudo em sua totalidade, ou seja, a compreensão completa do processo ou produto que se deseja analisar, quanto o domínio das teorias de modelagem numérica e dos softwares de modelagem e pós-processamento. Logo, este tipo de desenvolvimento demanda mão de obra altamente qualificada e capacitada por parte das empresas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Economia. Competitividade industrial: setor automotivo. Brasília: Ministério da Economia, 2017. Disponível em:
<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/setor-automotivo>. Acesso em: 10 maio 2020.

DAUDT, Gabriel; WILLCOX, Luiz Daniel. Indústria automotiva. In: BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Visão 2035**: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para o desenvolvimento. Brasília: BNDES, 2018. Disponível em:
https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16241/1/PRCapLiv214167_industria_auto_motiva_compl_P.pdf. Acesso em: 26 maio de 2020.

FIAT AUTO. Procedura target setting acustica e vibrazioni: LP.C0176. Italia: Fiat Auto, 2004.

GEMEOS digitais: o futuro da indústria. **Estadão**, São Paulo. [2020?]. Disponível em:
<http://patrocinados.estadao.com.br/siemens/digitalizacao/gemeos-digitais-o-futuro-da-industria/>. Acesso em 14 fev. 2020.

KIM, Nam-Ho; SANKAR, Bhavani V. **Introduction to finite element analysis and design**. [S. l.]: Editora Wiley, 2009.

MIRLISENNA, Giuseppe. Método dos elementos finitos: o que é? **Blog ESSS**, Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://www.esss.co/blog/metodo-dos-elementos-finitos-o-que-e/>.

NEPOMUCENO, Erivelton Geraldo. **Métodos de elementos finitos**. São João Del-Rei: UFSJ, 2016. 31 slides. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/nepomuceno>. Acesso em 14 fev. 2020.

Mão mecânica controlada por eletromiografia

Guilherme Oliveira Laender*
 Lucas Minatelli Rezende*
 Renata Umbelino Rêgo**

RESUMO

O presente artigo aborda a construção e o desenvolvimento de uma mão mecânica controlada por eletromiografia com o intuito de reproduzir o movimento de uma mão humana em uma prótese. O objetivo é replicar os movimentos de abertura e fechamento dos dedos de forma remota e transportar objetos de um local para o outro. A ideia principal do projeto é proporcionar a uma pessoa com deficiência maior acessibilidade. Porém, a utilização da prótese se expande para qualquer atividade que necessita o controle de uma mão de forma remota, podendo ser aplicada em maquinários e em equipamentos industriais.

Palavras-chave: Mão mecânica. Eletromiografia. Comunicação remota.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos observou-se um avanço da tecnologia que proporcionou diversas soluções para a sociedade, desde problemas simples até problemas mais complexos, como, por exemplo, da área de Engenharia Biomédica.

A Engenharia Biomédica pode ser definida como uma área da engenharia em que se integra conhecimento de ciências exatas e saúde, possibilitando a aplicação de soluções para melhorar a vida das pessoas. Suas aplicações vão desde técnicas para diagnosticar, prevenir e tratar doenças até o desenvolvimento de próteses e equipamentos para o corpo humano.

O uso das técnicas da Engenharia Biomédica é importante para a atuação na área de Tecnologia Assistiva (TA), uma vez que esta representa uma área do conhecimento que está associada à inclusão social, ou seja, participação das pessoas com deficiência nos diversos ambientes da sociedade (RODRIGUES; ALVES, 2013).

Uma das técnicas da Engenharia Biomédica que ajuda nas soluções de TA é a eletromiografia. A eletromiografia (EMG) registra a atividade muscular em microvolts (mV) e em décimos de segundos, através de eletrodos bipolares, na região correspondente a cada músculo na superfície da pele. Envolve a detecção e os registros dos potenciais elétricos nas fibras musculares (ONCINS; FREIRE; MARCHESAN, 2006).

Através da EMG é possível avaliar a atividade muscular, determinando se o músculo está em repouso ou em contração. Além disso, consegue-se investigar quais músculos estão sendo utilizados, o nível da ativação muscular durante a execução do movimento, a sua intensidade e a duração da solicitação muscular.

Associada à robótica, a eletromiografia é uma técnica excelente para a construção de próteses robóticas, sendo possível recriar um membro do corpo com funcionalidades quase iguais às originais.

Os primeiros registros sobre o desenvolvimento de próteses datam o ano 200 d.C. Com o avanço da tecnologia têm sido apresentados diversos dispositivos com baixo consumo de energia e variadas técnicas de controle e comandos (POLIS, 2009).

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Coordenadora do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas

De acordo com uma reportagem exibida pela Rede Globo em agosto de 2015, pesquisadores e desenvolvedores de Londres que trabalham com esse tipo de tecnologia estimam que cerca de 11 milhões de pessoas no mundo inteiro tiveram seus braços amputados.

Mas os brasileiros enfrentam também outro tipo de dificuldade. Quanto mais uma prótese se parece com um membro real, maior o custo. Dependendo do material podem chegar a custar cerca de R\$300.000,00 (MÃO..., 2015).

Uma solução proposta é desenvolver uma prótese robótica que represente os principais movimentos de uma mão humana com um custo mais acessível, utilizando circuitos de controle, comandos elétricos e material impresso por uma impressora 3D. Essa estrutura viabiliza a anatomia do membro bem modelada e resistente, além de capacitar a pessoa à fazer os movimentos essenciais diários.

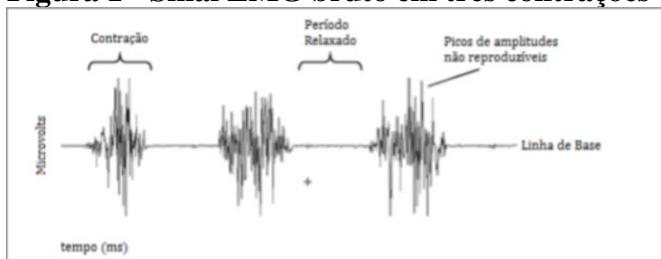
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A mão humana possui no total 27 ossos, desde a continuação do punho até os cinco dedos. Em conjunto com músculos e articulações permite a movimentação e manuseio de objetos.

A eletromiografia consiste em um método diagnóstico muscular que tem por finalidade acompanhar e investigar as reações elétricas promovidas de determinado músculo na execução de um movimento.

O eletromiograma (EMG) ou sinal mioelétrico, como mostrado na Figura 1, é o registro das atividades do músculo durante a eletromiografia. Ele representa a corrente gerada pelo fluxo iônico através da membrana das fibras musculares que se propaga pelos tecidos até chegar ao eletrodo de detecção.

Figura 1 - Sinal EMG bruto em três contrações distintas



Fonte: Barrion e Dourado (2015)

O sinal EMG é bem complexo e é afetado por três diferentes características:

- Propriedades anatômicas e fisiológicas dos músculos;
- Esquema de controle do sistema nervoso;
- Características da instrumentação utilizada;

Assim, no processo de coleta de dados devem ser considerados diversos fatores, tais como: eletrodos, frequência de amostragem, amplificadores, filtros, retificadores, conversor analógico/digital e microcontrolador.

2.1 Eletrodos

Os eletrodos de superfície ou somente eletrodos são instrumentos de entrada e saída de corrente elétrica que são colados superficialmente à pele. Estes são encarregados de fazer o contato com o músculo e obter as respostas dos potenciais eléticos iônicos das células nervosas.

É importante destacar que o eletrodo deve ser posicionado em um bom local para uma boa coleta do sinal EMG.

Como o sinal EMG é determinado por uma diferença de potencial, dois dos eletrodos devem ser posicionados na musculatura e um deles no osso, o que representa o neutro. A região mais adequada para uma boa captação é a parte muscular do antebraço e a região óssea do cotovelo, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Posicionamento dos eletrodos



Fonte: Elaborado pelos autores

2.2 Sensor eletromiográfico

O instrumento utilizado para a captação dos sinais mioelétricos é o sensor eletromiográfico. A captação dos sinais é feita através de eletrodos de superfícies acoplados ao sensor.

Os sinais captados pelo sensor são analógicos e de baixa amplitude. Por isso é preciso fazer todo um tratamento antes de associá-los a qualquer microcontrolador.

2.3 Frequências de amostragem

A frequência de amostragem pode ser definida como o número de quantidade de amostras por unidade de tempo.

Um pequeno número de amostras pode fazer com que o sinal digital não seja fiel ao seu sinal original. A quantidade mínima de amostras por segundos que devem ser coletadas é definida pelo teorema de Nyquist e Shannon.

Segundo o teorema, um sinal contínuo pode ser corretamente amostrado somente se ele não contiver componentes em frequência acima da metade da frequência de amostragem. Assim, como os sinais da EMG tem frequência entre 400 e 500 Hz, deve-se considerar uma freqüência de amostragem de no mínimo 1000 Hz. (DELSYS, 2019)

2.4 Amplificadores

O sinal retornado pelos eletrodos é de baixa amplitude, sendo necessária a ampliação dessas respostas antes mesmo de serem ajustadas. Para que isso ocorra, os amplificadores diferenciais de instrumentação são os mais indicados.

Segundo o Instituto Newton Braga (2019), amplificadores de instrumentação são caracterizados por ter uma entrada diferencial e uma alta impedância de entrada, que é conseguida reduzindo-se o ganho da primeira etapa do circuito, normalmente funcionando como um seguidor de tensão. Assim para a segunda etapa, consegue-se ter um circuito de baixa impedância.

2.5 Filtros

Os filtros são circuitos eletrônicos que têm como função realizar o processamento de um sinal. São utilizados para retirar ruídos e distorções de um sinal, através do processo de atenuação de freqüências específicas.

2.6 Retificador

O retificador de onda ou sinal é composto por componentes eletrônicos desenvolvidos para modificar uma entrada senoidal em um sinal de passagem.

2.7 Conversor analógico-digital

A digitalização dos sinais pode ser feito através de uma placa de aquisição que contém um microcontrolador. Ele possibilita a digitalização de um ou mais sinais utilizando o Conversor Analógico-Digital. Com estes dispositivos, sinais de voltagem podem ser representados em formato numérico.

2.8 Microcontroladores

Microcontroladores em geral são equipamentos eletrônicos capazes de realizar e processar tarefas, sendo definidos como Unidade Central de Processamento, ou simplesmente CPU. Eles também podem ser definidos como circuitos integrados.

O microcontrolador utilizado neste trabalho foi o NodeMCU.

O NodeMCU é uma plataforma open source da família ESP8266 criado para ser utilizado no desenvolvimento de projetos IoT (Internet das Coisas).

A Internet das Coisas pode ser definida como uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet (SANTOS *et al.*, 2016).

As principais características do NodeMCU são: Processador ESP8266-12 E, Arquitetura RISC de 32 bits, operação em 80MHz / 160MHz, 4Mb de memória flash, 64 Kb para instruções, 96 Kb para dados, Wi-Fi nativo padrão 802.11b/g/n, operação em modo AP, Station ou AP + Station, alimentação com 5VDC através do conector micro USB, 11 pinos digitais, 1 pino analógico com resolução de 10 bits, pinos digitais, pinos em nível lógico de 3.3V, conversor USB serial integrado e programação via OTA.

2.9 Servomotores

O servomotor é um dispositivo eletromecânico que possui um controlador e um encoder acoplado em sua estrutura. Ele garante o controle, velocidade e precisão em aplicações de controle de posição em malha fechada.

Eles possuem pequeno diâmetro e longo comprimento do rotor se diferenciando dos motores convencionais.

Funcionam a partir de um mecanismo de feedback para controlar a velocidade e posição final do motor. Internamente, possui seu motor combinado para um circuito de realimentação, um controlador e outros circuitos complementares. Usa-se o encoder para fornecer o feedback sobre a velocidade a posição.

2.10 Modelo cliente- servidor

A comunicação entre dispositivos é fundamental nas tecnologias dos dias atuais e é precursora da indústria 4.0.

Uma forma de se realizar essa comunicação é através da arquitetura cliente servidor, na qual um dispositivo tem superioridade nos aos demais clientes.

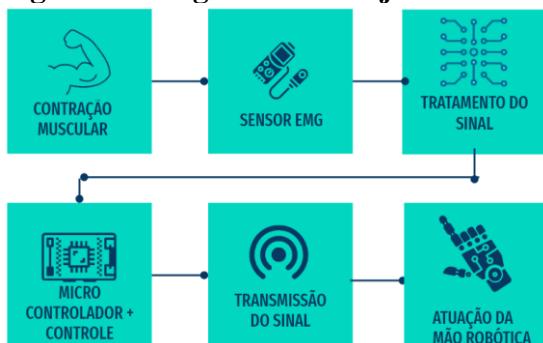
Essa tecnologia se dá em processo de informação divididos em módulos ou processos distintos. Esses processos precisam ter um responsável pela manutenção dos dados (servidor) e outro responsável pela obtenção dos mesmos (cliente).

O cliente faz uma requisição ao servidor, que por sua vez processa as informações e retorna esses resultados ao cliente. É no servidor que normalmente estão concentradas as atividades mais pesadas de rede e banco de dados. Já nos clientes, há funções e aplicativos que executam as informações coletadas.

3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Neste projeto será implementado uma mão robótica que irá responder a solicitação muscular de uma pessoa. Através de eletrodos de superfície, será medido a atuação dos músculos e então movimentar a mão mecânica de forma equivalente. O diagrama do projeto é mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Diagrama do Projeto



Fonte: Elaborado pelos autores

Em resumo, o projeto propõe os seguintes pontos:

- Desenvolvimento do protótipo da mão mecânica, através de uma impressora 3D;
- Coleta de sinais através de um sensor EMG;
- Tratamento e controle do sinal EMG;
- Sistema de acionamento;

3.1 Projeto da mão

O projeto escolhido para a mão robótica foi o desenvolvido pelo designer Ryan Gross, disponível no site Thingverse, referência em projetos de impressão 3D. O resultado final da impressão 3D já montada é demonstrada na Figura 4.

Figura 4 - Projeto da mão

Fonte: Elaborado pelos autores

A impressão dos dedos foi feita de forma individual. Neles, encontram-se furos que passam seus respectivos nylons e cordões, simulando os tendões de uma mão real. Estes ‘tendões’ percorrem por dentro da mão e saem na região do pulso, conforme mostrado na Figura 5.

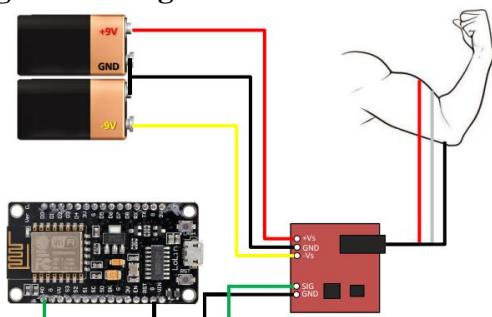
Figura 5 -Projeto da Mão

Fonte: Elaborado pelos autores

A parte do antebraço foi desenvolvida com uma peça de 30 cm de cano PVC tingido de preto e com um corte lateral. Esse corte permite a instalação dos servomotores e dos demais objetos, como o NodeMCU e bateria. Dessa forma, manutenções futuras ficam mais fáceis de serem executadas.

3.2 Coleta dos sinais EMG

O primeiro passo é a construção do circuito que irá realizar a coleta dos sinais EMG. A Figura 6, mostra como foi feita a ligação do sensor com o NodeMCU. O sensor EMG utilizado já está integrado com o amplificador de instrumentação, filtro e retificador.

Figura 6 - Diagrama de Coleta de Dados do Cliente

Fonte: Advancer Technologies (2013)

Na placa desse sensor há 5 portas, sendo 3 para alimentação e 2 para sinal. A placa é alimentada com duas baterias de 9V, sendo +9VS, GND e -9VS. As outras duas portas restantes são o sinal de saída e o GND que será ligado ao NodeMCU.

Com o sistema de coleta de dados montado, foi possível perceber a resposta da contração muscular. Na Figura 5, é possível perceber que a resposta do sinal é diferente em momentos que se tem uma solicitação muscular.

Figura 5 - Sinal retornado na saída do sensor

Fonte: Elaborado pelos autores

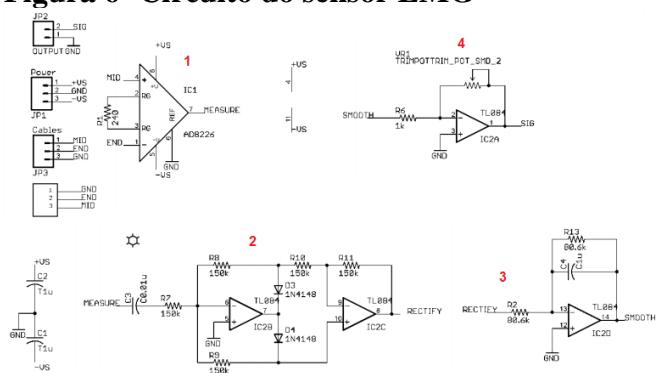
Em momentos em que não há solicitação muscular é possível perceber que tanto a amplitude do sinal como sua frequência é menor. No momento em que é feito a contração do músculo, através do movimento de fechar a mão, o sinal tem sua frequência e amplitude aumentada consideravelmente. A diferença da força exigida no movimento influencia na amplitude do sinal.

3.3 Tratamento do sinal EMG

O sensor EMG utilizado foi desenvolvido para a utilização direta com microcontroladores. Visto isso, a saída do sinal não é o EMG puro. Primeiramente o sinal passa por um circuito onde ele vai ser amplificado, filtrado e retificado. Por fim, ocorre um processo de suavização do sinal, no qual são analisados pontos onde a amplitude do sinal é bem maior que o esperado e esses pontos são descartados.

O circuito do sensor EMG, desenvolvido pela Advanced Technologies, é mostrado na Figura 6.

Figura 6- Circuito do sensor EMG



Fonte: Advanced Technologies (2013)

O item 1 da Figura 6 mostra o amplificador de instrumentação AD 8226. Colocando apenas um resistor nos terminais do amplificador é possível obter um ganho através da Equação 1.

$$G = 1 + \frac{49.4 kQ}{Rg} \quad (1)$$

Onde G representa o ganho do amplificador e Rg o resistor acoplado nos terminais do amplificador. O valor de Rg utilizado no circuito é de 240Ω , o que leva a um ganho igual a 207.

Em 2, o sinal passa por um circuito onde a saída é um sinal retificado. O sinal passa por um processo de retificação de onda completa, que é feito através de dois diodos 1N4148. O sinal de entrada é uma onda senoidal com parte positiva e negativa. Nos momentos em que o sinal é positivo, o diodo D3 conduz e o D4 não conduz. Nos momentos em que o sinal de entrada é negativo, ocorre o processo inverso, com apenas D4 conduzindo. O fluxo de corrente, entretanto, se mantém o mesmo nos dois casos. E pela disposição do circuito em ambos os casos o sinal de saída é uma onda com apenas partes positivas.

Dessa forma, fica mais fácil identificar quando ocorre a solicitação muscular, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Sinal EMG - Original x Retificado



Fonte: Adaptado de Advancer Technologies (2013)

Em 3 é mostrado o circuito de filtragem do sinal. O filtro foi construído utilizando o amplificador operacional TL084 associado com resistores e capacitores. O circuito consiste em um filtro RC-ativo, no qual se tem um circuito integrador com limitação de ganho. O filtro construído é passa-baixa e tem como função reduzir a resposta em frequência a altas frequências e principalmente reduzir oscilações. A função de transferência do filtro pode ser mostrada na equação 2.

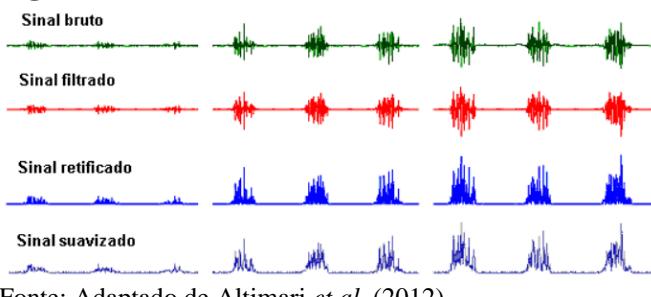
$$H(s) = -\frac{R13}{R2} + \frac{1}{1 + sR13C4} \quad (2)$$

Onde H(s) representa a função de transferência, R13 e R2 os resistores e C4 o capacitor do circuito.

Por fim, em 4 é feito o processo de suavização do sinal utilizando também o amplificador operacional TL084, através da associação do mesmo com um resistor e um resistor variável.

A Figura 8 demonstra todas as etapas do tratamento do sinal EMG, desde o sinal bruto até o sinal final, após passar pelos circuitos de amplificação, filtragem, retificação e suavização.

Figura 8 - Tratamento do Sinal EMG



Fonte: Adaptado de Altimari *et al.* (2012)

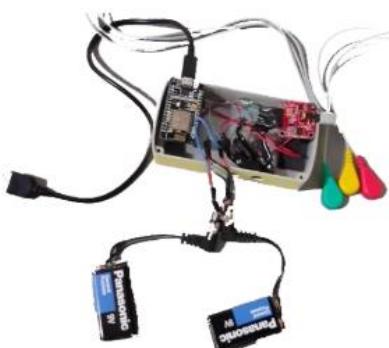
3.4 Sistema de controle e acionamento

O NodeMCU foi a principal ferramenta de controle de todo o sistema. Este recebe o sinal preparado pelo sensor EMG, após passar pelo circuito de tratamento do sinal.

Devido a atuação da mão ser de forma remota foi preciso dividir a programação do NodeMCU em duas partes, sendo a primeira referente ao servidor e a segunda cliente.

O NodeMCU servidor consiste na principal parte do sistema de controle do projeto e foi conectado junto com o sensor EMG. Logo, ele recebe o sinal já tratado, após passar pelos circuitos de amplificação, filtragem, retificação e suavização. O diagrama do servidor foi demonstrado na Figura 6. A montagem do hardware é mostrada na Figura 9.

Figura 9 - Hardware do Cliente



Fonte: Elaborado pelos autores

O NodeMCU fica recebendo os valores do sensor EMG a todo instante. Ao mesmo tempo, é feito uma média móvel dos últimos 40 pontos desse sinal recebido, a ponto de conseguir observar variações da amplitude do sinal de uma forma mais clara.

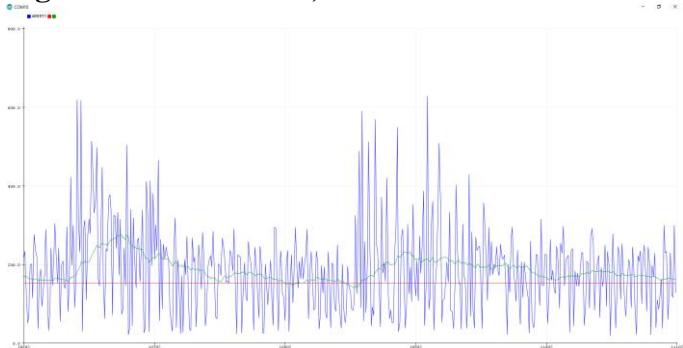
A programação baseia-se na comparação do valor médio do sinal com um valor de calibração. Esse valor de calibração é obtido a partir do momento que o botão de calibração é pressionado. Quando tal ação é realizada uma variável do sistema recebe um valor fixo médio, obtido realizando a média dos últimos 300 pontos enviados pelo sensor.

Logo, têm-se três sinais de referência. O sinal original, o sinal médio e o sinal de calibração. Com um valor de threshold definido, pode-se observar a variação entre o sinal médio e o sinal de calibração. Quando os dois sinais estão próximos toma-se como conclusão que não houve solicitação muscular. E nos momentos que essa diferença é maior é possível perceber que houve movimentação da mão.

Dessa forma é possível diferenciar os momentos em que é preciso realizar a abertura ou fechamento da mão e então a informação pode ser enviada via WiFi para o NodeMCU cliente.

Na Figura 10 podemos observar que em momentos que ocorre a movimentação da mão, existem picos de amplitude do sinal EMG (em azul) e como consequência em sua média (em verde). Comparando a diferença entre as curvas verde e vermelha (curva de calibração) é possível determinar que é necessário atuar nos servos para realizar o fechamento da mão. Foram feitos testes e ficou determinando que o threshold, ou seja, diferença entre curvas verde e vermelha, deve ser entre 25 e 30% para um melhor resultado.

Figura 10 -Sinal EMG, Sinal Médio e Sinal de Calibração



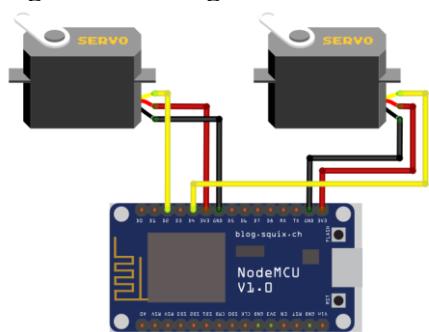
Fonte: Elaborado pelos autores

Assim, a programação realizada no NodeMCU servidor determina os momentos que é preciso realizar a abertura ou fechamento da mão.

Assim, basta enviar a informação para o NodeMCU cliente, utilizando a arquitetura cliente-servidor.

O cliente consiste em um NodeMCU conectado junto a dois servomotores. A alimentação dos servomotores é feita diretamente no microcontrolador, em sua porta de 3.3V, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Diagrama do Cliente



Fonte: Elaborado pelos autores

Foi criado um Access Point (AP) no NodeMCU servidor. Esse AP é acessado pelo NodeMCU cliente, sendo permitido a transferência de dados.

O conjunto do braço mecânico (prótese) é constituído pelo NodeMCU cliente e dois servomotores (um para o polegar e outro para os demais dedos).

O NodeMCU cliente então recebe a informação do servidor e então define a posição que os servomotores devem assumir. Os servomotores só assumem duas posições diferentes, sendo uma totalmente aberta e uma totalmente fechada. O controle feito é ON/OFF e não permite que o servo assuma uma posição intermediária.

4 CONCLUSÕES

O assunto escolhido Mão Mecânica controlada por Eletromiografia oferece grande oportunidade de relacionar os alunos com um projeto mais complexo de engenharia.

Conclui-se que com as atuais tecnologias existentes é totalmente possível a construção de uma prótese robótica que atende bem uma pessoa com dificuldades. Isso irá trazer benefícios para diversas pessoas no Brasil e no mundo.

Entretanto, no trabalho foi visto que um controle preciso de mão envolve diversos fatores e não é simples. O custo, mesmo em uma mão com várias limitações, ainda não é barato, mesmo reduzindo o custo do produto utilizando impressão 3D.

Em trabalhos futuros é possível aprimorar o controle dos movimentos, deixando o movimento mais suave e preciso, além da rotação do punho, proporcionando à pessoa uma experiência completa.

O artigo foi concluído com êxito, podendo-se destacar a importância do curso de Engenharia de Controle e Automação com uma tecnologia capaz de desenvolver projetos sofisticados, através de malhas de controle, programação e ferramentas de automação em alta performance.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos professores Renata Umbelino Rêgo e Sady Antônio dos Santos Filho, aos familiares e amigos que nos apoiaram desde a apresentação da ideia e execução final do projeto e à instituição Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais por proporcionar o aprendizado suficiente para concluir o projeto de tal dimensão.

REFERÊNCIAS

ADVANCER TECHNOLOGIES. Muscle sensor v3: beware of counterfeit sensors. North Carolina: Advancer Technologies, 2013. Disponível em:
<http://www.advancertechnologies.com/p/muscle-sensor-v3.html> Acesso: 23 maio 2020.

ALTIMARI, Leandro Ricardo *et al.* Influence of different strategies of treatment muscle contraction and relaxation phases on emg signal processing and analysis during cyclic exercise. In: NAIK, Ganesh R. **Computational intelligence in electromyography analysis: a perspective on current applications and future challenges**. London: IntechOpen, 2012.

DELSYS. Neuromuscular Research Center. USA: Boston University, 2019. Disponível em:
<https://www.delsys.com/>. Acesso em: 02 nov. 2019.

INSTITUTO NEWTON BRAGA. Amplificador para instrumentação (CIR178). [S. l.]: Instituto Newton C. Braga, 2019. Disponível em:
<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/banco-circuitos/148-instrumentacao/2985>. Acesso em: 06 nov. 2019

MÃO biônica de plástico com preço acessível é desenvolvida por ingleses em impressora 3D. Rio de Janeiro: Jornal Nacional, 25 ago. 2015, 1 vídeo (2 min.). Publicado por: Globoplay. Disponível em: globoplay.globo.com/v/4420127. Acesso em: 05 out. 2019.

ONCINS, Maristella Cecco, FREIRE, Regina Maria Ayres de Camargo; MARCHESAN, Irene Queiroz. Mastigação: análise pela eletromiografia e eletrognatografia: Seu uso na

clínica fonoaudiológica. *Distúrbios da Comunicação*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 155-165, ago. 2006.

POLIS, João Eduardo. Projeto e construção de parte estrutural de prótese de mão humana com movimentos. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

RODRIGUES, Patrícia Rocha; ALVES, Lynn Rosalina Gama. Tecnologia assistiva - uma revisão do tema. *Holos*, Natal, v. 6, p. 170-180, 2013.

SANTOS, Bruno P. *et al.* Internet das coisas: da teoria à prática. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUIDOS, 31., 2016, Salvador. Anais [...]. Salvador: UFBA, 2016.

Aspersor inteligente

Jadston Crisóstomo e Guedes*
Lidyane Figueiredo da Silva*
Rose Mary Cocco Schuttenberg**

RESUMO

Este artigo trata do desenvolvimento de um sistema de irrigação inteligente para cultivos de pequeno e médio porte utilizando sistema de gerenciamento com integração IOT (Internet of Things). Com o aspersor inteligente é possível irrigar diferentes áreas, com diferentes tipos de plantação distribuindo a cada uma a quantidade adequada de água para ela. Assim é possível gerir toda a irrigação à distância sem preocupações com a hora de iniciar ou encerrar o processo pois esta será controlada automaticamente.

Palavras-chave: Irrigação. Umidade. Consumo. Gerenciamento. IOT.

1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Irrigação Inteligente faz-se necessários nos dias atuais, uma vez que consumo de água, de tempo, economia e eficiência no processo são temas base do século XXI. A ascensão de práticas voltadas ao desenvolvimento tecnológico na agricultura, aliada à crescente necessidade de pesquisas e investimentos na área de sustentabilidade, culminaram em inúmeras pesquisas inovadoras capazes de integrar de modo palpável a automação à agricultura, até mesmo para pequenas plantações ou jardins.

O sistema em questão é capaz de fazer a aquisição e envio de dados, melhorando a precisão do sistema e simplificando os cálculos de irrigação. Tal melhoria deve-se ao conhecimento prévio da área em relação a aspectos físicos, e a disponibilidade das informações em tempo real através da plataforma, possibilitando uma redução do consumo e desperdícios, partindo do pensamento em sincronia com Macedo e Sipaúba-Tavares (2010), em que medições constantes culminam em economia de água e conservação de energia através de um aperfeiçoamento da estratégia de controle. Desse modo, fica nítida a necessidade de ter um único equipamento capaz de irrigar, coletar e enviar dados.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PRODUTO

O sistema de irrigação inteligente possui o intuito de atender as necessidades hídricas específicas de cada cultivo, assim, a partir de um sensor de umidade inserido no solo é possível monitorar de modo constante a umidade em que o solo se encontra e, caso esteja abaixo do desejada acionar o sistema de irrigação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento deste trabalho foram necessários conhecimentos referentes a programação, Internet of Things (IoT), cultivos e irrigação. A seguir serão descritos assuntos relevantes para o desenvolvimento do trabalho.

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas.

Aspersores: O aspersor é um dispositivo de irrigação que aplica água de maneira controlada e semelhante a chuva, o sistema de aspersão convencional é considerado o sistema básico de irrigação por aspersão e é composto basicamente por: tubulação, motobomba e aspersores.

Internet of Things: A Internet das Coisas, também conhecida pela sigla de IoT, diz respeito a um conceito que faz referência a conexão de dispositivos a Internet, desde equipamentos cotidianos como eletrodomésticos e celulares até sensores presentes em ações complexas desenvolvidas em indústrias entre outras coisas. A ação do IoT realiza a conexão de dispositivos à bases de informações assim como a muitas a internet opera conectando pessoas à informação.

Bora: BORA é uma plataforma de Internet das Coisas, desenvolvida durante um trabalho de conclusão de curso no curso de Engenharia de Controle e automação da PUC Minas, Souza (2019), que objetivou o desenvolvimento de uma plataforma de Internet das Coisa, por meio da qual seria possível o desenvolvimento da interface de múltiplos projetos. O sistema de irrigação foi integrado a essa plataforma e assim os dados do Aspersor Inteligente são transferidos e apresentados em tempo real.

4 METODOLOGIA

Após adquirirmos conhecimentos a respeito do modo de funcionamento dos sistemas de irrigação e dos conceitos teóricos que cercam essa área foi elaborado uma proposta para integrar, de modo satisfatório, os sistemas de irrigação e o IoT.

Com uma abordagem prática para cultivos de pequeno e médio porte a solução encontrada projeta o uso de aspersores de médio alcance, com um raio máximo de 8 metros, ou seja, aproximadamente 50m². Uma vez que o microcontrolador escolhido foi o NodeMCU que suportaria até 9 microaspersores por área o que resulta em uma área máxima abrangida de cerca de 450m².

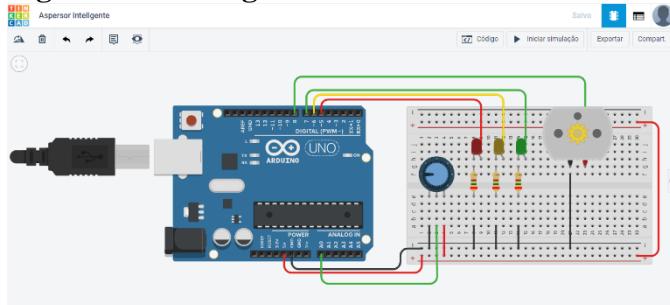
A comunicação de dados com a plataforma BORA pode ser feita por 3 métodos: Socket, Broker Server MQTT e REST HTTP. Desses 3 métodos o mais indicado para aplicação IoT e também o mais comum para os microcontroladores é a comunicação por MQTT. Com base nisso iniciou-se a construção do código, em linguagem C++, e as ligações dos componentes para a simulação online usando o Tinkercad, que é uma plataforma on-line da AutoDesk.

A primeira estratégia de código pensada para o desenvolvimento do aspersor inteligente levava em conta faixas de umidades para o acionamento da bomba. As faixas foram divididas da seguinte maneira:

- a) 0% - 40% - acionamento da bomba por 500 milissegundos;
- b) 40% - 80% - acionamento da bomba por 100 milissegundos;
- c) 80 % - 100% - desligamento da bomba

A Figura 1 mostra as ligações feitas no arduino utilizando o Tinkercad, onde o potenciômetro, conectado a entrada A0, estava funcionando como sensor de umidade, uma vez que a plataforma não possuía o sensor escolhido para realização do projeto. Os leds vermelho, amarelo e verde foram conectados nas portas 5, 6 e 7, respectivamente, sendo que cada led indicava uma faixa de umidade. O motor foi conectado a porta 8, correspondendo à bomba.

Figura 1 - Montagem Tinkercad

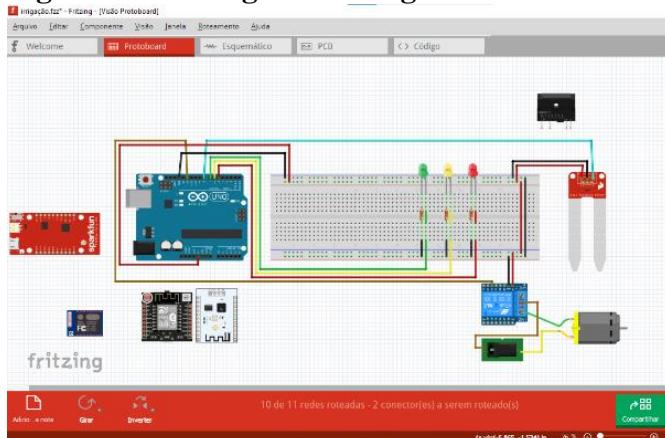


Fonte: Elaborado pelos autores

Com a finalidade de usar o protocolo MQTT para a comunicação com a plataforma BORA eram necessários um módulo Wi-Fi e uma biblioteca especial, porém o Tinkercad não dava suporte para isso.

Fez-se necessário à procura de uma outra plataforma. A Figura 2 mostra a plataforma Fritzing que contém todos os componentes eletrônicos necessários para o desenvolvimento do projeto, porém não permitia a simulação online completa e nem fornecia suporte para a inclusão de novas bibliotecas.

Figura 2 - Montagem Fritzing

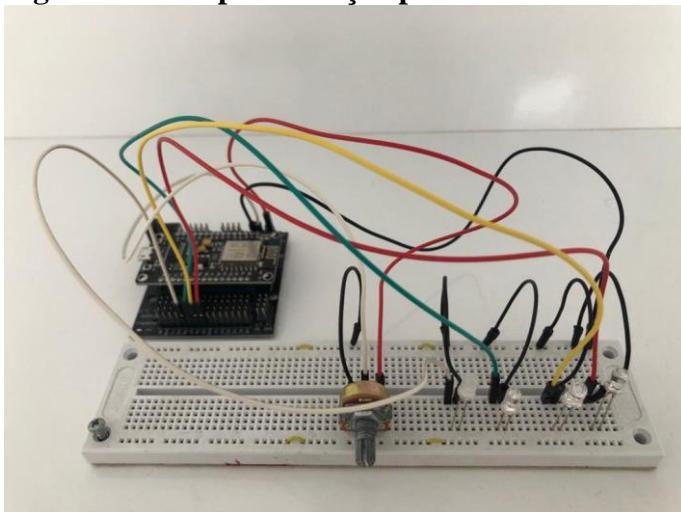


Fonte: Elaborado pelos autores

Como o Fritzing não oferecia suporte para simulação on-line, optou-se pelo Tinkercad, pois mesmo sem ter suporte para conexão Wi-Fi e o sensor de umidade, era possível simular a lógica do programa. A simulação feita on-line obteve retorno positivo, pois a medida que o potenciômetro variava o microcontrolador estava fazendo a leitura e ativando a bomba como o esperado.

A Figura 3 mostra a implementação física do projeto para dar início a fase de teste.

Figura 3 - 1º implementação para fase de testes



Fonte: Elaborado pelos autores

O primeiro teste foi fazer a comunicação do microcontrolador, NodeMCU, com a plataforma. Essa comunicação é simples de fazer uma vez que a plataforma gera uma Secret key que será inserida no código do projeto, dessa maneira a plataforma BORA identifica onde está vindo os dados.

Feito o download do código desenvolvido para a simulação on-line e utilizado a IDE do arduino para fazer a gravação do código no microcontrolador e assim surgiu o primeiro problema. Apesar do NodeMCU possuir suporte para a utilização da IDE do arduino, a plataforma não possuía a biblioteca da placa, ESP8266, previamente instalada o que impossibilitava a gravação do código e fez-se necessário à sua instalação na IDE. Tendo em vista que mais erros de bibliotecas poderiam vir a acontecer foi feito uma conferência antes de dar continuidade ao teste se já havia na IDE todas as bibliotecas necessárias para o total funcionamento do código.

As bibliotecas necessárias para a comunicação com a plataforma BORA não existiam na IDE sendo necessária a sua instalação. Já as bibliotecas necessárias para utilizar o módulo Wi-Fi do NodeMCU foram instaladas junto com a instalação da placa, ESP8266.

Dessa forma, foi retomada a fase de teste na tentativa de gravar o código na placa. Um erro de versão foi identificado, sendo necessário passar da versão 2.7.1 para a versão 2.4.1.

Uma vez identificado e corrigido o erro apresentado, o passo seguinte era fazer com que o NodeMCU se conectar com a internet. Foram desenvolvidos e testados diversos códigos, visto que o primeiro não foi bem sucedido. O último código testado funcionou, a conexão foi bem-sucedida e uma mensagem foi impressa no monitor serial.

Paralelo às tentativas de gravação no microcontrolador e a sua conexão com a internet estava sendo desenvolvido a interface da plataforma, essa que iria permitir o gerenciamento do aspersor.

Com o NodeMCU conectado na internet o próximo teste foi o envio de dados para a plataforma, para isso utilizou um potenciômetro para obtenção de dados, esses que seria correspondente a umidade do solo lida pelo sensor de umidade, e uma instrução especial, JLvirtualWrite, para transferência da leitura feita pela entrada analógica, onde o potenciômetro está conectado, do microcontrolador para a plataforma.

Uma vez que o envio de dados para a plataforma estava funcionando foi dado continuidade aos testes que consistia em desenvolver o cálculo de consumo de água. Para este cálculo utilizou a vazão da bomba e o seu respectivo tempo de ativação de acordo com as faixas de umidade, dessa maneira era possível saber a quantidade de água bombeada. Como a irrigação era feita por faixas de umidade fez necessário a utilização de um contador, pois devido

a estrutura do código todo vez que a leitura do sensor era efetuada a bomba permanece ligada por um tempo pré-determinado, até a umidade chegar a um nível igual ou superior a 80%, onde a bomba era desligada. Sendo assim o cálculo do consumo de água era feito multiplicando a vazão da bomba, 30 ml/s, vezes o tempo de ativação, 500ms ou 100ms, vezes a quantidade de vezes que a bomba foi ativada dentro da sua faixa umidade e somado ao valor anteriormente calculado. Ao desligar a bomba as variáveis do contador eram zeradas para que o processo pudesse continuar e o cálculo de consumo instantâneo recomeçar. Assim usando a instrução JL.virtualWrite o dado referente ao consumo era enviado a plataforma.

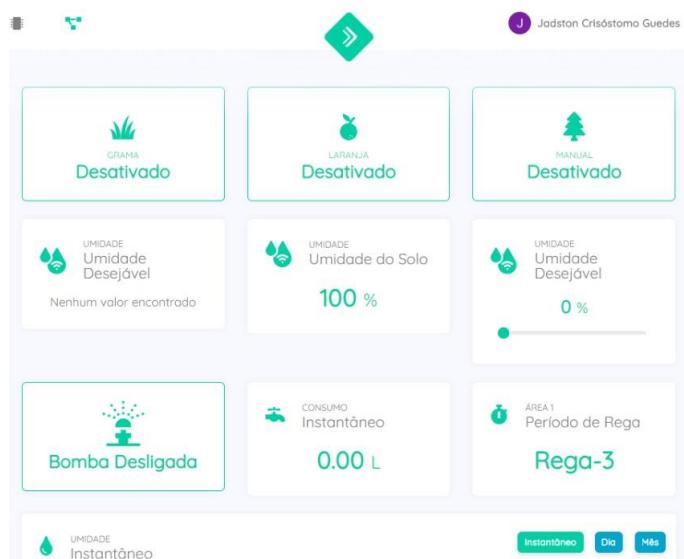
Por conseguinte, o dado precisava ser lido, visto que o usuário determina o valor de umidade máxima e mínima para que o aspersor mantivesse a umidade dentro da faixa desejada. Ao abrir o monitor serial da IDE notou-se uma inconsistência dos dados que são enviados da plataforma para o microcontrolador, através da instrução especial JL.virtualRead. Essa inconsistência estava relacionada a instrução *delay*, que fazia a plataforma reiniciar o envio de dados. Fez-se necessário a exclusão da instrução *delay* do código.

Visto isso, houve alteração no código para uma nova maneira de calcular o consumo de água com base no tempo em que a plataforma levava para responder, tempo esse de 500ms. A instrução *milis* foi usada para substituir o *delay* permitindo assim fazer a contagem de tempo. Daí em diante o processo acontece de forma automática, dispensando a necessidade de escolha da umidade.

A maneira automática que o aspersor funcionária seria de seguinte forma: os dados de umidade e períodos de rega do cultivo que estava sendo irrigado seriam inseridos no código, desse modo não haveria necessidade de o usuário ficar fazendo a mudança da faixa de umidade manualmente.

As devidas mudanças no código e na plataforma foram feitas e o teste final da simulação foi efetuado, esse que usava um potenciômetro para a variação da umidade, led para indicação do acionamento da bomba, umidade abaixo e acima do desejável. A Figura 4 mostra a versão final da plataforma referente a Umidade do solo.

Figura 4 - Gerenciamento de umidade e status de irrigação

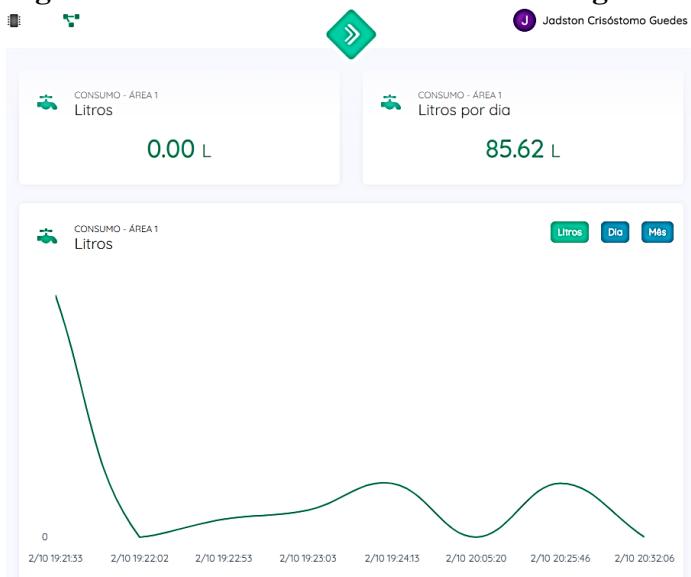


Fonte: Elaborado pelos autores

Umidade do solo refere-se a quantidade de água armazenada no solo em porcentagem. Umidade desejável refere-se a quantidade de água esperada no solo em porcentagem. Período de rega relaciona-se a um determinado estágio de desenvolvimento da planta que necessita de demanda hídrica diferente.

A Figura 5 mostra a versão final da plataforma referente ao consumo de água.

Figura 5 - Gerenciamento de consumo de água

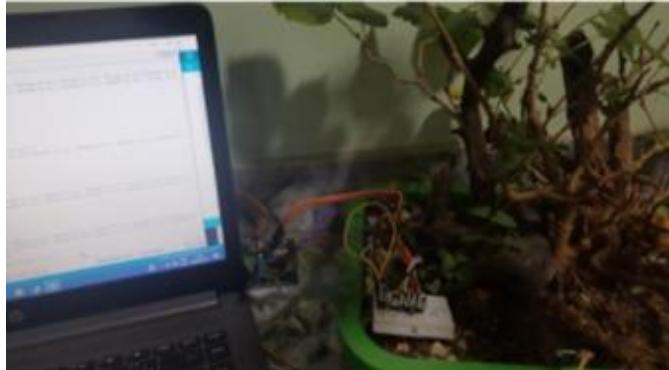


Fonte: Elaborado pelos autores

Litros refere-se ao consumo instantâneo de água. Litros por dia refere-se ao consumo instantâneo de água no decorrer do dia.

Tudo ocorreu como o planejado e a segunda implementação do projeto foi feita, essa que contém os sensores e atuadores envolvidos como é mostrado na Figura 6.

Figura 6 - 2º implementação



Fonte: Elaborado pelos autores

Ao energizar o sistema percebeu-se que o mesmo estava funcionando ao contrário do esperado, isso porque ao trocar o potenciômetro pelo sensor de umidade a leitura era inversa e variava de 0 a 1023. Para ajustar com a realidade onde a umidade varia de 0 a 100%, mapeamos a leitura do sensor e invertemos a saída.

Tudo estava de acordo para a primeira área de irrigação, então começou a ser desenvolvido um código similar para a segunda área de irrigação, o que diferenciava as duas áreas eram as culturas plantadas, pois cada planta necessita de uma certa quantidade de água em determinados períodos. Assim que o código final foi finalizado começou a sequência de teste finais para o fechamento do projeto.

Os dados estavam sendo enviados para a plataforma BORA mas não estavam sendo atualizados em tempo real, a plataforma estava tratando-os separadamente, um a um. Devido a

quantidade de dados que estavam sendo enviados, eles eram empilhados e ficavam em espera para serem atualizados.

5 DESENVOLVIMENTO

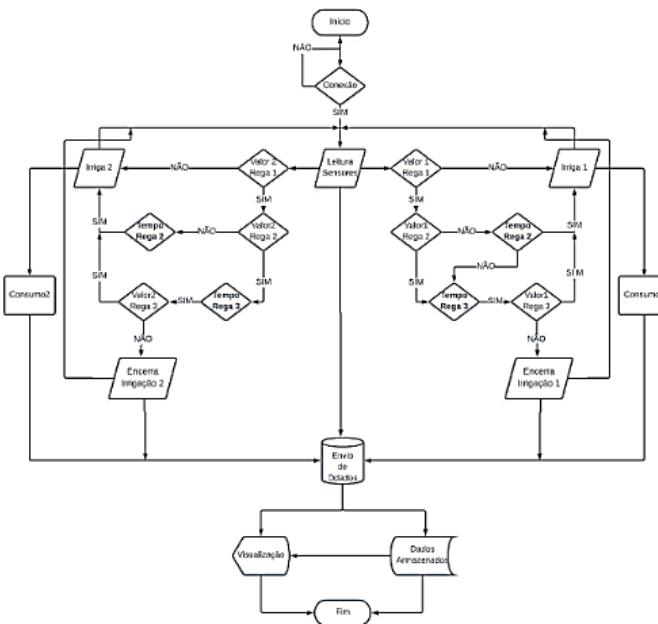
O fluxo de funcionamento do sistema tem suas bases na leitura da umidade do solo e na conexão com a plataforma. Ambas são realizadas de modo contínuo sendo a leitura de dados do sensor constante e a conexão reafirmada em cada ciclo de loop do programa.

Com a conexão estabilizada e a leitura de umidade sendo realizada o sistema irá verificar a contagem de dias e os parâmetros definidos para cada período de rega, assim irá controlar o momento em que os aspersores devem ser ativados ou não fazendo a constante compensação dos valores lidos com os desejados.

Com o intuito de simular a irrigação de cultivos de raízes rasas e profundas os cultivos escolhidos foram da laranja e da grama. Os dados utilizados para programar as regas foram retiradas de sites destinados a cultivos e padrões adotados pela Embrapa.

Uma vez conhecida a área com a qual se deseja trabalhar e as especificidades de como será irrigada é possível elencar todas as variáveis de controle a ser utilizadas. O fluxograma desse processo pode ser visto na Figura 7, abaixo.

Figura 7 - Fluxograma de funcionamento



Fonte: Elaborado pelos autores

Para garantir o funcionamento do sistema é necessário realizar uma comunicação adequada com todas as partes que o compõem. As bibliotecas possuem o intuito de transmitir o modo de funcionamento de dado componente ao código criado permitindo assim a comunicação e transferência de dados entre as partes. No desenvolvimento do projeto existem comunicação essenciais que seriam entre a plataforma Bora, o NodeMCU e o Sensor de Umidade.

Dentre estas conexões, para a conexão wifi foi utilizado um método que faz uma conexão primária e é constantemente chamado dentro do loop garantindo assim uma maior estabilidade na conexão e consequentemente maior consistência na transmissão de dados.

Para a irrigação foram utilizados parâmetros fixos obtidos através de pesquisa sobre o cultivo utilizado e para ampliar a eficiência do sistema foram adotados métodos de controle

baseados no tempo, de modo que, a função de irrigação foi composta por três estágios referentes a porcentagem de umidade na qual o solo se encontra.

Os cultivos escolhidos foram da grama e da laranja, assim o sistema pode ser testado com culturas de plantas de raízes rasas e profundas. A pesquisa realizada para definição da umidade necessária foi realizada segundo os parâmetros da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (CONCEIÇÃO, 2005), que define para o cultivo de citros uma umidade entre 33% e 67%, em regiões com precipitação considerável, e para o cultivo da grama que se têm como especificação um cultivo de irrigação longa, ou seja, rega expandida para molhar de modo uniforme a parte rasa e profunda do solo apresentado um nível máximo de 58% e um nível mínimo de 24%, sendo a umidade mantida, em ambos os casos, em um nível superior no início do plantio e inferior após a criação de raízes. A síntese dos artigos lidos está na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Dados dos cultivos

Cultivo	Umidade	Duração	Período de Rega
Grama	58%	1 mês	1
Grama	46%	1 mês	2
Grama	24%	Após 2 meses	3
Laranja	67%	3 meses	1
Laranja	45%	1 mês	2
Laranja	33%	Após 4 meses	3

Fonte: Elaborado pelos autores

Para uma vizualização e análise mais completa do sistema o tempo foi reduzido com a equivalência de 1/36000, na qual cada intervalo de 2400 milisegundos representou 1 dia. A mudança de rega é realizada baseada no tempo e não conta com alarmes uma vez que o sistema realiza a mudança de modo automático. A realização do cálculo de consumo foi realizada à partir da análise da vazão adotada, que uma vez sendo usada a vazão da bomba é fixa, e do número de acionamentos dos estágios da função irriga.

A montagem final segue o descrito no fluxograma na Figura 7 com leituras constantes do sensor e comunicação contínua com a plataforma, e a maquete física usada para testes pode ser vista na Figura 8.

Figura 8 - Maquete



Fonte: Elaborado pelos autores

A montagem exemplifica como o sistema se comporta diante do plantio de duas áreas. À esquerda tem-se um aspersor e um sensor de umidade responsável pela irrigação da área gramada, já à direita tem-se outro conjunto de aspersor e sensor de umidade responsável pela irrigação do solo nú com plantio de maior porte.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho abordou, de modo prático, a aplicação de IoT na área de agricultura e gerenciamento com o intuito de mostrar a crescente importância do uso da automação para garantir o melhor funcionamento possível de vários processos na sociedade atual.

Como proposto inicialmente, a realização deste trabalho gerou um sistema de irrigação inteligente para múltiplas áreas, capaz de atender à cultivos de pequeno e médio porte, respeitando as características de cada plantio proporcionando os cuidados necessários e gerando economia. A visualização de todo o processo também permite ao usuário monitoramento de cada etapa de sua plantação, dos gastos e também permite a interação direta definindo valores.

A respeito do trabalho em questão pode-se inferir que a proposta inicial foi atendida e futuros incrementos são possíveis como o uso do sistema em grandes áreas e para isso a integração com dados relacionados a aplicação de pesticidas, previsão do tempo e preço de mercado para o plantio.

REFERÊNCIAS

- CONCEIÇÃO, Marco Antônio Fonseca. **Manejo de irrigação**. Paraná: EMBRAPA Uva e Vinho, 2005. Disponível em:
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/MesaNorteParana/irrigacao.htm>. Acessado em: 05 maio 2020.
- MACEDO, Carla Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.
- SOUZA, Paulo Vítor Cruz de. **Desenvolvimento de uma plataforma para internet das coisas**. Belo Horizonte: [S. n.], 2019. Acessado em: 05 maio 2020.

SmartCamera: sistema de segurança utilizando visão computacional e IOT

Luiza Luiz da Silva*
Rose Mary Cocco Schuttenberg**

RESUMO

Este artigo trata do desenvolvimento de um sistema de vigilância utilizando visão computacional em câmeras de segurança com integração IOT (Internet of Things). Com a SmartCamera é possível realizar a detecção de uma invasão, doméstica ou comercial, no exato momento em que ela ocorrer e notificar o usuário com um alerta no celular contendo uma mídia do que foi detectado. De posse desta informação é possível alertar as autoridades locais com o intruso ainda no local, aumentando as chances de haver um flagrante ou uma identificação devido a mídia.

Palavras-chave: Visão computacional. SmartCamera. IOT. Segurança.

1 INTRODUÇÃO

A importância de sistemas de segurança nas residências e comércios e o crescente número de invasões sofridas por esses lugares é algo que não pode ser negado. Este trabalho objetiva criar um sistema inteligente de monitoramento e alerta de invasões de maneira eficiente para o usuário.

O trabalho consiste na utilização de um sistema SmartCamera, reduzindo o número de invasões e aumentar a segurança do proprietário do local, oferecendo um sistema de monitoramento de segurança com detecção de movimento humano utilizando visão computacional.

Com o sistema SmartCamera integrado torna-se possível detectar pessoa na área de leitura da câmera e ao ser detectado o sistema acionada a gravação de um vídeo contendo essa detecção.

Após o vídeo ter sido gravado, o sistema gera um arquivo (avi) para ser armazenado em nuvem e aciona a plataforma de envio de mensagem de texto para alertar o usuário que houve uma detecção.

Com a implementação da SmartCamera, evita-se que aconteça uma invasão doméstica ou comercial sem que o proprietário saiba, ou que ele não possa provar para as autoridades devido a falta de imagens.

Os objetivos traçados foram alcançados e o resultado final está alinhado com o título e intuito do trabalho, alcançando um percentual de 91.30% de resultados positivos nos testes feitos no sistema.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A segurança pública é dever do Estado e direito de todos, porém este dever constitucional não é cumprido satisfatoriamente, como mostra os dados da Secretaria de Estado de Justiça e Segurança Pública, em 2019 o número de roubos por alvo (estabelecimentos

* Aluna do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso de Engenharia de Controle e Automação PUC Minas

comerciais, residências, transporte coletivo e transeuntes) chegou a 12.819 (MINAS GERAIS, 2018).

Segundo o Departamento de Investigações Criminais (DEIC), no primeiro semestre de 2018 foram registrados 6,4 mil casos de furtos e roubos a residências somente em São Paulo – SP (GALVÃO, 2018).

Diante deste cenário de insegurança é necessário que o proprietário do local invista em sistemas de segurança, a fim de reduzir as chances de ser vítima da violência. Além de gerar documentação comprobatória do ocorrido.

Atualmente existem várias soluções no mercado, como alarmes com sensores de presença e infravermelho, sensores de porta, etc. Entretanto, esses sistemas são suscetíveis a falhas como o movimento de um animal como um rato ou cachorro é detectado de madrugada como presença, enviando um alarme para o usuário ir conferir ou já acionar as autoridades de segurança pública local.

3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PRODUTO

A SmartCamera utiliza visão computacional para detecção de movimento humano. Logo ao detectar algo que possa ser considerado humano, caso tenha nível de confiança superior a 79% a detecção começa a ser gravada até que este percentual caia. Este valor de confiança foi determinado com base nos vários testes feitos no sistema, considerando diversos cenários. O vídeo gravado é então enviado para a plataforma Dropbox e uma mensagem de texto é enviada pelo Twilio avisando o usuário que houve uma detecção, com ela já disponível para que ele possa acessar remotamente.

A SmartCamera prevê cenários que já são conhecidos por serem falhos em outros sistemas, como passagem de animais na área de detecção não irá gerar alerta, ao contrário de uma pessoa carregando objeto, de costas ou lateral que irá sim alertar o usuário.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento deste trabalho o conhecimento de linguagens de programação, sistemas, aplicativos e termos técnicos são necessários. Assim serão descrito a seguir, alguns tópicos de extrema relevância para seu entendimento.

Visão computacional: É o processo de modelagem através de conceitos nas áreas da biologia, óptica e matemática para replicar através de *software* e *hardware* a visão humana (O QUE É..., 2018). Tem como objetivo formular algoritmos que interpretem a imagem recebida e forneça como saída um conjunto de valores numéricos com os quais seja possível a tomada de decisões, e consequentemente a automação de sistemas.

OpenCV: *Open Source Computer Vision* é uma biblioteca de software de visão computacional e machine learning de código aberto. Foi desenvolvida em 2000 pela Intel, a fim fornecer uma infraestrutura comum para aplicativos de visão computacional, sendo totalmente livre ao uso acadêmico e commercial (SLASHCHININ, 2020). Possui funções como filtros e reconhecimento de imagens, análises estruturais e calibração de câmeras entre várias outras funcionalidades que podem ser utilizadas em diversas linguagens de programação.

Python: É uma linguagem de programação criada com os objetivos ser produtiva e legível, a fim de produzir um código bom e fácil (PYTHON..., 2019). Atualmente, é a linguagem mais simples e utilizada para trabalhar com visão computacional, sendo uma linguagem orientada a objeto considerada de alto nível devido à sua característica de deixar o código legível e com poucos caracteres foi a linguagem escolhida para o desenvolvimento deste projeto.

Twilio: plataforma de comunicações na nuvem que permite envio e recebimento automáticos de telefonemas, mensagens de texto e mídia (TWILIO, 2020).

Dropbox: serviço de armazenamento e compartilhamento de arquivos em nuvem (DROPBOX, 2020).

Deep Learning: *Deep Learning* (DL) é um subcampo do *Machine Learning* (ML), que por sua vez é um subcampo da *Artificial Intelligence* (AI). É um aprendizado de máquina profundo, que possibilita algoritmos de mais alto nível sendo construído através de camadas uma em cima da outra, aumentando a profundidade do aprendizado e consequentemente o nível do aprendizado.

MobileNet - SSD: *MobileNet* - SSD é uma junção da arquitetura do modelo *MobileNet* com o framework *Single Shot Multibox Detector* (SSD). Criada por Andrew G. Howard a *MobileNet* é uma classe de modelos eficientes para dispositivos móveis e aplicações de visão baseada em uma arquitetura simples, utilizando convoluções separáveis em profundidade a fim de criar redes neurais profundas e leves (HOWARD, 2017).

A SSD foi desenvolvida por Wei Liu como um método para detecção de objetos que utilizada uma única rede neural profunda, capaz de ser extremamente rápida e de grande acurácia na detecção de objetos (LIU *et al.*, 2016). A combinação da MobileNet com a SSD resulta em um modelo de detecção rápido e eficaz.

5 METODOLOGIA

Com o estudo do problema devidamente feito foi então possível traçar a estratégia para a elaboração do produto.

Devido a SmartCamera ser um sistema com visão computacional, o sistema operacional Linux Ubuntu foi o utilizado, juntamente a linguagem Python 3.6.

Para desenvolver o projeto foi necessário um estudo profundo sobre a biblioteca *OpenCV*, essencial devido às suas funcionalidades disponíveis. Todo o processo de instalação e configuração desta biblioteca foi realizado com base no tutorial disponível no website PyImageSearch (2019).

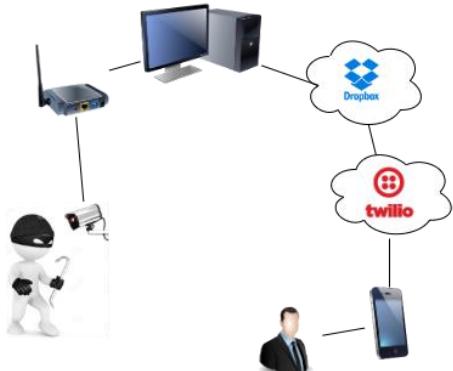
A escolha da câmera que irá fornecer a imagem ao sistema influencia o resultado do mesmo, sendo de fundamental importância fatores como qualidade da imagem e conexão com internet. A câmera utilizada neste trabalho foi a Bullet IP da Intelbras.

Definida a estrutura do projeto é então realizada as configurações dos ambientes de comunicação Dropbox e Twilio com as credenciais do usuário.

Finalizando todas as configurações o desenvolvimento dos códigos de detecção e comunicação são iniciados.

A topologia do sistema está representada na Figura 1. A câmera mantém comunicação contínua com o roteador, a fim de comunicar com o computador e permitir que o algoritmo aione as plataformas de comunicação caso haja uma detecção válida. O processo é realizado em poucos segundos se a conexão de internet for estável.

Figura 1 - Topologia SmartCamera



Fonte: Elaborado pelos autores

6 DESENVOLVIMENTO

O processo de funcionamento deste trabalho, representado na Figura 2, inicialmente realiza a conexão da câmera, sendo necessário que o algoritmo receba o IP (Internet Protocol) desta câmera.

Após realizar a conexão, duas ações importantes são realizadas em paralelo, o carregamento do modelo de detecção *MobileNet - SSD* e a inicialização da câmera. Esses dois processos são em paralelo devido a necessidade do modelo estar funcionando assim que a imagem da câmera for aberta.

A partir deste momento, a câmera está em modo de funcionamento ao vivo e qualquer instante em que o modelo detecta presença de pessoa, o processo dá continuidade salvando o vídeo do que foi detectado, enviando o mesmo para o Dropbox e requisitando o envio da mensagem de texto pelo Twilio.

Figura 2 - Fluxograma de processo da SmartCamera



Fonte: Elaborado pelos autores

O algoritmo deste trabalho é divido em três módulos detalhados a seguir.

6.1 Módulo Detecção

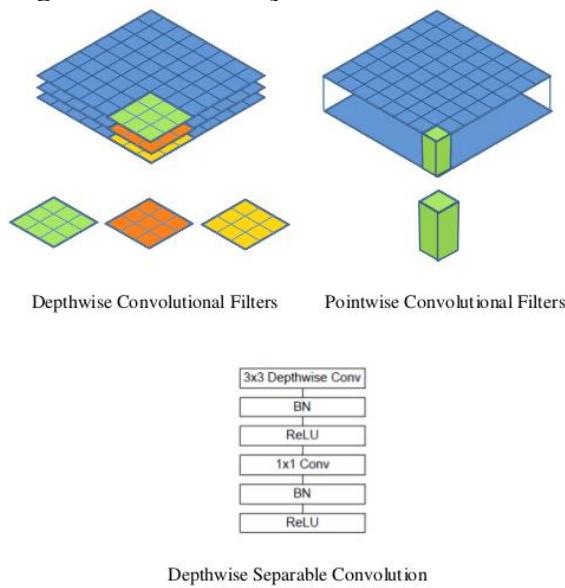
Este módulo contém a classe *PersonDetection*, responsável por toda a parte de detecção da SmartCamera. Esta classe recebe o IP da câmera a qual deve se conectar. Logo após, é definido o nível de confiança da detecção, um valor de 0 a 1 correspondendo a acurácia em porcentagem que o sistema deve aceitar como uma detecção.

A SmartCamera utiliza 0.8 como parâmetro de confiança, ou seja, o sistema considera que houve uma detecção de pessoa apenas se o valor de acurácia da detecção for maior que 79%. Este valor foi definido com base nos resultados de vários testes, considerando diversos cenários que poderiam acontecer durante o funcionamento do sistema, como pessoa passando de costas, lateral, com roupa de cores diferentes, carregando objetos, entre outros cenários pensados como possíveis.

6.2 MobileNet - SSD

MobileNet é o modelo de detecção utilizado na SmartCamera. Este modelo utiliza convoluções separáveis em profundidade, a fim de criar redes neurais profundas e leves, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Convolução MobileNet



Fonte: Zehaos (2020)

A ideia por trás das convoluções separáveis em profundidade da *MobileNet* se dá com base em dividir a convolução em dois passos: uma convolução 3x3 em profundidade seguida de uma 1x1 ponto a ponto, resultando em uma redução no número de parâmetros na rede, como descrito por Andrew G. Howard (2017). A *MobileNet* tem um total de 28 camadas, contando as convoluções separáveis em profundidade e as ponto a ponto como camadas separadas.

A arquitetura da *MobileNet* pode ser vista na Figura 4.

Figura 4 - Arquitetura MobileNet

Table 1. MobileNet Body Architecture

Type / Stride	Filter Shape	Input Size
Conv / s2	$3 \times 3 \times 3 \times 32$	$224 \times 224 \times 3$
Conv dw / s1	$3 \times 3 \times 32$ dw	$112 \times 112 \times 32$
Conv / s1	$1 \times 1 \times 32 \times 64$	$112 \times 112 \times 32$
Conv dw / s2	$3 \times 3 \times 64$ dw	$112 \times 112 \times 64$
Conv / s1	$1 \times 1 \times 64 \times 128$	$56 \times 56 \times 64$
Conv dw / s1	$3 \times 3 \times 128$ dw	$56 \times 56 \times 128$
Conv / s1	$1 \times 1 \times 128 \times 128$	$56 \times 56 \times 128$
Conv dw / s2	$3 \times 3 \times 128$ dw	$56 \times 56 \times 128$
Conv / s1	$1 \times 1 \times 128 \times 256$	$28 \times 28 \times 128$
Conv dw / s1	$3 \times 3 \times 256$ dw	$28 \times 28 \times 256$
Conv / s1	$1 \times 1 \times 256 \times 256$	$28 \times 28 \times 256$
Conv dw / s2	$3 \times 3 \times 256$ dw	$28 \times 28 \times 256$
Conv / s1	$1 \times 1 \times 256 \times 512$	$14 \times 14 \times 256$
5× Conv dw / s1 Conv / s1	$3 \times 3 \times 512$ dw	$14 \times 14 \times 512$
	$1 \times 1 \times 512 \times 512$	$14 \times 14 \times 512$
Conv dw / s2	$3 \times 3 \times 512$ dw	$14 \times 14 \times 512$
Conv / s1	$1 \times 1 \times 512 \times 1024$	$7 \times 7 \times 512$
Conv dw / s2	$3 \times 3 \times 1024$ dw	$7 \times 7 \times 1024$
Conv / s1	$1 \times 1 \times 1024 \times 1024$	$7 \times 7 \times 1024$
Avg Pool / s1	Pool 7×7	$7 \times 7 \times 1024$
FC / s1	1024×1000	$1 \times 1 \times 1024$
Softmax / s1	Classifier	$1 \times 1 \times 1000$

Fonte: Howard (2017)

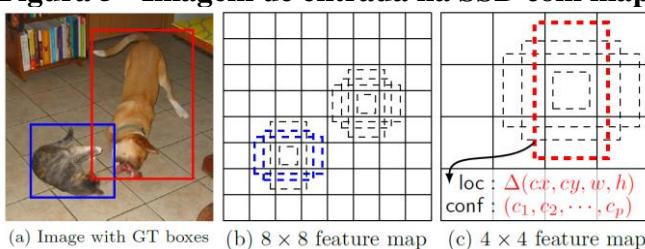
O framework utilizado juntamente com a arquitetura da *MobileNet* é o *Single Shot Multibox Detector* (SSD).

Desenvolvido por Wei Liu *et al.* (2016) como um método de detectar objetos em imagens usando apenas uma rede neural profunda, capaz de discretizar o espaço de saída das bounding boxes em um conjunto de caixas padrão em diferentes proporções e escalas por mapa de características. Outro benefício na SSD é a utilização de um pequeno filtro convolucional para prever a classe dos objetos e deslocamentos das bounding boxes, utilizando filtros separados para detecções de diferentes proporções.

No momento da previsão, a SSD gera pontuações para a presença de cada classe de detecção em cada bounding box e produz ajustes para corresponder à forma do objeto que corresponde a classe.

O processo realizado pela SSD é demonstrado na Figura 5 e descrito por Liu *et al.* (2016) em seu artigo.

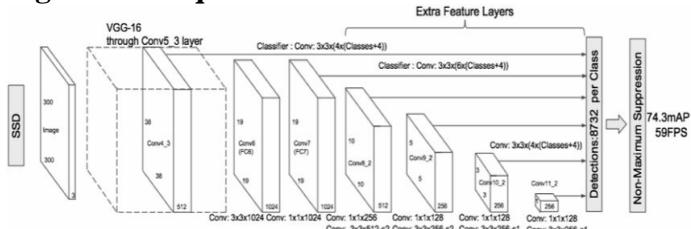
A imagem de entrada com as caixas de verificação para cada classe durante o treinamento é convertida em um mapa de características 8×8 que discretiza a imagem de entrada em células de diferentes tamanhos. Por fim, o mapa de característica 4×4 com a predição de forma e confiança.

Figura 5 - Imagem de entrada na SSD com mapa de características.

Fonte: Pyimagesearch (2019)

A arquitetura da SSD pode ser vista na Figura 6, demonstrando que são utilizados seis mapas de características: Conv4_3, Conv7, Conv8_2, Conv9_2, Conv10_2, e Conv11_2.

Figura 6 - Arquitetura SSD



Fonte: Pyimagesearch (2019)

A MobileNet SSD utilizada neste projeto é uma versão Caffe (CHUANQI305, 2020) gerada a partir da original criada por Howard (2017) utilizando *TensorFlow*.

O Treinamento do modelo foi realizado por Chuanqi (CHUANQI305, 2020) utilizando como dataset de imagens o COCO (*Common Objects in Context*), contendo 20 objetos possíveis de serem detectados em suas 330 mil imagens.

6.3 Método *detection*

Após a definição dos parâmetros iniciais, tem-se o método detection, o qual é realmente o responsável por toda a parte do Deep Learning.

Primeiramente é definido que apenas a classe Pessoa da *MobileNet - SSD* será detectada, assim o processamento é mais efetivo, visto que todas as outras classes disponíveis no modelo não serão consideradas no momento de desenhar a detecção. Em seguida, é utilizado o módulo dnn do *OpenCV*, que permite a utilização de redes pré-treinadas com os *frameworks* mais utilizados para *Deep Learning*.

A grande vantagem em se utilizar uma rede pré-treinada é que não é necessário dedicar horas para treiná-la, sendo possível utilizar esse tempo na análise da saída da rede e o que fazer com ela.

Em seguida é utilizado a função `readNetFromCaffe` do módulo dnn, a qual recebe como parâmetros o *prototxt*, um arquivo com a descrição da arquitetura da rede e o modelo pré-treinado chamado de *caffemodel*.

Com o modelo pronto é então carregada a imagem da câmera utilizando a classe `VideoStream` disponibilizada pelo pacote `imutils`. Este pacote foi desenvolvido por Adrian Rosebrock e está disponível em seu blog [PyImageSearch](#) (2019).

A partir deste momento a câmera já está fornecendo imagem ao vivo ao sistema e o modelo já está em funcionamento. Essas são as duas condições básicas de funcionamento deste módulo, sendo assim, enquanto forem satisfeitas o algoritmo continua seu processo como demonstrado abaixo, e caso não forem satisfeitas o processo finaliza.

Toda imagem fornecida passa pela função `blobFromImage`, também do módulo dnn. Ela é responsável por criar uma coleção de imagens com as mesmas dimensões espaciais (altura, largura) e mesma profundidade (número de canais) que podem ser processadas da mesma maneira. A saída desta função é a imagem chamada de blob, que será a imagem de entrada da rede neural.

A `blobFromImage` é importante por realizar o pré-processamento das imagens que serão a entrada do modelo, realizando o processo de mean subtraction responsável por combater mudança de luminosidade nas imagens e scaling para normalização das imagens.

Na *SmartCamera* foi 0.007843 como valor de normalização e 127.5 como mean subtraction. Esses valores são resultantes do treinamento feito por Chuanqi para a versão da *MobileNet - SSD* (CHUANQI305, 2020).

Após receber a imagem e fazer seu processamento a rede retorna o objeto detections. Este objeto contém as bounding boxes do que foi detectado e a confiança da detecção, caso a confiança seja maior que 79% um retângulo é desenhado ao redor da pessoa detectada e uma mídia da detecção é gravada com data e hora exatas. Esta mídia pode ser uma imagem caso o que for detectado não fique tempo suficiente na câmera para que se grave um vídeo.

6.3.1 Resultados

As imagens apresentadas nas Figuras 7, Figura 8 e Figura 9 demonstram o funcionamento do sistema e foram retiradas de vídeos gerados pelo Módulo Detecção. Todas as imagens foram autorizadas a serem utilizadas pela pessoa detectada.

Figura 7 demonstra uma detecção de uma pessoa que está de forma lateral para a câmera com 94.75% de confiança.

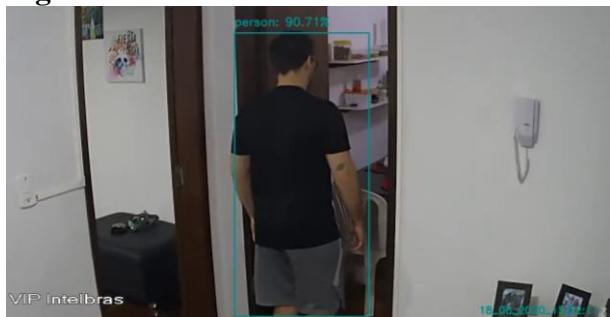
Figura 7 - Mídia resultante do módulo detecção



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 8: demonstra uma detecção de uma pessoa de costas realizada com 90.71% de confiança, garantindo a detecção de invasão mesmo que a pessoa não esteja de frente para a câmera.

Figura 8 - Mídia resultante do módulo detecção



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 9: esta figura demonstra uma detecção de uma pessoa carregando um objeto com 83.72% de confiança, garantindo que mesmo que a pessoa detectada carregue coisas com ela o sistema ainda detectará.

Figura 9 - Mídia resultante do módulo detecção



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 10: tabela com resultado dos testes feitos no sistema utilizando um total de 46 imagens que houve detecção (positivas) e 46 imagens sem detecção (negativas).

Figura 10 - Tabela com resultados do sistema

	True Positive	False Positive	True Negative	False Negative
Imagens	42	4	12	34
Total de imagens		46		46
Porcentagem	91,30%	8,70%	26,09%	73,91%

Fonte: Elaborado pelos autores

Todas as imagens utilizadas para os testes da Figura 10 estão disponíveis para visualização neste Dropbox.

A Figura 10 demonstra os resultados do sistema utilizando positivos e negativos, sendo:

- a) *True Positive* (TP): SmartCamera considerou positivo e realmente era positivo.
- b) *False Positive* (FP): SmartCamera considerou positivo e era falso.
- c) *True Negative* (TN): SmartCamera considerou falso e realmente era falso.
- d) *False Negative* (FN): SmartCamera considerou falso e era positivo.

Os resultados do Módulo Detecção foram satisfatórios e cumprem com o esperado para o sistema, ao se analisar os resultados alcançando um percentual alto de TP.

6.4 Módulo Dropbox

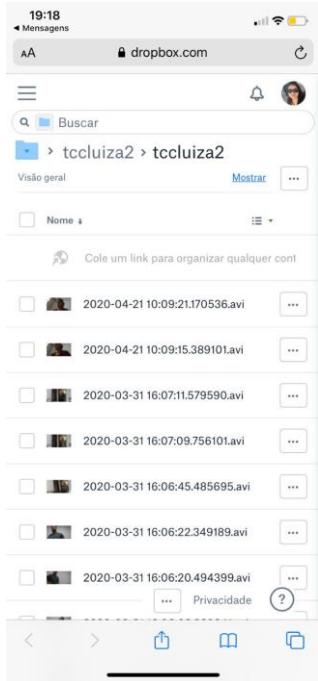
Módulo é responsável por realizar a comunicação com a API V2 para que a mídia da detecção possa ser enviada ao repositório do usuário. Esta API (*Application Programming Interface*) é um serviço grátis do Dropbox que possibilita comunicação e envio de arquivos automaticamente via script.

A classe Dropbox primeiramente acessa o repositório do usuário, recebendo o nome do repositório e o *Access Token*. Com a comunicação realizada, a classe *SendVideo* é instanciada dentro da *PersonDetection*, recebendo a variável *outputFilename* que contém o nome da mídia salva com a data e hora da detecção.

Para garantir que o Módulo Detecção não pare enquanto a mídia está sendo enviada, a classe *SendVideo* é uma *thread* independente, ou seja, mesmo que o upload demore devido a internet lenta ou vídeo muito grande, o processo de detecção não será impactado.

A Figura 11 apresenta o repositório utilizado neste projeto com as mídias recebidas, todas contendo a data e hora que foram realizadas.

Figura 11 - Reppositório contendo as mídias enviadas durante o desenvolvimento e testes do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores

6.5 Módulo Twilio

O último módulo do processo de detecção e envio realizado pela *SmartCamera* é o Módulo *Twilio*, responsável por avisar o usuário que houve uma detecção.

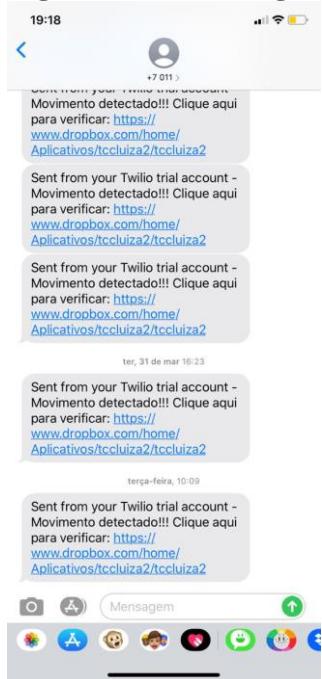
A classe *Twilio* inicializa as variáveis:

- twilio_sid**: SID (String Identifier) é uma chave única de 34 dígitos utilizada para identificar recursos específicos.
- twilio_auth**: é a chave de autorização do usuário, obtida ao criar a conta no *Twilio*.
- twilio_to**: número de telefone que irá receber a mensagem de texto.
- twilio_from**: número de telefone, do *Twilio*, que envia a mensagem.

A classe *SendMessage* é instanciada no Módulo *Dropbox* quando uma mídia é enviada, assim, logo após o upload ter sido finalizado, o *Twilio* é acionado a partir da sua API para enviar a mensagem contendo o link para o usuário acessar o repositório *Dropbox* e ver a detecção. Nesse mesmo instante a função *CleanUp* também é instanciada, fazendo com que a mídia que já foi enviada para a nuvem seja deletada do computador do usuário.

Na Figura 12 é possível visualizar a última etapa deste processo: a comprovação das mensagens de alerta recebidas logo após a detecção ter sido finalizada, contendo o link para o usuário imediatamente acessar a mídia.

Figura 12 - Mensagem alertando o usuário que houve detecção



Fonte: Elaborado pelos autores

8 CONCLUSÕES

O trabalho apresentado buscou solucionar o problema dos sistemas de segurança que utilizam sensores de presença como alarme. Fornecendo mídia da detecção ao usuário em pouco tempo para que ele possa conferir que o que foi detectado é realmente uma pessoa que não deveria estar no local.

Foram utilizadas técnicas da área de Visão Computacional e *Deep Learning*, que são áreas em crescimento devido a sua assertividade nos sistemas que são utilizadas.

O protótipo desenvolvido cumpriu com todos os requisitos a ele impostos, possibilitando gerar um produto para solucionar o problema em questão.

Os resultados obtidos na fase de teste mostraram que o sistema tem um alto nível de confiabilidade, visto que foi possível obter 91.30% de resultados True Positive e apenas 8.70% de *False Positive*, mostrando que cumpre o intuito de diminuir o número de alertas falsos ao usuário.

REFERÊNCIAS

CHUANQI305. **Caffe implementation of Google MobileNet SSD.** [S. l.]: GitHub, 2020. Disponível em: <https://github.com/chuanqi305/MobileNet-SSD/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

DROPBOX. **API do Dropbox v2.** [S. l.]: Dropbox, 2020. Disponível em: <https://www.dropbox.com/developers/documentation/http/documentation>. Acessado em: 11 de abril de 2020.

GALVÃO, César. Polícia registra 6,4 mil casos de furtos e roubos a residências em SP. **G1 São Paulo**, São Paulo, 27 dez. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2018/12/27/policia-registra-64-mil-casos-de-furtos-e-roubos-a-residencias-em-sp.ghtml>. Acesso em: 21 set. 2019.

HOWARD, A. G. *et al.* **MobileNets**: efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. Ithaca, NY: Cornell University, 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1704.04861v1>. Acesso em: 10 abr. 2020.

LIU, W. *et al.* SSD: single shot multibox detector. **Lecture Notes in Computer Science**, p. 21–37, 17 Sep. 2016. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0>. Acesso em: 10 abr. 2020.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Justiça e Segurança Pública. **Dados abertos**: estatísticas criminais. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Justiça e Segurança Pública, 2018. Disponível em: <http://www.seguranca.mg.gov.br/2018-08-22-13-39-06/dados-abertos>. Acesso em: 17 jun. 2020.

O QUE é visão computacional? Data Science Academy, [S. l.], 24 jan. 2018. Disponível em: <http://datascienceacademy.com.br/blog/o-que-e-visao-computacional/>. Acesso em: 02 out. 2019.

PYIMAGESEARCH. **You can master computer vision, deep learning, and OpenCV**. [S. l.]: PyImageSearch, 2019. Disponível em: <https://www.pyimagesearch.com/>. Acesso em: 18 out. 2019.

PYTHON: O que é? Por que usar?. [S. l.]: Pyscience-Brasil, [2019]. Disponível em: <http://pyscience-brasil.wikidot.com/python:python-oq-e-pq>. Acesso em: 10 set. 2019.

SLASHCHININ, Sergei. **Deep learning in OpenCV**. [S. l.]: GitHub, 2020. Disponível em: <https://github.com/opencv/opencv/wiki/Deep-Learning-in-OpenCV>. Acesso em: 21 abr. 2020.

TWILIO. **Twilio's REST APIs**. [S. l.]: Twilio, 2020. Disponível em: <https://www.twilio.com/docs/usage/api>. Acesso em: 25 abr. 2020.

ZEHAOS. **MobileNet build with tensorflow**. [S. l.]: GitHub, 2020. Disponível: <https://github.com/Zehaos/MobileNet/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

Sistema de supervisão e gerenciamento de uma subestação de energia elétrica

Joao Paulo Pereira de Azevedo Magalhães*

Thaís Dutra de Faria*

Rose Mary Cocco Schuttenberg**

RESUMO

Este artigo trata do desenvolvimento de um sistema de gerenciamento e supervisão de uma subestação de energia elétrica na PUC Minas. Através do software de supervisão é possível analisar o consumo de energia dos prédios em tempo real e também em períodos anteriores, bem como analisar as grandezas elétricas e realizar a detecção de anomalias no sistema.

Palavras-chave: Subestação. Supervisão. Energia elétrica.

1 INTRODUÇÃO

A importância de monitorar o consumo de energia elétrica hoje torna-se indispensável para garantir a segurança do seu fornecimento, reduzir gastos e identificar falhas. Este trabalho tem como objetivo substituir um sistema de monitoramento existente na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais localizada no prédio 92, campus Coração Eucarístico por um sistema mais completo, capaz de entregar ao responsável pelo sistema elétrico, informações macro da subestação em questão, garantir o registro de dados por tempo indeterminado, gerando alarmes para identificação de pontos críticos do sistema.

O trabalho consiste na criação de um sistema supervisório através do software Elipse E3, utilizando os principais dados dos multimedidores existentes da subestação. O usuário será capaz de visualizar de forma remota estes dados através de displays, gráficos, tabelas e extrações de relatório do período desejado para que a realizações de análises e tomadas de decisão seja mais eficaz.

A subestação que será monitorada recebe 13,8kV da concessionária e através de quatro transformadores de potência, sendo dois 300kVA, um 750kVA e um 500kVA transformam a tensão em 220V, 380V e 440V.

Cada transformador possui um multimedidor Embrasul modelo MD4040 dos quais serão extraídos os dados via protocolo Modbus.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O monitoramento dos multimedidores Embrasul MD4040 existentes nas subestações da PUC Minas é feito com software auxiliar ao desenvolvimento do supervisório chamado SP4000. Pelo fato de ter a função de apenas auxiliar, este software não possui funcionalidades suficientes que o tornam um produto adequado para o monitoramento contínuo. Em suas funcionalidades estão presentes apenas a visualização de alguns dados em tempo real através displays e a extração mensal de relatórios, porém se não houver a extração de dados na data de corte, todos os dados registrados são perdidos.

Diante deste cenário, é necessário que o proprietário invista em um sistema de supervisão mais robusto que entregue ao usuário informações mais completas facilitando assim as análises e registrando as informações de forma ininterrupta em banco de dados evitando que

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas

dados importantes sejam perdidos.

3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PRODUTO

O sistema de supervisão e gerenciamento de subestação de energia elétrica proposto é desenvolvido no software Elipse E3 e monitora as principais informações presentes no multimedidor como correntes, tensões, potências e distorções harmônicas, fator de potência e consumos.

Este supervisório utiliza um layout dividido de forma intuitiva separando os dados em tempo real, via gráficos ou displays, dados acumulados do dia, mês atual e mês anterior, além de contar com relatórios gerados nos períodos desejados. Os dados são armazenados em um banco de dados Microsoft SQL para garantir a segurança das informações.

Para identificação imediata de falhas, um campo de alarme apresenta todas as anomalias como sobrecorrente, subtensão, sobretensão, distorções elevadas e fatores de potências abaixo de 0,9 para agilizar a atuação do técnico responsável reduzindo o impacto dos danos provocados pela falha. Estes alarmes podem ser visualizados por todos os usuários do sistemas mas silenciados apenas pelo administrador.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento deste trabalho o conhecimento de linguagens de programação, sistemas, aplicativos e termos técnicos são necessários. Assim serão descrito a seguir, alguns tópicos de extrema relevância para seu entendimento.

Subestação de Energia Elétrica: Entende-se por subestação as instalações de elétricas destinadas a abrigar os equipamento de medição, proteção e transformação de energia, como também garantir o fornecimento de energia elétrica nas instalações por ela alimentadas, proporcionando sempre a segurança para o sistema, equipamentos e para profissionais envolvidos em sua tarefas.

Multimedidores de Energia: De acordo com Pinchemel (2013), o multimedidor é um equipamento que possui a capacidade de medir grandezas eletricas e suprir as necessidades de gestão e medição de energia dos mais variados segmentos da atividade econômica no mundo.

O princípio de funcionamento de um multimedidor é baseado em circuitos eletrônicos, onde um microcontrolador coleta valores analógicos de tensão e corrente e os converte em sinais digitais utilizando um conversor analógico/digital. Em seguida, o microcontrolador realiza os cálculos matemáticos necessários para obter os valores das grandezas elétricas a serem exibidas no display.

Sistema de Supervisão: O sistema de supervisão é responsável por monitorar as informações de um processo tais como: operações da planta, gráficos de tendências de variáveis analógicas e digitais, relatórios, alarmes e etc. Esses dados são enviados pelos instrumentos de medição, em seguida, são analisados e manipulados da melhor forma a serem apresentados ao usuário. Este sistema também é conhecido como SCADA (Supervisory Control and Data Aquisition) (PINHEIRO, 2006).

Elipse E3: O Elipse é uma plataforma completa de criação e desenvolvimento de aplicações com funções de supervisão, controle, análise e gerenciamento de sistemas elétricos, podendo ser utilizado tanto para aplicações de pequeno porte, como automação de uma única subestação, quanto para aplicações de grande porte, como sistemas EMS (Energy Management System) ou DMS (Distribution Management System)"(ELIPSE SOFTWARE, 2020).

Banco de dados: Entende-se por banco de dados uma coleção de dados com significado implícito, que tem como função armazenar dados que podem ser estruturados, selecionados e transmitidos para que sejam interpretados e transformados em informações úteis.

Protocolos de Comunicação: De acordo com Cruz e Viana (2016), protocolo de comunicação é um conjunto de regras e convenções estabelecidas que concedem a comunicação através de uma rede. Esse conjunto de regras estabelece como um computador se conecta ao outro, como se identifica, quando pode enviar ou receber informações e quanto tempo pode esperar para que cada evento ocorra, bem como a forma de se desfazer a conexão.

Ethernet 10/100 Base T: O protocolo físico Ethernet 10/100 Base T se encontra na camada host/rede e é o primeiro padrão baseado em par trançado. Desenvolvido para substituir as redes construídas com cabo coaxial, conseguiu atender necessidades de se ter cabos com mais flexibilidade e maior velocidade de transmissão, chegando à 100Mb/s.

O padrão é composto por quatro pares de fios elétricos de cobre, onde cada fio é envolto por uma camada plástica e entrelaçados em forma de trança para aumentar a resistência e evitar a interferência eletromecânica entre os condutores. Em cada terminal um conector RJ-45 é utilizado

Protocolo Modbus TCP IP: Presente nas camadas de inter-redes, transporte e aplicação, o protocolo Modbus foi desenvolvido no final da década de 1970 para atender a necessidade de comunicação entre dispositivos de automação. É uma estrutura open source que utiliza perguntas/respostas para realizar a comunicação entre o mestre e escravo. Em um relacionamento mestre-escravo, a transmissão de dados sempre acontece em pares, iniciando a interação quando o mestre faz uma requisição e aguarda a resposta do escravo. Geralmente, os mestres são dispositivos como um software SCADA ou uma IHM, enquanto os escravos são PLC's ou sensores.

4 METODOLOGIA

Com o estudo do problema devidamente feito e através de conhecimentos em gestão de energia, redes industriais, banco de dados, noções em projetos elétricos e de automação, e sistemas de supervisão, foi possível traçar a estratégia para a elaboração do produto.

Para iniciar o desenvolvimento do projeto foi solicitado para empresa Embrasul o manual de operação e mapa de memória Modbus dos multimedidores MD4040. A partir dos dados extraídos do manual realizou-se um estudo profundo do funcionamento do equipamento e de suas particularidades, foram levantados os registradores e criado uma tabela com os todos os dados de interesse e suas Tags. Esses registradores são do tipo holding register e possuem o formato Dword(32bits), ou seja, cada variável lida ocupa duas posições de registrador de 16 bits.

O Microsoft SQL Server é o sistema de gerenciamento de banco de dados escolhido para armazenar as informações. Esse SGBD permite a criação de tabelas relacionadas e é mantido pela Microsoft há anos por ser um dos principais em sua área.

A escolha do sistema supervisório foi baseada na variedade e facilidade ao acesso das documentações e suporte do sistema. O Elipse E3 é o supervisório líder no mercado brasileiro e possui flexibilidade para trabalhar com diversos tipos de processos e protocolos de comunicação. O layout definido está organizado em seis tipos de tela:

Tela Subestação: Estão presentes o diagrama unifilar da subestação, seus transformadores e multimedidores. Ao selecionar um determinado multimedidor, uma nova tela será aberta com as informações daquele equipamento específico.

Tela Multimedidor: Apresenta todas as medições em tempo real do equipamento.

Tela Consumo: Contém dados de consumos acumulados do dia, mês atual e mês anterior.

Tela Histórico: Apresenta um gráfico que facilita a verificação pelo usuário através do comportamento de determinada variável.

Tela Relatório: Apresenta uma tabela com todos os dados registrados, a mesma pode

ser impressa com a data e horário desejado e extraídos no formato PDF ou Excel.

Tela Alarme: Presentes todos os alarmes registrados no sistema. Os alarmes ativos só podem ser silenciados pelo administrador do sistema. A criação desta tela foi baseada nas normas ISA-18.2: Gerenciamento de alarmes para processos industriais e ISA-101: Interfaces Homem Máquina (ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE AUTOMAÇÃO, 2020). Os alarmes são separados por cores de acordo com sua severidade.

5 DESENVOLVIMENTO

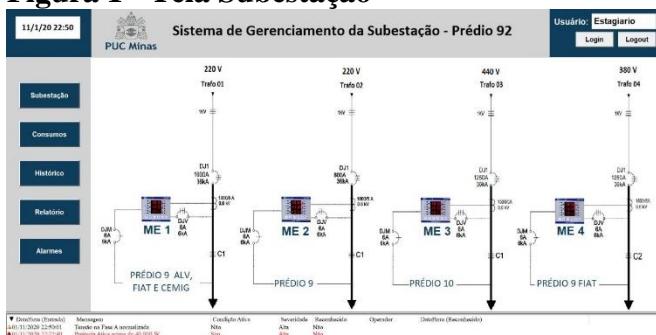
O desenvolvimento do projeto inicia-se na configuração dos multimedidores na mesma rede que a máquina do sistema supervisório, fixando os IPs na mesma faixa.

Com os softwares instalados e a aplicação criada, configura-se o driver Modbus no Elipse para buscar os registradores do multimedidor.

Depois que a conexão for estabelecida e a base de dados criada, inicia-se a criação das telas e a interface de navegação no sistema supervisório.

Ao abrir a aplicação, o usuário tem acesso a tela inicial denominada Subestação, como mostra a Figura 1. Nesta tela o usuário realiza o login no sistema ao clicar sobre o botão login e inserir o nome e senha. Um resumo dos alarmes é exibido na parte inferior da tela.

Figura 1 - Tela Subestação



Fonte: Elipse Software (2020)

Ao clicar sobre o primeiro multimedidor, sua respectiva tela é aberta, exibindo seus valores em tempo real, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Tela Multimedidor 1



Fonte: Elipse Software (2020)

Para visualizar os consumos acumulados do dia, mês atual e mês anterior, basta clicar sobre o botão “Consumo” no menu principal e a seguinte tela é aberta conforme a Figura 3.

Figura 3 - Tela Consumo

Fonte: Elipse Software (2020)

O acesso de dados passados é feito a partir da Tela Histórico ao selecionar o botão “Histórico” no menu principal. O usuário pode selecionar a data e as variáveis que deseja visualizar. A Figura 4 ilustra essa metodologia.

Figura 4 - Tela Histórico

Fonte: Elipse Software (2020)

Para gerar relatório do sistema basta clicar sobre o botão “Relatório” e a tela será exibida de acordo com a Figura 5.

Figura 5 - Tela Relatório

Fonte: Elipse Software (2020)

Caso o sistema apresente alguma irregularidade ou falha, é possível visualizar ao abrir a Tela Alarmes, e todos os alarmes são listados, conforme a Figura 6.

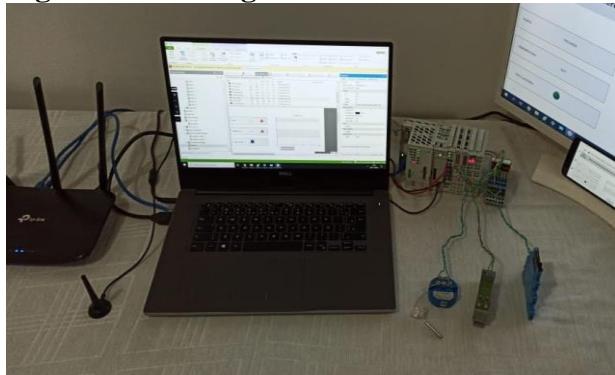
Figura 6 - Tela Alarmes

Fonte: Elipse Software (2020)

Como proposta de otimização do sistema, utilizamos o PLC Wago PFC 200 para controle e monitoramento de temperatura da subestação bem como desenvolvimento de *webserver* com aplicações para visualização mobile, detecção de presença e alertas via SMS.

Com a finalidade de simular a aplicação do PLC na subestação foi elaborado uma bancada de simulação contendo uma CPU com um chip de operadora móvel, um cartão de entrada digital 750-1405, um cartão de saída digital 750-1504 e um cartão de entrada analógica 750-0453. Nesses cartões foram conectados o sensor de temperatura PT100, um relé simulando o acionamento dos ventiladores e uma chave para indicar o fim de curso que seria instalado na porta.

Um roteador no modo *Access Point* simula a rede acadêmica da PUC, possibilitando o acesso ao supervisório que será criado nos navegadores desktop ou mobile de qualquer lugar do campus.

Figura 7 - Montagem

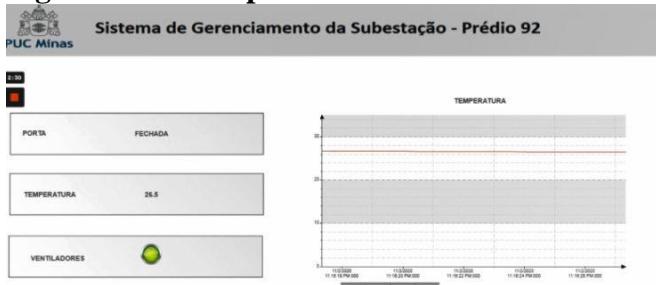
Fonte: Elaborado pelos autores

O PLC escolhido disponibiliza diversas linguagens, porém determinamos que a linguagem ST ou *StructuredText* será a que utilizaremos para a programação devido a sua flexibilidade.

Iniciamos a programação criando três *functionblocks* que serão necessários para o funcionamento do programa. O primeiro, denominamos de “Conversor_4_20mA” e é responsável por interpretar o valor em bits lido pela entrada analógica onde o sensor está conectado e transformar em um valor compatível com o range. O segundo “Alarme” é responsável por comparar um valor de entrada com um setpoint, e gerar uma saída em nível alto quando for ultrapassado. Já o terceiro “Logica_On_Off” é responsável pelo acionamento dos ventiladores quando o setpoint for ultrapassado. No programa principal declaramos as variáveis necessárias e realizamos a programação.

Finalizamos a melhoria com a criação de um supervisório através do *webserver* disponível. Este supervisório pode ser acessado por smartphones, tablets, computadores e por qualquer dispositivo que possui suporte a HTML e acesso a rede wifi. O layout definido é apresentado na Figura 8, possui informações e alertas sobre o estado da porta, temperatura e ventiladores, além de um gráfico com o comportamento da temperatura.

Figura 8 -Tela Supervisório



Fonte: Webserver PLC Wago

6 TESTES

Para dar inicio aos testes foi necessário verificar se a conexão do multimedidor ao sistema supervisório foi estabelecida com sucesso.

A partir disso, a aplicação do sistema supervisório foi iniciada, e todas as funções citadas anteriormente foram realizadas sem erros de execução, apresentando os mesmos valores medidos no multimedidor em todas as telas.

Iniciamos então os testes de aplicação. Esses testes possuem a função de verificar o sistema modificado, suas novas condições de operação, e se suas necessidades foram atendidas.

Dessa forma, o operador relatou que as telas geradas no supervisório bem como os alarmes, gráficos e relatórios disponíveis em suas configurações atendem de forma satisfatória e muito além do que hoje é oferecido, possibilitando uma significativa melhoria nos critérios de trabalho agregando nos modos de operação, facilitando acesso, antecipando falhas e garantindo maior número de informações para serem utilizadas.

7 CONCLUSÕES

O trabalho apresentado buscou aperfeiçoar o sistema de monitoramento de energia da subestação da PUC Minas, visto que anteriormente não era possível analisar as grandezas de forma intuitiva e visualizá-las ao longo do tempo.

Fornecendo o histórico, alarmes e relatórios, o usuário não terá dificuldades em detectar as irregularidades na rede elétrica, bem como as taxas de consumo e as medidas elétricas, visto que tudo está envolvido em uma única aplicação.

A aplicação cumpriu com todos os requisitos determinados pelo técnico da subestação, possibilitando o gerenciamento da mesma, de modo prático e produtivo.

A expansão deste projeto pode ser realizada para os outros prédios que possuírem multimedidores ou para outras utilidades como iluminação, detecção de incêncio e níveis de água, desde que haja instrumentação suficiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE AUTOMAÇÃO. **Normas técnicas**. São Paulo: ISA, 2020. Disponível em: [http://isasp.org.br/normas-tecnicas/#:~:text=As%20normas%20da%20ISA%20s%C3%A3o,IEC%20\(International%20Electrotechnical%20Commission\)](http://isasp.org.br/normas-tecnicas/#:~:text=As%20normas%20da%20ISA%20s%C3%A3o,IEC%20(International%20Electrotechnical%20Commission)). Acesso em: 25 mar 2020.

CRUZ, Hector; VIANA, Karlus. **Projeto de automação residencial utilizando software e hardware livres**. 2016. Monografia (Bacharelado), Instituto Federal de Educação Ciencia e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2016. Acesso em: 25 mar 2020

ELIPSE SOFTWARE. **Tome decisões em tempo real**. Belo Horizonte: Elipse Software, 2020. Disponível em: <https://www.elipse.com.br>. Acesso em: 25 mar. 2020.

PINCHEMEL, R. **Sistemas de medição de energia elétrica**. Goiânia: PUC Goias, 2013. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/capitulo-2-sistemas-de-medicao-de-energia-eletrica/4703752/>. Acesso em: 23 mar 2020

PINHEIRO, J. M. S. **Introdução as redes de supervisão e controle**. [S. l.]: Projeto de Redes, 2006. Disponível em: https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_redes_de_supervisao_e_controle.php. Acesso em: 23 mar 2020.

Central de controle multimídia

Henrique Assírio de Oliveira Bossi*
 Isabela Gambardella Bernardo*
 Rose Mary Cocco Schuttenberg**

RESUMO

O objetivo deste trabalho será desenvolver um protótipo de um sistema sem fio não invasivo para automatizar Auditório da PUC Minas, utilizando sensores, atuadores e banco de dados em rede, a fim de proporcionar um ambiente cômodo e energeticamente eficiente.

Palavras-chave: protótipo, energeticamente eficiente.

1 INTRODUÇÃO

Desde muito tempo a automação vem crescendo e tornando a execução de tarefas que necessitam de agilidade, qualidade, produtividade e confiabilidade mais eficientes e eficazes. A Internet das Coisas - Internet of Things (IoT) é um conceito que está intimamente associado à automação, interligando diversos dispositivos em rede e processando os dados gerados por estes dispositivos.

Está sendo proposto a construção de um hardware e desenvolvimento de um software responsável por automatizar o sistema de iluminação, climatização e porta de entrada de um auditório visando o baixo custo e facilidade.

Em suma, o auditório piloto será capaz de ser controlado a distância podendo ter também uma alternativa de ligação por botões de pulso (controle da iluminação, som e temperatura), supervisionado e também funcionar em modo automático (acionamento automático dos equipamentos).

O protótipo desenvolvido armazenará os dados de consumo do ar-condicionado em um banco de dados, permitindo que sejam traçados perfis de consumo proporcionando um melhor uso dos equipamentos elétricos, além de gerar conforto aos operadores e usuários que estarão no ambiente.

2 OBJETIVOS

Desenvolver uma central de gerenciamento para controle de salas multimídias para otimização de operação, economia de energia e conservação dos equipamentos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O início do trabalho é dado pela pesquisa de necessidades do Auditório da PUC Minas. Os dados coletados serão enviados e armazenados na nuvem por microcontroladores com conectividade IoT que permite dados serem enviados à internet.

É importante neste projeto, a escolha de sensores e instrumentos de medição eficientes, pois a eficiência do nosso sistema depende também da qualidade de nossas medições.

* Alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professora do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC Minas

3.1 Aquisição de dados

3.1.1 Sensor de corrente

Existem dois tipos de sensores de corrente: o não invasivo e o invasivo. O sensor de corrente não invasivo possui uma abertura através da qual o fio com a corrente a ser medida deve passar, mesma tecnologia usada em alicates amperímetros. Este fio funciona como o primário do transformador, gerando no secundário uma corrente proporcional, de acordo com a razão de transformação do circuito. Já o sensor de corrente invasivo é aquele que precisa estar conectado ao circuito.

3.1.2 Sensor de tensão

Microcontroladores como Arduino por exemplo não conseguem monitorar tensão com valores altos, devido a suas portas analógicas não suportarem e não conseguiram identificar suas variações, possuindo uma equivalência proporcional (BRAGA, 2016). Devido a esse fato, se faz necessário utilizar um transformador de corrente elétrica alternada 220 V/9 V, sendo conectado a um circuito com o objetivo de dividir a tensão, reduzindo ela para níveis que atendam as limitações do hardware, tendo como tensão positiva entre 0 V a uma tensão de referência de 5 V.

Para a medição da tensão elétrica, no caso deste projeto, pode ser usado o sensor para tensão modelo ZMPT101B, que opera em altas tensões, mas deve ser calibrado de forma correta, devido à calibração ser um aspecto de grande importância na leitura feita na medição.

3.1.3 Sensor de presença

São dispositivos que detectam pessoas em um ambiente e podem emitir um alarme, acender uma luz ou disparar um contador. Cada sensor de presença tem uma saturação de acionamento e podem ser infravermelhos, por microondas ou ruídos, lembrando que todos trabalham de forma digital e são de suma importância para segurança e conforto de ambientes.

3.2 Ferramentas de processamento

3.2.1 Plataforma de desenvolvimento

É composta por entradas para atuadores e sensores, fonte de tensão e microcontrolador. Também é necessário uma IDE (do inglês, Integrated Development Environment) que é um ambiente integrado para desenvolvimento para utilização necessária dos Microcontroladores.

3.2.2 Microcontroladores

Os microcontroladores podem ser considerados computadores que possui núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída, porém são limitados em relação ao um computador convencional.

3.2.3 IDE

A sigla chamada de IDE são softwares que reúnem funcionalidades de programação em um único local (NOVAES, 2014). Nessa aplicação encontra-se todas as funções necessárias para o desenvolvimento, sendo elas desde programas de computadores a aplicativos para celulares.

Geralmente as IDE's são criadas para atuarem somente com um tipo de programação, mas também existem as híbridas que aceitam mais de um tipo de linguagem. As IDE's têm verificadores de sintaxe, editores de texto, compiladores, automatizadores de tarefas, complementos e assistentes de codificação.

3.2 Plataformas IoT

A proposta das plataformas de IOT é fornecer recursos e conjuntos de componentes que irão ajudar a desenvolver um sistema capaz de realizar essas funções. Porém, a criação de uma solução IoT para uma empresa depende do host da plataforma IoT e da qualidade de suporte. Um sistema IoT completo requer os seguintes requisitos:

- a) Hardware como sensores ou dispositivos;
- b) Conectividade;
- c) Software instalado na nuvem;
- d) Interface de usuário;

Levando em consideração as informações e o que iremos precisar nesse projeto, foram selecionadas algumas plataformas IoT que possuem armazenamento de dados na nuvem e auxiliam no desenvolvimento de aplicações que interagem com hardware e interfaces com os usuários.

3.2.1 IoT

Os equipamentos eletrônicos estão todos conectados, via Internet, assim é possível que eles compartilhem dados e informações para exercer determinadas tarefas. Para que ocorra essa interligação, são necessários sensores e outros componentes eletrônicos.

3.2.2 Sistema supervisório

Um sistema supervisório tem o objetivo de capturar e armazenar informações de um processo de produção no seu banco de dados. Essas informações serão enviadas de sensores específicos, como de temperatura e pressão, do seu processo industrial e serão analisadas em tempo real.

4 METODOLOGIA

A essência do funcionamento do sistema começa pela escolha dos sensores e hardwares a serem utilizados, já que o processo requer algumas especificações. Após isso é definido qual plataforma será utilizada para realizar as interligações necessárias e a criação de um código para definir o funcionamento do aplicativo e outro código para definir as rotinas do protótipo do auditório. Além disso é necessário escolher qual o material da maquete e o design da mesma.

4.1 Ferramenta de processamento

Para escolher uma ferramenta do processamento, deve ser analisada a corrente que ele suporta, a tensão necessária, sua capacidade, entre outros fatores.

4.1.1 Central de controle e processamento pelo NodeMCU

A aquisição de dados é de extrema importância para fazer o controle de consumo energético dos equipamentos, além de informar caso haja algum problema e necessite de manutenção. Para obtenção de dados necessitamos de sensores de corrente, tensão e presença, o microcontrolador e um banco de dados para armazenamento.

4.1.2 IDE

Para programar o tratamento e envio dos dados do NodeMCU, foi escolhida a IDE Arduíno, pois também é compatível com diversos dispositivos e plataformas, se utiliza a linguagem C/C++ para programá-la.

4.2 Definição dos Funcionamentos e Rotinas

4.2.1 Sistema porta de entrada

Os esquemáticos atual e futuro da Porta Atual estão representados na Figura 1.

Figura 1 - Funcionamento da Porta



Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com o esquemático, atualmente a porta de entrada funciona de forma Manual, sendo assim, é necessário a presença de um funcionário para liberar o acesso ao local. Isso causa um problema pois muitas vezes professores precisam de acessar o ambiente e o responsável pode não estar presente para agilizar a abertura da porta principal. Devido a esse problema, a automação vem para poder adequar de forma segura esse problema, sendo proposto um modelo de porta automática e interligada com sistema de funcionamento dos outros equipamentos de dentro do local.

A porta de entrada funcionará de forma Automática ou Manual, como descrito abaixo:

- a) Funcionamento Manual: Quando necessário o Responsável pelo local poderá abrir a porta apertando somente um botão.

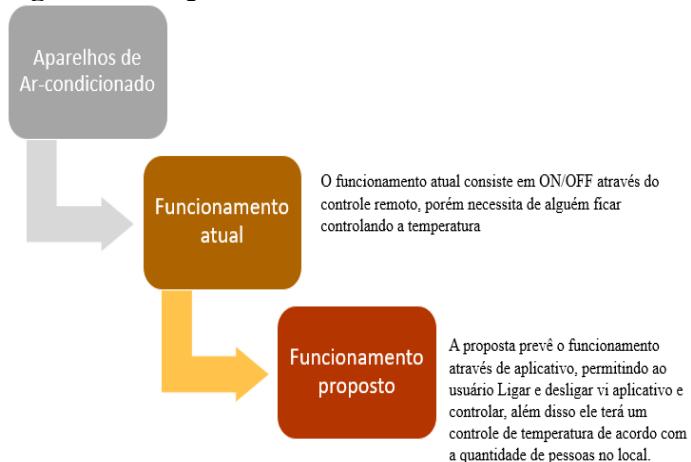
- b) Funcionamento Automático: Após o funcionário responsável fazer a reserva do auditório no aplicativo, é concedido uma permissão para que, de acordo com o horário pré-estabelecido na reserva a porta seja aberta, porém a porta somente irá abrir caso haja detecção de alguém no local e no horário. Sendo assim é permitido o acesso ao ambiente.

O sensor de presença também terá a função de contabilizar a entrada e saída de pessoas.

4.2.2 Sistema aparelhos de ar-condicionado

O funcionamento atual dos equipamentos de refrigeração ocorre de forma manual, sendo ligados através de um controle remoto, porém não há nenhum controle de temperatura, fazendo necessário ação humana para aumentar ou diminuir a temperatura, ligar ou desligar o aparelho, por isso a proposta do projeto vem para melhorar a utilização desses aparelhos de forma usual e econômica. A Figura 2 indica a diferença entre o funcionamento atual e o planejado.

Figura 2 - Esquemático do funcionamento atual e futuro do Ar Condicionado



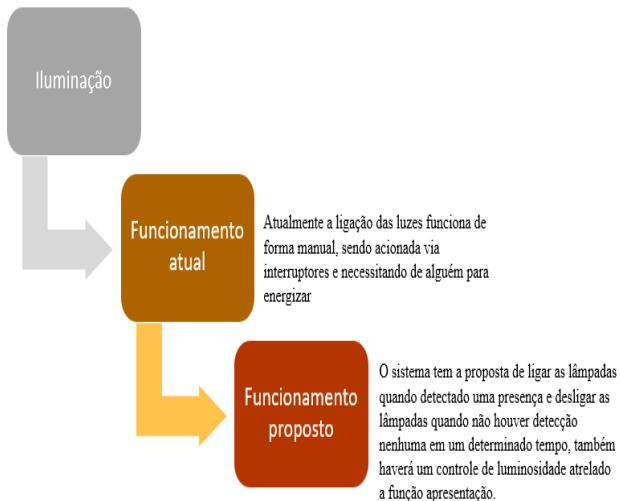
Fonte: Elaborado pelos autores.

Portanto, a automação do ar condicionado será feita da seguinte forma: a central que recebe os dados coletados via Wi-Fi vai repassar os dados para o ar condicionado via infravermelho, que é como o ar condicionado recebe os comandos. Será possível acompanhar se os equipamentos estão desligados ou ligados e qual a temperatura da local via aplicativo Smartphone.

4.2.3 Sistema de Iluminação

Os funcionamentos atual e futuro do sistema de iluminação estão explicados na Figura 3.

Figura 3 - Esquemático do funcionamento do Sistema de Iluminação



Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme indicado no esquemático, o sistema de iluminação apresenta problemas tanto no quesito de gasto de energia, quanto na forma como ele é ligado e desligado, já que precisa de um responsável no local para abrir o auditório e nem sempre essa pessoa está disponível no horário de abertura ou fechamento do local.

O sistema de automação que será colocado, vai ser o responsável pelo acionamento remoto ou manual da iluminação interna do auditório.

O Microcontrolador responsável será programado de acordo com os ambientes de iluminação. Por meio do aplicativo, o usuário vai poder controlar a intensidade, programar horário para ligar ou desligar as lâmpadas e selecionar as áreas que devem ser acesas, já que nem sempre é necessária toda a iluminação do local, uma vez que depende do número de pessoas dentro do auditório.

4.2.4 Plataforma IoT

A plataforma IoT é de extrema importância para a execução do projeto, isso porque ela conecta os dispositivos, coleta dados, faz análises e permite ao desenvolvedor e usuário acesso aos dados para manipulação e visualização dos dados respectivamente, tudo isso em tempo real, ou seja, caso haja algo irregular, imediatamente o usuário irá saber na hora que visualizar os dados. O projeto em desenvolvimento irá fornecer dados estatísticos do número de pessoas que frequentou o auditório.

Para o envio de dados NodeMCU/Plataforma Bora será feito por Protocolo de transferência de Hipertexto, conhecido como HTTP (HyperTextTransferProtocol). Esse protocolo trabalha com o modelo requisição e resposta, ou seja, o cliente envia a requisição do que está querendo e o servidor envia a resposta do desejo do usuário. No HTTP trabalharemos com o modo GET quem tem uma restrição ao tamanho dos dados passados para URL, porém é veloz.

4.2.5 Supervisório

O supervisório do projeto irá consistir em mostrar o controle de temperatura, os equipamentos que estão ligados e desligados e um modo de atuar no controle de temperatura ou de iluminação sendo assim irá receber e enviar informações aos equipamentos. A Figura 5 indica um exemplo de tela para supervisório.

Figura 4 - Esquemático de supervisório de um auditório

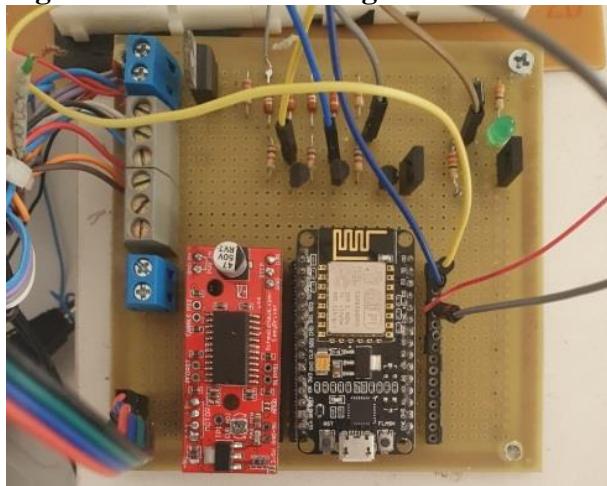


Fonte: (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2020)

5 RESULTADOS

Depois de todo o estudo conduzido, definições de componentes eletrônicos e interface a ser utilizada. Foi desenvolvido também o código para o funcionamento do protótipo, a interface na plataforma Bora e o site e aplicativo para serem feitas marcações. Após serem feitos testes e ajustes, foi criada também uma placa que contém toda a parte eletrônica da maquete, seguindo as normas necessárias e mantendo de maneira organizada. Essa placa é mostrada na Figura 5.

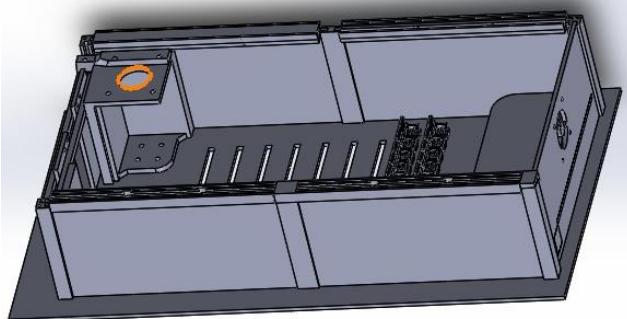
Figura 5 - Placa da montagem eletrônica da maquete



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a criação e montagem da maquete, foi utilizado uma impressora 3D. Utilizando o software SolidWorks, foi criada a estrutura da maquete. A Figura 6 indica a estrutura da maquete.

Figura 6 - Vista superior do projeto inicial do protótipo



Fonte: Elaborado pelos autores.

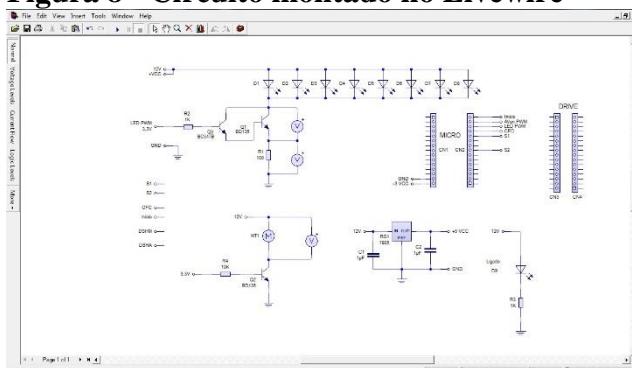
Com o design da maquete definido e testes realizados, a maquete foi impressa em impressora 3D. Antes de ser realizada a montagem da maquete, conectando os sensores, correia, entre outros equipamentos eletrônicos nela, foi montado no software Livewire o circuito esquemático eletrônico e simulado. A Figura 8 indica o circuito montado para simulação. Já assim regulando a tensão necessária para alimentar o cooler, leds e os fotodiodos. A Figura 7 mostra a maquete impressa e montada.

Figura 7 - Montagem final da maquete



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 8 - Circuito montado no Livewire



Fonte: Elaborado pelos autores.

A seguir, a Figura 9 mostra a placa do circuito eletrônico conectada a maquete com os testes já realizados e com os resultados esperados.

Figura 9 - Visão geral da maquete e circuito eletrônico

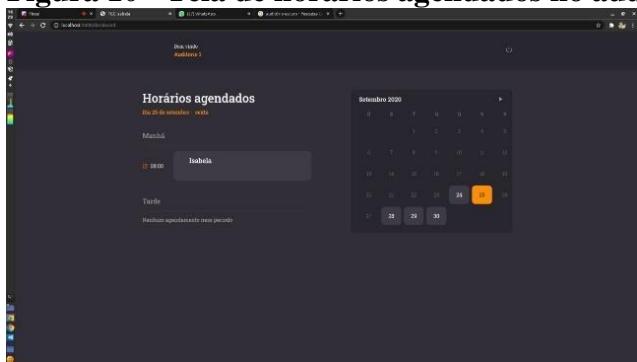


Fonte: Elaborado pelos autores.

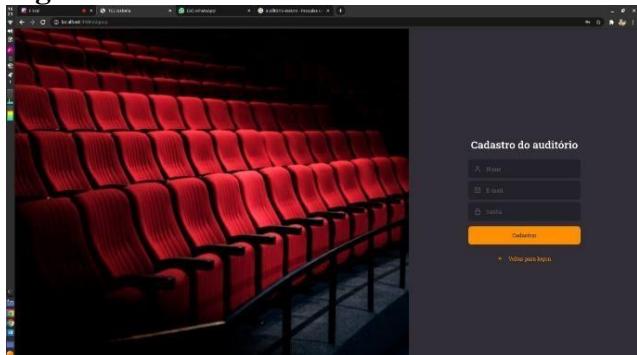
Na criação do site e aplicativo, que seriam utilizados para marcações de horário no auditório, acompanhamento dos horários disponíveis, indicação do responsável pela marcação e entre outras funções, foi utilizada linguagem typescript e o método de containers para o desenvolvimento do front-end e back-end de ambos.

Além disso, foi colocada na programação da mesma, uma rotina de comparação do horário real e horário marcado pelo usuário, assim será enviado um sinal para a plataforma de integração quando a hora indicada para o funcionamento do protótipo chegar. As Figuras 10 e 11 apresentam duas das telas criadas para a marcação e controle de agendamento no site.

Figura 10 - Tela de horários agendados no auditório

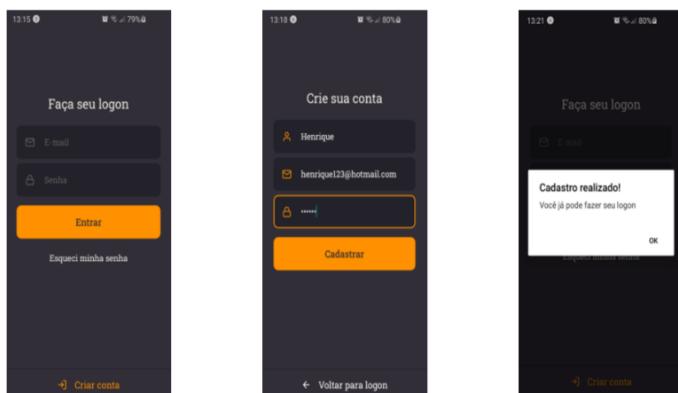


Fonte: Elaborado pelos autores.

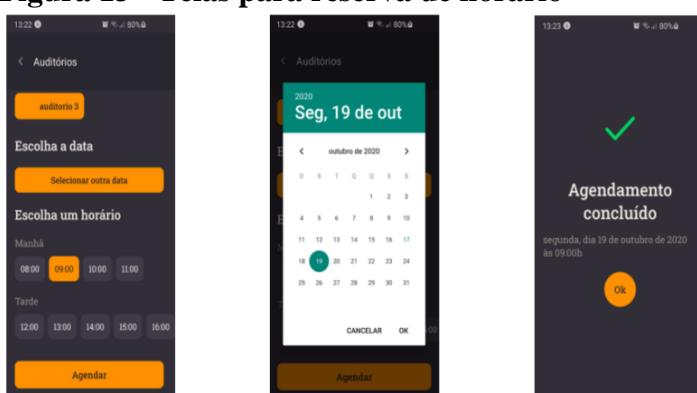
Figura 11 - Tela de cadastro do auditório no site

Fonte: Elaborado pelos autores.

As figuras 12 e 13 apresentam as telas criadas para cadastro e reserva de horário no aplicativo desenvolvido.

Figura 12 - Telas para criação de conta no aplicativo

Fonte: Elaborado pelos autores.

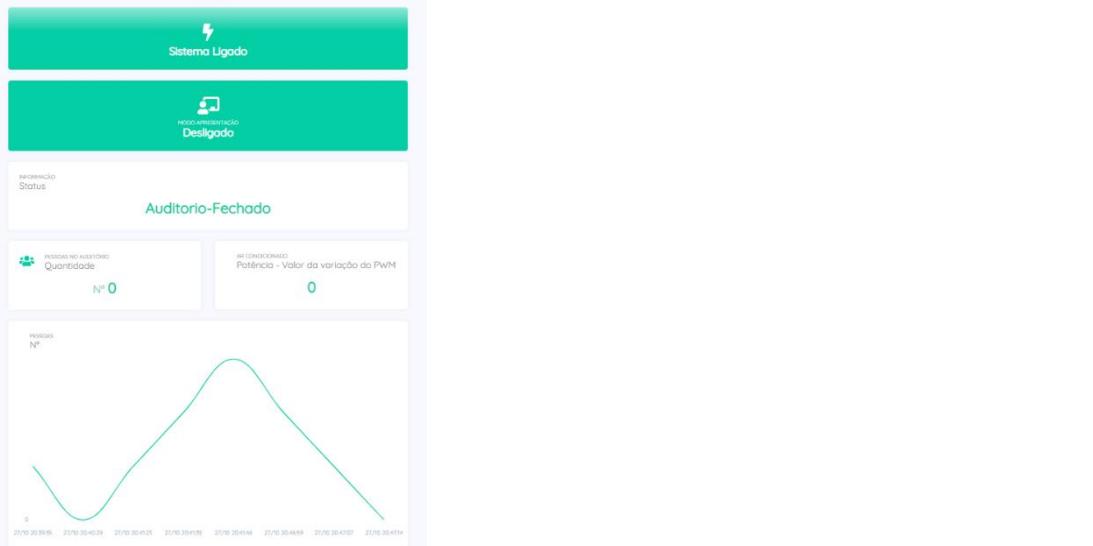
Figura 13 - Telas para reserva de horário

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com o site e aplicativo finalizados, foi utilizada a plataforma BORA, uma plataforma totalmente desenvolvida pelo aluno da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais do curso de Engenharia de Controle e Automação, Paulo Vitor Cruz de Souza (2019), com o intuito de aplicar e desenvolver o conhecimento acumulado durante o curso. Para fazer a interligação entre o aplicativo e a IDE do arduino. As informações são centralizadas na plataforma e quando chegar o momento do acionamento do auditório, o site envia um sinal para a plataforma que processa esse dado e reenvia para o Arduino executar sua programação. A interface ficou

definida de forma simples, em que se poderia trocar o modo para automático ou manual, apresentar se o sistema está ligado ou desligado, se o auditório vai ficar no modo apresentação ou inicial e o número de pessoas presentes, além do relatório mensal da quantidade de pessoas que frequentaram. A Figura 14 representa a tela criada na plataforma Bora.

Figura 14 - Tela da plataforma Bora

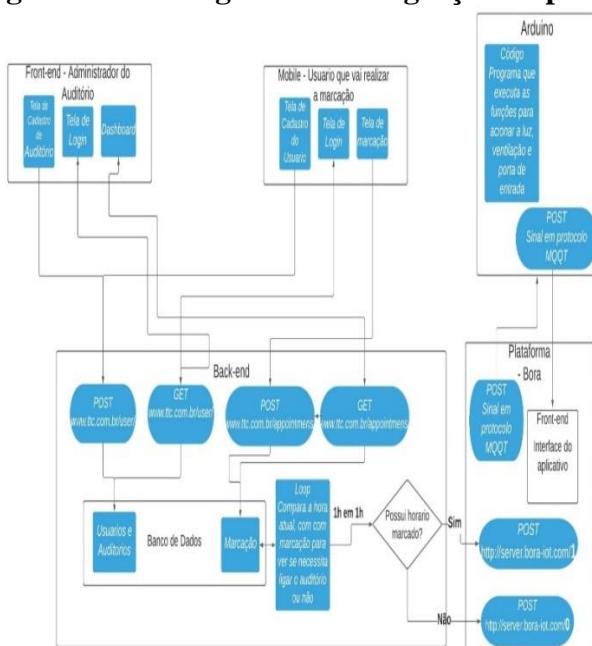


Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a criação do código que seria utilizado no arduino, foi necessário considerar as informações específicas que envolvem o componente NodeMCU para definição das portas e as definições de quais seriam as rotinas da iluminação, porta de entrada e refrigeração.

Com a programação feita e testada, foi necessário também adicionar algumas bibliotecas que permitiam a interligação entre Arduino e plataforma Bora. A Figura 15 nos mostra um fluxograma da interligação entre arduino, plataforma bora, site e aplicativo.

Figura 15 - Fluxograma de integração do processo



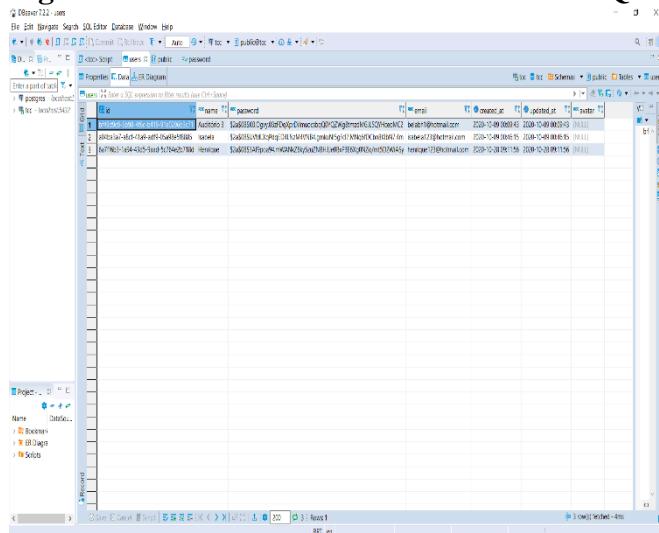
Fonte: Elaborado pelos autores.

5.1 Análises e Testes

5.1.1 Análises e testes do aplicativo para reserva

As análises e testes iniciaram com o aplicativo conforme mostrado na Figura 61 enviando a reserva para o banco de dados de acordo com a Figura 64 e este registrando o horário que seria enviado um sinal booleano para o botão Liga Sistema na plataforma IoT Bora ilustrado na Figura 16 que inicia a sequência de ação do processo.

Figura 16 – Tela banco de dados DBeaver SQL Server

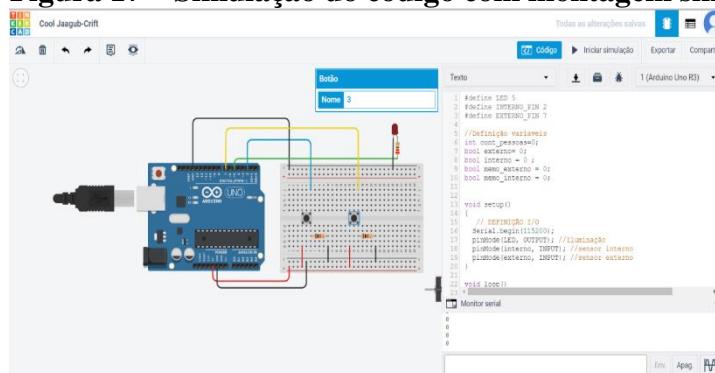


Fonte: Elaborado pelos autores.

5.1.2 Análises e testes da programação:

A programação foi validada após testes utilizando o software Thinkercad que possibilita simular o código e montar um circuito ilustrativo utilizando o Arduino, podendo ver o monitor serial e os sinais que o programa está recebendo e enviando conforme a Figura 17 que está simulando o processo do ar-condicionado do sistema.

Figura 17 – Simulação do código com montagem simples do sistema ar-condicionado



Fonte: Elaborado pelos autores.

5.1.3 Análises e testes da placa de controle

O sistema de automatização consiste em uma placa de controle geral gerenciada por um microcontrolador NodeMCU ESP8266MOD com as seguintes características:

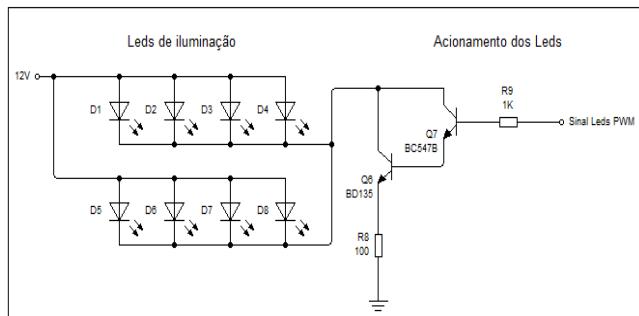
- a) Controle por PWM de iluminação composta por Leds.
- b) Controle por PWM da temperatura do ambiente através de eletro ventilador.
- c) Controle de Entrada e saída de pessoas.
- d) Controle de abertura e fechamento das portas corrediças de entrada do ambiente por meio de motor de passo (step motor).

5.1.4 Análise da placa eletrônica de controle

5.1.4.1 Controle de iluminação

O circuito apresentado pela Figura 19 mostra como o acionamento e controle de potência pode ser feito por sinal pwm gerado pelo microcontrolador. A interface de potência é composta por uma configuração darlington de transistores o que permite uma maior sensibilidade ao sinal de comando exigindo um valor mínimo de corrente ao controlador.

Figura 18 - Sistema de controle de iluminação por PWM em Leds

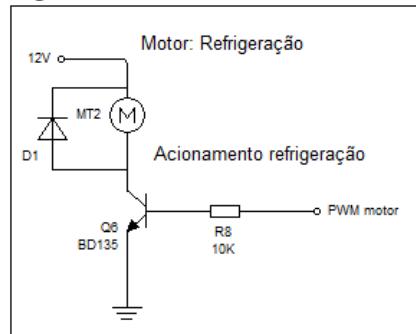


Fonte: Elaborado pelos autores.

5.2 Controle da intensidade do ar condicionado

O circuito de controle do ar é composto apenas por um transistor de média potência, em polarização fixa, com diodo de “roda livre” e acionado por sinal pwm do microcontrolador que pode variar a velocidade de um eletro ventilador com motor CC ou mesmo um controle on-off conforme a Figura 19. O controle do ar é feito através do fluxo de pessoas, ou seja, para um máximo de 10 pessoas no ambiente, existe uma escala que varia a potencia do mínimo ao máximo de acordo com o fluxo, porém se atingir o máximo de pessoas, não há restrição de entrada e o ar não irá aumentar mais a potencia pois já atingiu o máximo ao total de 10 pessoas.

Figura 19 - Sistema de controle de refrigeração (temperatura) por PWM em motor CC

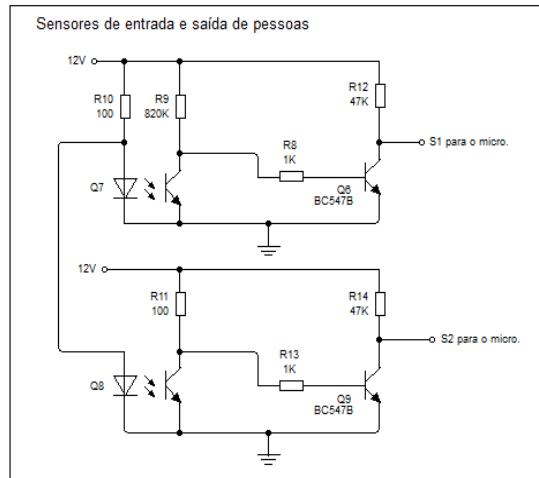


Fonte: Elaborado pelos autores.

5.3 Controle de fluxo de pessoas no ambiente

Feito com sensores do tipo foto diodo e foto transistor estes sensores foram conectados a uma configuração bem sensível de transistores, esses então geram pulsos para contagem de pessoas que entram ou saem do ambiente. As pessoas são direcionadas a passar pelos respectivos sensores posicionados na entrada (internos) e na saída (externo). Detalhe na Figura 20 do circuito de polarização dos transistores.

Figura 20 - Sistema de controle de fluxo de pessoas no ambiente

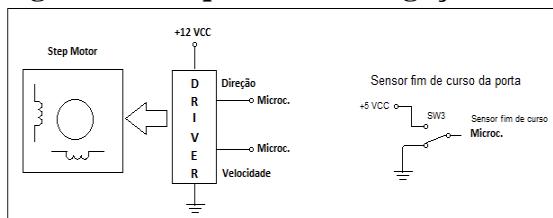


Fonte: Elaborado pelos autores.

5.4 Controle de abertura e fechamento das portas corrediças

O sistema de abertura e fechamento das portas é feito na maquete através de um motor de passo de quatro fios. Na placa de controle se encontra um step driver para gerar sinais de acionamento dos enrolamentos assim como fornecer potência elétrica suficiente para o acionamento. O micro controlador gera os sinais de direção e velocidade (frequência) para o motor de passo. Um sensor fim de curso também faz parte do sistema gerando um limite de abertura conforme a Figura 21.

Figura 21 - Esquemático de ligação do Driver, motor e sensor fim de curso.

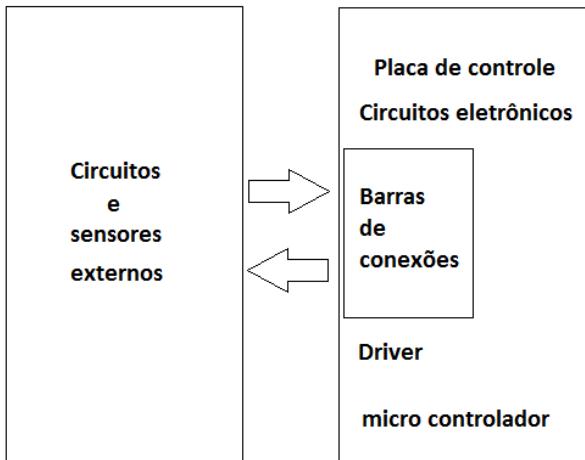


Fonte: Elaborado pelos autores.

5.4.1 Diagrama de conexões

Os circuitos externos e internos são apresentados a seguir. A placa do protótipo utilizada foi do tipo universal com conexões na parte inferior. As conexões com os circuitos externos e sensores foram feitas através de conectores do tipo “barra de bornes fixada na placa de controle conforme o esquemático da Figura 22.

Figura 22 - Diagrama de blocos das conexões do circuito



Fonte: Elaborado pelos autores.

5.4.2 Análises e testes da interface Software e Hardware final

Após a validação do funcionamento do sistema aplicativo/plataforma, plataforma/Programação e programação/eletrônica conseguimos testar funcionamento na maquete e concluir os testes e análises, sendo necessária uma fonte de 12 Volts.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através de testes e simulações ficaram dentro do esperado, uma vez que foram ajustadas as configurações para o funcionamento da eletrônica e comunicação. Um projeto de IoT simulado em uma maquete possui muitas etapas, sendo elas de Hardware e Software. A comunicação entre o site, plataforma de IoT e a IDE do Arduino rodou de forma rápida conforme o planejado, considerando que foi utilizado o sistema de containers. A eletrônica foi pré-planejada e simulada, tornando a placa de controle ajustada para as diferentes tensões e correntes conforme a necessidade de alimentação de cada componente, evitando também qualquer tipo de mau contato. A maquete em si foi desenhada e impressa conforme o projeto, sendo assim, ficou com acabamento próprio.

O sistema performou de forma estável para um protótipo, mas deve haver ajustes caso venha ser implantando de forma real em um auditório, podendo ser substituído por outros componentes mais robustos.

Como perspectivas futuras para a continuidade deste trabalho estamos propondo: adicionar um controle de velocidade ao cooler por temperatura, fazer o controle de gastos energéticos do sistema de iluminação e sistema de refrigeração, implementar em um auditório real da PUC Minas, permitir a marcação de assentos no aplicativo.

Em suma, o desenvolvimento do protótipo do auditório integra praticamente um pouco de cada disciplina cursada na engenharia, sendo dinâmica e didática, apresentando resultados concretos e possibilidades futuras de aperfeiçoamento.

REFERÊNCIAS

BRAGA, Newton. **O básico sobre os microcontroladores.** [S. l.]: Instituto Newton C. Braga, 2016. Disponível em: <https://newtoncbraga.com.br/index.php/electronica/52-artigos-diversos/13263-o-basico-sobre-os-microcontroladores-parte-1-mic139>. Acesso em: 30 mar. 2020.

NOVAES, Rafael. O que é e para que serve a IDE. *In:* Psafe blog, [S. l.], 2014. Disponível em: <https://www.psafe.com/blog/o-que-serve-ide/>. Acesso em: 30 mar. 2020.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Ytimg 1.1 pip install ytimg**. 22 Dec. 2020. Disponível em: <https://i.ytimg.com/vi/85hOsj6rbBE/maxresdefault.jpg>. Acesso em: 22 abr. 2020.

SOUZA, Paulo Vitor Cruz de. **BORA App**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

PUBLICA

PUBLICAÇÕES DOS
TRABALHOS DA
ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO

CRIATIVIDADE, INSPIRAÇÃO, PROATIVIDADE E INOVAÇÃO

PÓS-GRADUAÇÃO



PUC Minas

Sistema automático de coleta de dados de expedição e recebimento utilizando sistema RFID

Estevão Leal*
 Vinícius Teixeira Gomes*
 Thiago Magno Soares Barbosa*
 Danilo Cesar Procópio*
 Paulo Vinicus Santos Brum*
 Lucas Machado Barbosa de Faria*
 Luiz Paulo Horta Torres*
 Jedson Alessandro Damasceno**

RESUMO

Um dos principais desafios e quebra de paradigmas no Brasil está relacionado à logística. Isso deve-se ao fato de que na maior parte das organizações, a logística ainda é vista apenas como parte operacional. Todavia, com a maturidade das organizações, a parceria dos setores (públicos e privados) e a integração de todas as atividades ao longo da cadeia de valores, desde à geração de matérias-primas à entrega do produto final, tende a promover a logística um enfoque operacional para adquirir um caráter estratégico. Diante de tal prerrogativa, neste artigo, apresentamos um estudo de caso relacionado à implantação da tecnologia RFID como parte integrante de um sistema automático de coleta de dados de expedição e recebimento de materiais no qual, com a sua implantação, trará um aumento de produtividade e uma maior eficiência na entrega dos produtos.

Palavras-chave: Logística. Sistema RFID. Eficiência. Produção. Rastreabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Em 1945, Léon Therenin inventou um dispositivo de escuta para a União Soviética que retransmitia ondas de rádio. As ondas sonoras vibravam um diafragma que alterava ligeiramente a forma do ressonador modulando a frequência de rádio refletida.

Embora esse dispositivo fosse utilizado para fins de escuta secreto, este é considerado o antecessor da identificação por frequência de rádio (RFID) face à mútua similaridade.

Tornar o processo logístico mais rentável, eficiente e ágil representa os principais objetivos dos stakeholders do setor. Desta maneira, os investimentos em inovação são fundamentais para estimular o desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos de trabalho para o setor.

Uma das ferramentas em questão é chamada de tecnologia RFID (Radio Frequency Identification), ou seja, Identificação por Radiofrequência.

Portanto, o principal objetivo do RFID é o monitoramento/rastreabilidade do material em seus diversos elos na cadeia de suprimentos sendo uma peça fundamental na gestão de fluxo de materiais. Dessa maneira, o sistema RFID tem sido substancialmente implantado garantindo maior agilidade e segurança nos processos relacionados à movimentação de mercadorias.

* Alunos do curso de MBA em Indústria 4.0 da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professor do curso de MBA em Indústria 4.0 da PUC Minas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Funcionalidades do Sistema RFID

O sistema RFID é capaz de identificar/monitorar individualmente cada produto, inclusive registrando informações técnicas e permitindo sua rastreabilidade.

Todavia, para que seu funcionamento ocorra, há a necessidade de interface de alguns equipamentos, como:

- a) Impressoras;
- b) Etiquetas anexadas aos materiais;
- c) Antenas e leitores posicionados estrategicamente;
- d) Sistema de gestão para o gerenciamento de dados.

Com a escolha correta dos equipamentos, as organizações estabelecem as bases necessárias para a implantação.

As etiquetas fixadas nos produtos, embalagens e insumos, possuem componentes eletrônicos que registram o número de série, o modelo e os dados do fabricante.

O leitor é o instrumento utilizado para capturar os dados codificados pelas etiquetas. Portanto, a partir deste, são realizados a leitura, o processamento e o armazenamento por meio do sistema isolado.

A fase seguinte requer a integração entre as ferramentas de controle de estoque, documentando, dessa forma, as entradas e saídas.

2.2 Descrição do Negócio

A COEX S/A, empresa de manufatura sediada em Contagem/MG, possui, dentro da sua unidade industrial, um processo de recebimento e expedição executado manualmente por operadores a partir dos seguintes procedimentos:

A) Todo o material que chega é separado em um local distinto nos quais são agrupados por nacional e importado;

B) Um operador irá coletar esses materiais, fazer abertura das caixas e dar entrada com todos os dados no sistema ERP como fornecedor, código do material do fornecedor, código da data de fabricação, lote, nível de sensibilidade e quantidade.

O estudo de caso objeto desse artigo prevê, com a implementação do sistema RFID na coleta de dados de expedição e recebimento de materiais, a redução substancial no fluxo de produção, ou seja, com a instalação de portais e etiquetas RFID, as atividades de coleta e inserção de dados no sistema ERP será todo automatizado.

O processo de implementação de tags de identificação por frequência de rádio - *Radio Frequency Identification* (RFID) consistirá em portais nas entradas/saídas nos quais, assim que o material estiver passando, todas as informações inseridas na etiqueta estarão automaticamente lançadas no sistema de gestão da COEX S/A. É muito importante afirmar que existe uma premissa de sincronismo com os fornecedores onde os mesmos irão fornecer a matéria prima já com TAGs RFID com os respectivos dados gravados.

2.3 Business Case

A análise do modelo de negócios foi baseado na aplicação do estudo de viabilidade técnica nos quais, a partir de uma equipe multidisciplinar, foram inicialmente especificados todos os equipamentos necessários para a implantação do sistema RFID.

Portanto, nessa fase, foram emitidos, como atividade predecessora ao processo de cotação, as requisições técnicas dos portais RFID, impressores e scanners.

Na etapa subsequente, foram listados e, por conseguinte, cotados, as atividades relacionadas à execução englobando implantação, comissionamento, start-up, operação assistida e treinamento.

A tabela abaixo explicita o custo total do investimento e o respectivo pay-back, este, referenciado pela redução de custo proporcionado por essa implantação.

Tabela 1 - Custo total do investimento

Custos de Equipamentos			
Descrição	Qtd.	Valor Unitário	Total
Totem	6	R\$1.200,00	R\$7.200,00
Antena	6	R\$3.945,00	R\$23.670,00
Leitor Fixo	3	R\$7.500,00	R\$22.500,00
Leitor Manual	3	R\$9.500,00	R\$28.500,00
Impressora	2	R\$9.203,00	R\$18.406,00
Etiquetas	5	R\$2.999,00	R\$14.995,00
Custos de Serviços			
Montagem	-	-	R\$25.000,00
Engenheiro Rfid	-	-	R\$14.400,00
Engenheiro Ti	-	-	R\$19.200,00
Especialista Sap	-	-	R\$48.000,00
Gerenciamento	-	-	R\$36.000,00
Custo total			R\$236.468,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Com a implantação dos sistemas haverá uma redução de 6 frentes de trabalho sendo:

- a) 2 recursos de mão-de-obra no recebimento;
- b) 2 recursos de mão-de-obra no estoque;
- c) 2 recursos de mão-de-obra na expedição.

O custo mensal por colaborador incluindo salário, benefícios e todos os encargos empregatícios corresponde a um valor de R\$6.500,00. Com o remanejamento dessa mão de obra na empresa, haverá uma economia mensal para o setor logístico de R\$39.000,00 mensais gerando uma payback simples de 6 meses. Não estão sendo considerados a taxa de depreciação e custos de manutenção devido ao baixíssimo valor desses índices.

2.4 Equipe

Para acompanhamento na execução do projeto, serão previstos a formação de dois times distintos:

Time interno: utilizando a Metodologia Ágil, através do framework Scrum, será composto pelo Scrum Master, Product Owner, engenheiro de automação, analista de negócios, engenheiro industrial e um analista comercial.

Time externo: serão requeridos um gerente de projetos, especialista de automação, especialista SAP, analista de TI e equipe de montagem.

Relacionado a etapa posterior à implantação, a COEX S/A deverá promover treinamentos operacionais à toda equipe de manutenção para que eles sejam agentes multiplicadores dentro da organização.

A COEX S/A terá a oportunidade de, utilizando desse projeto pioneiro a ser

implementado em sua matriz, buscar adotar tal sistema nas suas demais unidades que compõem todo o grupo.

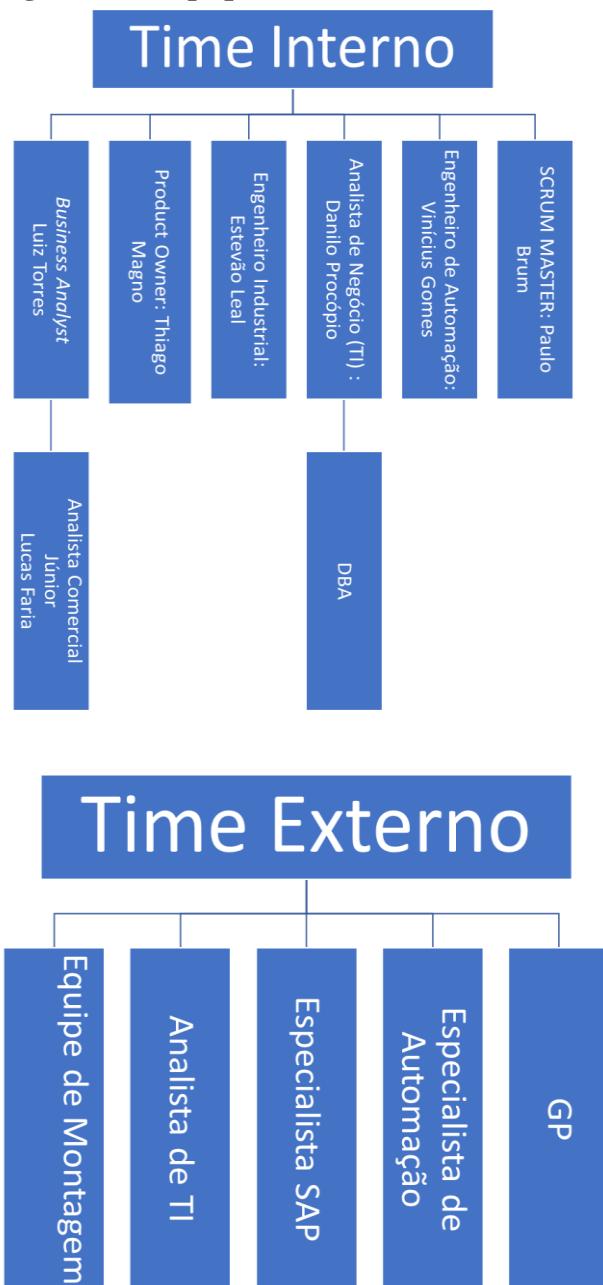
Os setores, cargos e responsabilidades de cada profissional estão apresentados nos quadros a seguir.

Quadro 1 - Atividades a serem desenvolvidas

Atividades a serem desenvolvidas	
Scrum Master	Orientar Metodologia Ágil, gerenciar riscos e enfrentar impedimentos.
Engenheiro de Automação	Liderar toda automação envolvida, garantir integração entre hardware e software e funcionalidades esperadas.
Analista de Negócio (TI)	Garantir o cumprimento dos requisitos de sistema e infraestrutura relacionados à Tecnologia empregada no projeto
Engenheiro Industrial	Liderar a cronoanálise do novo processo, estabelecer o novo balanceamento em tempo real do ganho para validar as alterações no processo quanto às atividades e mão de obra envolvida.
Product Owner	Realizar interface com o cliente, priorizar funcionalidades que geram valor e registrar backlog do desenvolvimento
Business Analyst	Gerenciar pagamentos, fluxo de caixa e questões comerciais do projeto.
Analista Comercial Júnior	Analizar contratos com fornecedores e profissionais terceirizados e auxiliar o Business Analyst

Fonte: Reuniões internas COEX S/A

Figura 01 – Equipes



Fonte: Reuniões COEX S/A e empresa externa.

2.5 Metodologia Ágil

Com a consolidação do estudo de viabilidade técnica no qual definiu-se o objeto de contratação via turn-key e com a equipe que responderá por todo o processo de implantação definida, as etapas de desenvolvimento deverão respeitar o seguinte roteiro:

- Semana 1: definição dos potenciais proponentes a participarem do processo de concorrência;
- Semana 2: emissão da especificação técnica para contratação;
- Semana 3: realização de reuniões de nivelamento com os proponentes;
- Semana 4: recebimento das respectivas propostas técnicas;

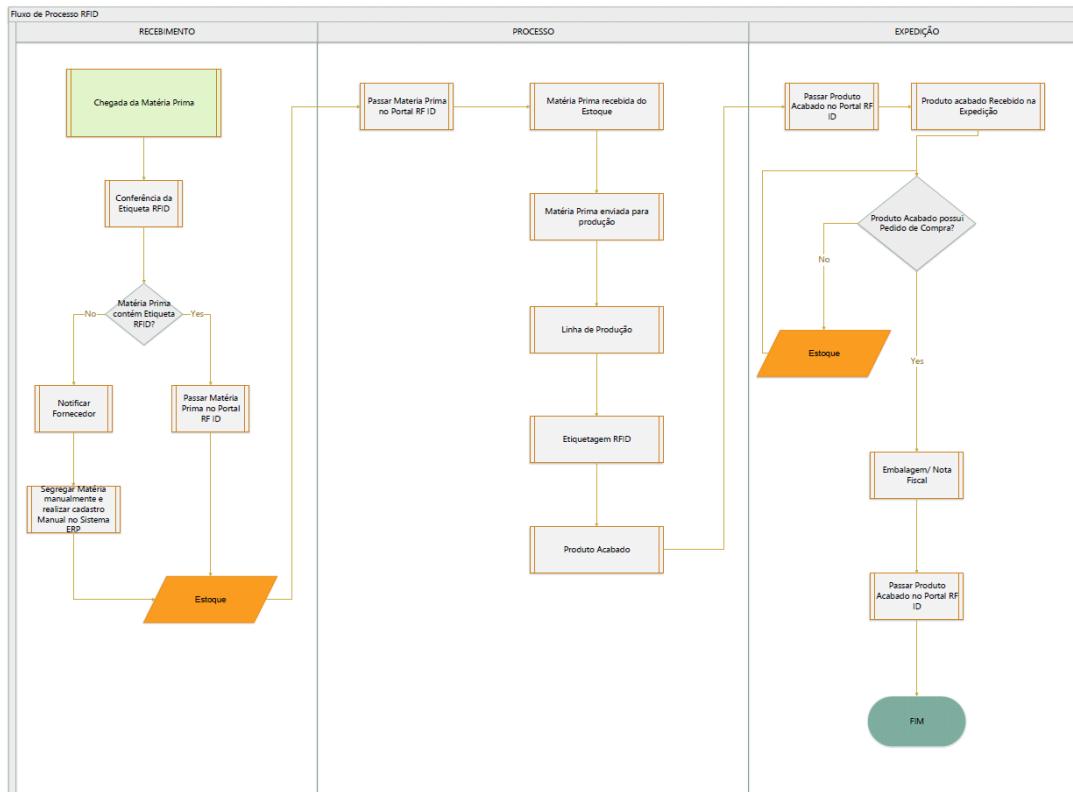
- e) Semana 5: equalização técnica das propostas técnicas;
- f) Semana 6: definição do proponente vencedor;
- g) Semana 7: realização da reunião de kick-off meeting;
- h) Semana 8: validação do cronograma físico de implantação com a definição dos entregáveis;
- i) Semanas 9 a 12: período de desenvolvimento;
- j) Semana 13: Testes de Aceitação de Fábrica (TAF);
- k) Semana 18: entrega dos equipamentos;
- l) Semanas 19 a 23: execução de montagem eletromecânica;
- m) Semana 24: comissionamento e start-up;
- n) Semanas 25 a 27: operação assistida e treinamento.

Conforme preconiza a metodologia ágil, além do roteiro supracitado, serão realizados reuniões diárias com a equipe buscando alinhar as expectativas e mapear eventuais gargalos que poderão, de alguma forma, comprometer o andamento das atividades.

2.6 Tecnologias

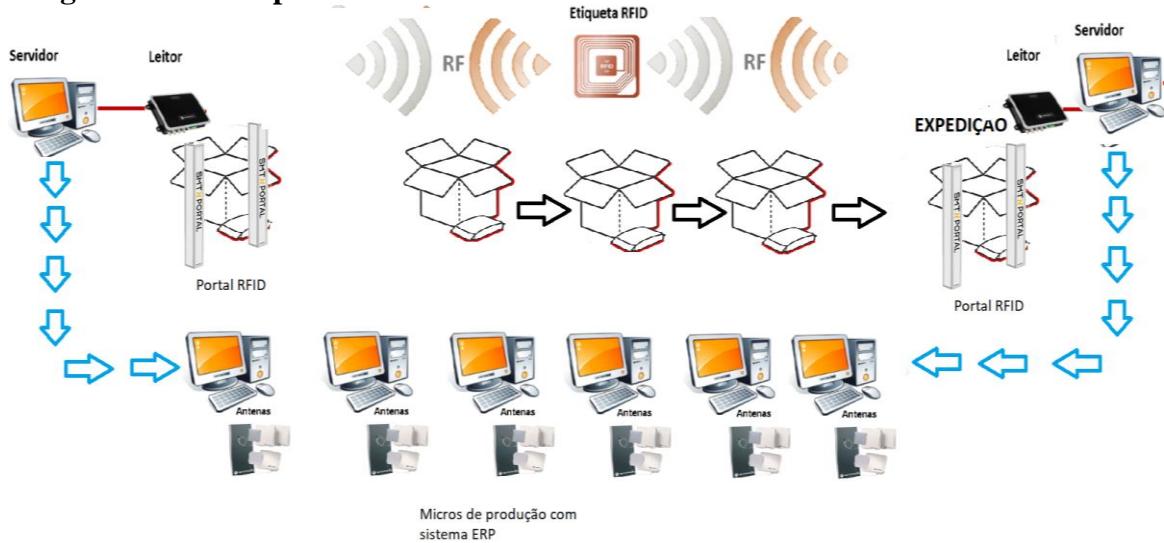
Pensando no melhor ganho de uso da tecnologia, iremos posicionar todos os equipamentos da infraestrutura RFID conforme estrutura abaixo:

Figura 02 – Fluxo de Processo



Fonte: Desenvolvimento interno COEX S/A

Figura 03 – Exemplo do fluxo dos dados



Fonte: Desenvolvimento interno COEX S/A

- Teremos um Portal RFID localizado na área de recebimento. Teremos nesse portal as antenas RFID instaladas e conectadas com o leitor RFID, que será responsável por receber os dados das antenas e armazenar toda a informação no servidor. O leitor RFID é diretamente conectado na rede da empresa sendo capaz de acessar o banco de dados. Todos os dados relacionados à matéria-prima serão armazenados.

- Um serviço instalado nos servidores será responsável por processar todos os dados coletados pelas antenas e leitores RFID e cadastrar a matéria-prima no sistema ERP, eliminando assim a intervenção humana nesse processo.

- As impressoras RFID serão responsáveis por gerar as etiquetas utilizadas no processo de montagem do produto final. Em todo o processo produtivo teremos leitores RFID para registrar as etapas de montagem do produto final, assim, os operadores precisarão apenas aproximar os produtos no leitor da respectiva etapa e o histórico do produto será atualizado automaticamente.

- Com o produto final já etiquetado com a etiqueta RFID, o processo de expedição será simplificado. Com um portal RFID instalado na área de expedição, os produtos apenas precisarão passar pelo portal, onde as antenas em conjunto com o leitor RFID irão coletar os dados das etiquetas e enviar para os servidores nos quais todos os dados serão armazenados no banco de dados. Teremos um serviço instalado no servidor que será responsável por processar esses dados e executar o processo para gerar as notas fiscais dentro do sistema ERP. Todos os dados serão validados em conjunto com as ordens do cliente, eliminando assim a necessidade de contagem e separação de produto acabado manualmente para expedir.

2.7 Integração IT/OT e transformação digital

A intensificação do processo de globalização da economia entre os mercados tem imposto uma crescente necessidade de melhoria da competitividade de todos os setores industriais. Para fazer frente a essa demanda, é imprescindível o aumento da produtividade e aprimoramento da qualidade de produtos e serviços, assim como a redução de custos de fabricação.

Na visão de Slack, Chambers e Johnston (2009), as empresas são selecionadas pelo mercado em função de suas capacidades de superar os concorrentes no atendimento dos objetivos de desempenho, assim considerados por Carvalho et al. (2004): custo, qualidade,

flexibilidade, inovação, velocidade, confiabilidade.

Esses objetivos são definidos pela perspectiva do cliente e atingidos por meio da estratégia definida pela empresa.

Portanto, na busca dessa excelência, objetiva-se, dentre outros, uma automação abrangente em seus processos sendo que, a nível operacional, tem-se aprimorado a integração dos ativos da Tecnologia da Informação (TI) e da Tecnologia da Automação (TA), ambas com propósitos distintos mas passíveis de convergência.

Ou seja, o propósito dessa convergência entre os times TI e TA é estabelecer um ambiente colaborativo que beneficie a melhoria contínua das atividades correlacionadas por meio da implementação contínua de novas ferramentas sistêmicas de monitoramento e controle de produção.

2.8 Medição de resultados

A partir Peter Drucker, um dos precursores da Teoria da Administração, onde define que “o que pode ser medido, pode ser melhorado”, a avaliação contínua de resultados é parte integrante relacionada ao sucesso de uma organização.

Visando adaptar-se às mudanças em meio a mercados cada vez mais competitivos, as organizações têm buscado conhecer e utilizar novas ferramentas de gestão como o KPI (Key Performance Indicator), ou seja, Indicador Chave de Performance.

Portanto, a principal função de um KPI é medir o desempenho de um negócio assegurando que os processos em curso estejam de acordo com os princípios e objetivos pré-estabelecidos.

Especificando no estudo de objeto do artigo, estarão sendo monitorados os seguintes itens:

- a) Indicadores de produtividade;
- b) Indicadores de qualidade;
- c) Indicadores de capacidade de produção;
- d) Indicadores estratégicos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação do sistema automático de coleta de dados de expedição e recebimento utilizando portais RFID é extremamente viável, com baixo pay-back e, quando implementado, trará substanciais ganhos de produção e eficiência no processo produtivo da COEX S/A.

Não obstante, a reotimização e visão disruptiva na integração entre os times de TI e TA provocados por essa implantação fará com que a organização implemente, com maior assertividade, a melhoria contínua nos respectivos processos de produção.

REFERÊNCIAS

ABRAHAMSSON, P.; SALO, J. **Agile software development methods**: review and analysis. Finland: VTT Electronics, 2002.

ARC ADVISORY GROUP. **Collaborative manufacturing management strategy**. Boston: ARC Advisory Group, 2006.

CHASE, R.B.; AQUILANO, N. J.; JACOBS, F. R.: **Administração da produção para a vantagem competitiva**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CASTRUCCI, P. B. L; MORAES, C. C. **Engenharia de automação**. 2. ed. São Paulo: LTC Livros técnicos e científicos, 2007.

FERNANDES, A.; ABREU, V. **Implantando a governança de TI**: da estratégia à gestão dos processos e serviços. Rio de Janeiro: Braspot, 2006.

GAIDZINSKI, V. H. **A tecnologia da informação no chão de fabrica**: as novas ferramentas e a gestão integrada da informação. 2003. Dissertação (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://tede.ufsc.br/teses/PEPS3743.pdf>. Acesso em: 25 out. 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas: 2002.

Indústria 4.0, Sistema RFID: eficiente alternativa para rastreamento automatizado de veículos em pátios de agências locadoras

Diego Augustus Senna*
 Eric Ranieri Queiroz*
 Deivison Ribeiro Moraes*
 Eduardo Valadão Mello*
 Junio Ribeiro de Paula*
 Jedson Alessandro Damasceno**

RESUMO

O advento da Indústria 4.0 condicionou mercado muito mais competitivo. Para garantir a continuidade dos negócios, as organizações devem evitar a perda de recursos onde for possível. Em grandes locadoras de veículos, o processo de recebimento e vistoria de veículos é, muitas vezes, realizado de forma ainda manual e, devido a erros, alguns automóveis acabam perdidos temporariamente ou permanentemente. Neste artigo, explora-se a possibilidade de aplicação da tecnologia RFID, considerando a instalação de leitores nas entradas e saídas de pátios e afixação de tags nos veículos. Conclui-se que o investimento é viável, mesmo ao ponderar necessidades específicas do setor.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Locadoras de veículos. Rastreamento. Tags RFID. Sistemas em nuvem.

ABSTRACT

The advent of Industry 4.0 has made the market much more competitive. To ensure business continuity, organizations must avoid wasting resources wherever possible. In large car rental companies, the process of receiving and inspecting vehicles is often done manually and, due to errors, some cars end up being temporarily or permanently lost. In this article, the possibility of applying RFID technology is explored, considering the installation of readers at the entrances and exits of courtyards and the affixation of tags to vehicles. It is concluded that the investment is viable, even when pondering specific needs of the sector.

Keywords: Industry 4.0. Car rental companies. Tracking. RFID tags. Cloud systems.

1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 representa marco de profunda ruptura com modelos tradicionais de negócios. O cenário tornou-se muito mais volátil, e empresas dos mais diversos setores precisam estar alinhadas – com alta velocidade de percepção e reação – às tendências de mercado, que alteram a todo instante (KAGERMANN *et al.*, 2016).

Diversas tecnologias digitais estão cada vez mais disponíveis e organizações de sucesso devem ser capazes de identificar oportunidades de adaptá-las e aplicá-las, preferencialmente em conjunto, em momentos oportunos, de forma a manter vantagem competitiva e atingir maior nível de eficiência.

* Alunos do curso de Pós-Graduação em MBA em Indústria 4.0 da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas).

** Professor do curso de Pós-Graduação em MBA em Indústria 4.0 da PUC Minas.

Neste artigo, uma possibilidade de aplicação do contexto da Indústria 4.0 em locadoras de veículos é apresentada. São expostos os desafios do negócio, a solução proposta, os diferenciais de inovação, o time, a metodologia de desenvolvimento, as tecnologias aplicadas, a transição cultural para a transformação digital, as alternativas para medição de resultados e os *players* mais relevantes do ecossistema.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O que a Indústria 4.0 representa?

A Indústria 4.0, ou “*Industrie 4.0*”, foi inicialmente desenvolvida como política pública do governo alemão. Outros países rapidamente reagiram e iniciaram suas próprias pesquisas. As tecnologias relacionadas à Quarta Revolução Industrial derivam da revolução digital e muitas delas estão disponíveis no mercado há algum tempo. O diferencial está em saber aplicá-las em conjunto, moldando estratégia unificada (RODRIGUES; JESUS; SCHÜTZER, 2016). Operações 4.0 são fortemente apoiadas por utilização de dados digitais, baseada em tecnologias como Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) e *Big Data* (LENZ; WUEST; WESTKÄMPER, 2018).

No mundo 4.0, clientes são mais exigentes, e produtos e processos são mais complexos e apresentam reduzido ciclo de vida. Sistemas tradicionais de automação falham ao tentar seguir essas tendências (GORECKY; KHAMIS; MURA, 2017). Empresas precisam adaptar estratégias para preencher o espaço entre sistemas de produção, função e design. Em cenário tão competitivo, não se pode perder eficiência em processos que são passíveis de aprimoramento (SYNNES; WELO, 2016).

Para realizar a transição para a Quarta Revolução Industrial, mudanças culturais são também essenciais, e o interesse em pesquisas voltadas ao gerenciamento do conhecimento e do aprendizado é crescente (SENNA; RIBEIRO, 2020). Funcionários e máquinas passam a colaborar ativamente no ambiente de trabalho, ocorrendo fusão de responsabilidades (ANSARI; GLAWAR; NEMETH, 2019). Empregadores e empregados precisam estar igualmente comprometidos com o desenvolvimento da cultura digital (HARIHARASUDAN; KOT, 2018).

2.2 Descrição do Negócio

Este estudo considera como clientes as locadoras de veículos de médio e grande porte. Nelas, o processo de recebimento, registro e vistoria de automóveis nos pátios é, muitas vezes, realizado de forma manual. Quando o veículo é direcionado ao pátio, um funcionário o recebe e, manualmente, deve registrar a entrada, realizar a vistoria, anotar características e eventuais avarias e passar as informações para o setor responsável por controlá-las.

Consequentemente, caso ocorra algum erro de registro, informações deixam de ser catalogadas ou acabam inseridas no histórico do veículo errado. Portanto, nem sempre a localização exata de todos os automóveis é conhecida, o que resulta em dores do cliente: conforme depoimentos de funcionários, é necessário percorrer frequentemente os pátios para procurar veículos perdidos, desperdiçando recursos financeiros – em transporte e combustível – e tempo que poderia ser direcionado à realização de tarefas produtivas. Alguns veículos, no pior dos cenários, acabam perdidos de forma permanente.

A instalação de *tags* de identificação por frequência de rádio - *Radio Frequency Identification* (RFID) nos veículos, bem como leitores em locais de entrada e saída dos pátios, apresenta amplo potencial de aplicação para amenizar ou eliminar os problemas. Adicionando um aplicativo móvel para os celulares dos funcionários e a conexão, em nuvem, com o sistema geral já existente na locadora, pode-se obter solução robusta que abre muitas possibilidades.

O método poderia propiciar: i) maior automação; ii) menor incidência de erros humanos; iii) redução da perda temporária e do furto de veículos; iv) aumento da produtividade dos funcionários, que realizariam as vistorias mais rapidamente e deixariam de perder tempo procurando veículos; v) diminuição do desperdício de recursos financeiros com transporte e combustível; vi) maior controle sobre a frota, com visão mais completa e robusta de toda a operação; vii) possibilidade de exploração de dados utilizando *Big Data* e mineração de dados - *Data Mining* (DM).

2.3 Business Case

As frotas de médias e grandes locadoras de veículos são compostas por dezenas – ou mesmo centenas – de milhares de unidades. A perda temporária ou definitiva de alguns automóveis, embora pequena em relação ao total, causa consideráveis prejuízos.

Veículos de maior valor dificilmente são perdidos. Além de existir maior nível de controle, representam parcela muito pequena do total. Automóveis de valor intermediário ou reduzido, que apresentam aparência comum e estão presentes em maiores quantidades, são aqueles tipicamente envolvidos em casos de perda.

Tomando como referência o valor de R\$ 40.000,00 para um automóvel típico, com algum tempo de uso, e considerando a perda definitiva de cinco veículos mensalmente – estimativa ainda minimizada, segundo depoimentos de funcionários –, haveria prejuízo de R\$ 200.000,00.

Além das perdas definitivas, deve-se considerar as temporárias. Enquanto veículos não são localizados ou demoram a ser transportados, caso exista restrição momentânea do inventário, a locadora pode precisar fornecer automóveis de categoria superior para não perder locações. Tomando como referência um aluguel típico de 5 dias e considerando o fornecimento desnecessário de 100 carros superiores mensalmente, com diferença de ticket médio (valor de diária) igual a R\$ 40,00, um lucro potencial de R\$ 20.000,00 poderia deixar de ser obtido.

Quando o veículo é considerado perdido, um funcionário deve dedicar tempo à exaustiva tarefa de localizá-lo e recuperá-lo, seja no próprio pátio ou visitando outras agências. Consequentemente, depende do aporte de recursos financeiros adicionais, seja em combustível, seja em táxis. Esse valor é muito variável e não pode ser facilmente quantificado. Por isso, será desconsiderado nesta simulação, o que indica economia ainda maior que a estimada.

Conclui-se que, para o valor total de exemplo, se 80% dos casos de perda deixassem de ocorrer, seriam economizados, mensalmente, pelo menos R\$ 176.000,00.

Para determinar a viabilidade do investimento, é necessário estimar custos e valores finais de venda dos componentes do sistema para a locadora. Os dados, expressos em função de cada componente, estão apresentados na Tabela 1. Grande empresa brasileira, com aproximadamente 500 agências – e dois leitores por unidade, uma entrada e uma saída – e frota de 200.000 veículos, foi adotada como referência.

Tabela 1 - Custos e valores de venda dos componentes do sistema (em R\$)

Item	Qtd.	Custo	Valor Revenda	Lucro Total	Revenda Total
Tags RFID	200.000	3	6	600.000	1.200.000
Leitores	1.000	1.200	1.500	300.000	1.500.000
Instalação	1.000	200	300	100.000	300.000
Sistema	1	80.000	200.000	120.000	200.000
			Total	1.120.000	3.200.000

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Para o valor total de investimento proposto, haveria *payback* em:

$$Pb = R\$ 3.200.000,00 / R\$ 176.000,00 = 18,2 \text{ meses}$$

Tendo em vista que os valores adotados para o prejuízo podem ser considerados conservadores – diante do tamanho da frota em questão – e que, excetuando-se o valor referente ao software, o investimento não seria realizado a curto prazo, mas gradualmente, conclui-se que há justificativa mais do que suficiente para que as locadoras tenham interesse em implementar o sistema.

2.4 Inovação

O projeto não será inovador apenas por integrar tecnologias associadas à Indústria 4.0, mas também por apresentar solução completa, adaptada e pronta para atender às necessidades das locadoras. A tecnologia RFID já existe no mercado e o hardware pode ser adquirido de fornecedores. Existem, também, empresas que comercializam sistemas RFID para o controle de circulação de veículos em condomínios, edifícios comerciais e outros locais de acesso restrito.

A solução diferencia-se por englobar o produto físico, o software e toda a logística associada à implementação e operacionalização do sistema. Trata-se de todo um processo específico: não há soluções no mercado que considerem as dificuldades e a escala das operações em locadoras.

Primeiramente, cabe destacar que haverá total integração ao sistema já existente nas locadoras, sem que seja necessário reconstruir o software. O sistema RFID irá operar em conjunto com um aplicativo voltado às vistorias e com o servidor central em nuvem. Trata-se do único investimento inicial de maior peso, com desenvolvimento sustentado pelo próprio cliente, visando à adaptação para os negócios da empresa. Não serão buscados, portanto, programas de aceleração, uma vez que o projeto é específico e direcionado.

Considerando a grande quantidade de agências, espalhadas por todas as regiões do País, e o enorme tamanho das frotas, a solução demandará dedicação, organização e planejamento, exigindo elevado nível de mobilização, oferecido como diferencial. A implementação será gradual e progressiva, ocorrendo inicialmente em apenas uma região e sendo posteriormente direcionada às demais.

O deslocamento constante de equipes fixas para realizar instalações de hardware em agências distantes seria inviável. Dessa forma, haverá terceirização, e parcerias serão firmadas com empresas e profissionais associados ao setor de telecomunicações para a definição de áreas de atuação. Novas agências serão adicionadas conforme o interesse da empresa cliente e a disponibilidade de profissionais atuantes nas áreas de influência. Tags RFID serão fixadas progressivamente aos veículos, pelos próprios funcionários das agências, quando houver retorno após o fim das locações em andamento.

Portanto, controles de contratação, qualidade e fluxo de caixa – associados aos funcionários terceirizados – serão serviços oferecidos para tornar possível a aplicação da solução. Além disso, a manutenção do sistema, a custo fixo de R\$ 5.000,00 mensais, com parcela adicional variável, será oferecida como serviço extra, assim como o treinamento para a operação do sistema.

O modelo de negócios baseia-se, portanto, não na venda de um produto, mas de uma solução, havendo monetização enquanto ocorrer expansão, com base nos valores apresentados na Tabela 1. Seriam atendidas as três maiores locadoras nacionais de veículos, oferecendo baixo custo inicial, diluição do investimento ao longo do tempo e *payback* a curto prazo. O projeto estaria, atualmente, na fase de pesquisa e desenvolvimento. Contudo, como a tecnologia está

disponível no mercado e o software não tende a apresentar grande complexidade, essa etapa corresponde principalmente ao estabelecimento das parcerias.

2.5 Time

O time esperado está apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Estrutura de time

Setor	Cargo	Responsabilidades
S	<i>Product Owner</i>	Eric: realizar interface com o cliente, priorizar funcionalidades que geram valor e registrar <i>backlog</i> do desenvolvimento
S	<i>Scrum Master</i>	Eduardo: orientar Metodologia Ágil, gerenciar ritos e enfrentar impedimentos
S	<i>Technical Analyst</i>	Junio: liderar Engenharia, garantir a integração entre hardware e software e a implementação das funcionalidades esperadas
S	Desenvolvedor de Software Sênior	Direcionar o desenvolvimento do software, modelando a arquitetura e garantindo as melhores práticas
S	2x Desenvolvedor de Software Júnior	Trabalhar no desenvolvimento, conforme orientações do desenvolvedor sênior
S	Desenvolvedor de Interface	Desenvolver interface amigável e simplificada para a parte lógica do software
E	<i>Test Leader</i>	Deivison: supervisionar o resultado final em algumas instalações e fornecer homologação
E	Engenheiro Júnior	Auxiliar o <i>Test Leader</i> nas validações de campo e reportar ao <i>Technical Analyst</i>
A	<i>Business Analyst</i>	Diego: gerenciar pagamentos, fluxo de caixa e questões comerciais do cliente, além de garantir a sustentabilidade do negócio
A	Analista Comercial Júnior	Analizar contratos (fornecedores e profissionais terceirizados) e auxiliar o <i>Business Analyst</i>

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Para desenvolvimento do produto e operação do negócio, será necessário um time multidisciplinar com diferentes competências. Como o hardware será adquirido no mercado após seleção e adaptação, o foco inicial da equipe estará voltado ao desenvolvimento do software, customizado e financiado com recursos disponibilizados pelo próprio cliente. Essa etapa envolverá os integrantes do Setor S, conforme o Quadro 1, sendo utilizada a Metodologia Ágil, através do *Framework Scrum*.

Para garantir o funcionamento do sistema após instalações, a empresa contará com um Setor de Engenharia (E) fixo, que fará verificações de campo e homologações. Para o gerenciamento de questões comerciais do cliente, fluxo de caixa do negócio, administração dos acordos com empresas e profissionais terceirizados responsáveis pelas instalações e fornecedores de componentes, será necessário Setor Administrativo (A) fixo.

Os cargos de *Product Owner*, *Scrum Master*, *Technical Analyst*, *Test Leader* e *Business Analyst* serão exercidos pelos membros do grupo, conforme já indicado no Quadro 1. Os profissionais externos responsáveis pelo desenvolvimento do software e da interface não serão fixos, mas contratados apenas para a execução do serviço. O Engenheiro Júnior e o Analista Comercial Júnior serão funcionários fixos. Após a conclusão do desenvolvimento do software, os integrantes do grupo com atividades no Setor de Software (S) serão realocados para os outros dois, que terão demanda crescente.

O processo de busca e avaliação ocorrerá por meio do LinkedIn. Serão avaliados o conhecimento técnico e a experiência em tarefas semelhantes, assim como *soft skills*. Para o caso dos desenvolvedores, há preferência por profissionais que tenham familiaridade com a Metodologia Ágil, mas sem caráter eliminatório, uma vez que *workshops* serão oferecidos aos colaboradores – além de contribuir com a capacitação, objetiva-se motivar o time ao apresentar novos conteúdos. Dessa forma, a equipe terá bastante autonomia e estará capacitada para

entregar produto diferenciado e que resolva o problema do cliente. Objetiva-se entregar comodidade, eficiência e segurança para a especificidade das operações das locadoras.

Profissionais voltados à instalação do hardware nas agências serão buscados, por áreas de influência, em empresas que já trabalham com a instalação de equipamentos voltados ao setor de telecomunicações, tendo em vista que o conhecimento necessário é semelhante. O custo da mão de obra estará incluído no valor final do produto pronto, conforme apresentado na Tabela 1, estando sujeito às variações associadas ao deslocamento.

O pagamento dos desenvolvedores do software e da interface será realizado em duas etapas: R\$ 40.000,00 por uma versão simplificada, sem conexão com a nuvem, para aplicação em projeto piloto, e R\$ 40.000,00 ao finalizar o produto, integrando-o ao sistema da locadora. Para os dois profissionais fixos, estima-se custo mensal total de R\$ 8.000,00.

2.6 Metodologia Ágil

Com base no estudo de *Business Case* apresentado, admite-se que o projeto estaria em nível de prontidão tecnológica (*Technology Readiness Level*) TRL 4, sendo necessário adquirir componentes de hardware e realizar testes em escala controlada (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2020).

O *roadmap* simplificado do processo de desenvolvimento pode ser descrito nas seguintes etapas:

- a) Seleção e contratação dos desenvolvedores de software e interface;
- b) Apresentação da equipe e definição do primeiro *Sprint*;
- c) Conclusão do delineamento do software, com programação para registro de entrada/saída por comunicação *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT);
- d) Busca e testes de hardware disponível no mercado;
- e) Definição do hardware ideal, junto aos programadores, e fechamento de parcerias com fornecedores;
- f) Seleção e contratação de Analista Comercial Júnior;
- g) Integração entre módulo de controle RFID e lógica de registro do software. Início do desenvolvimento do aplicativo móvel;
- h) Início da busca por empresas parceiras para terceirizar a instalação do hardware;
- i) Conclusão do desenvolvimento inicial do aplicativo e integração com os sistemas de leitura RFID e comunicação MQTT;
- j) Contratação de Engenheiro Júnior;
- k) Instalação de projeto piloto para testes em agência local;
- l) Observação de funcionamento e definição de eventuais ajustes. Fechamento de parcerias com instaladores próximos;
- m) Realização de correções e início do desenvolvimento da funcionalidade de armazenamento dos dados em nuvem;
- n) Início da instalação do hardware em outras agências regionais;
- o) Conclusão da etapa de armazenamento dos dados, início de integração com o sistema da locadora;
- p) Integração total do sistema e início do desenvolvimento de funcionalidades adicionais: sistema de cadastramento por *Optical Character Recognition* (OCR), alerta de vistoria para funcionários, relatórios customizados e indicação de veículos potencialmente perdidos;
- q) Formação de novas parcerias com instaladores de outras regiões;
- r) Conclusão do desenvolvimento do software, atualização nas agências onde o hardware foi instalado;
- s) Expansão para outras regiões;

t) Entrada na fase de manutenção e suporte.

A equipe será guiada pelo propósito de empregar soluções de controle realmente efetivas para evitar a perda de bens. Considerando a participação de terceiros (fornecedores e instaladores), existirá, para cumprir o *roadmap*, integração entre a Metodologia Ágil e o método de desenvolvimento tradicional.

Para o desenvolvimento do software e integração ao hardware, seguindo o Método Ágil, serão adotados *Sprints* de duas semanas, ocorrendo os seguintes ritos:

- a) *Daily*: ocorre ao final de cada dia de trabalho, para cada integrante comentar, de forma resumida, conquistas relevantes, assim como pontos de dificuldade. Duração: 15 minutos.
- b) *Planning*: ocorre no início do *Sprint*, de forma a definir e detalhar as histórias que serão desenvolvidas. Duração: 4 horas.
- c) *Review*: ocorre no último dia do *Sprint*, quando as entregas são apresentadas para o cliente. Pode-se receber *feedbacks* para a realização de ajustes no próximo *Sprint*. Duração: 1 hora.
- d) *Retro*: encerramento do *Sprint*. Todos os membros do time devem se reunir para reflexão dos pontos positivos e negativos, buscando melhorar para a próxima iteração. Duração não definida.

A metodologia tradicional será utilizada para orientar principalmente os times de Engenharia e Administrativo no cumprimento de prazos ao interagir com atores externos, sendo especificadas as atividades dispostas no Quadro 2.

Quadro 2 - Atividades orientadas por metodologia tradicional

Atividade	Prazo Final (Semanas Totais)
Testes com hardware existente no mercado	2
Definição do fornecedor	4
Integração entre hardware e software	6
Testes de bancada	7
Contratação de prestadores de serviço para realizar a instalação piloto, em observação pela equipe	7
Instalação na agência piloto	8
Testes integrados na agência piloto	9
Validação do piloto	12 (Key Result A)

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O time será orientado por resultados. Portanto, ocorrerá acompanhamento por metas, especialmente ao alcançar a fase de expansão. Para atingir o objetivo final de redução da perda de veículos, com simultâneo ganho em eficiência, foram definidos os seguintes *Key Results* (KR's):

- a) Ter um protótipo funcional, em caráter local, três meses após a contratação;
- b) Reduzir a perda de localização dos veículos em pátios de agências, operando com o sistema, em pelo menos 80%;
- c) Reduzir o número de deslocamentos para procurar veículos em pelo menos 80%;
- d) Reduzir o fornecimento de veículos de categoria superior à contratada pelo cliente, por falta de estoque, em pelo menos 20%;
- e) Diminuir o tempo de realização de vistorias em pelo menos 25%;
- f) Ter 60% do controle da frota por *tags* RFID em até 12 meses;
- g) Instalar leitores RFID na totalidade das agências e atingir fase de manutenção e suporte em até 18 meses.

O projeto piloto terá custo de R\$ 60.000,00 (sendo R\$ 40.000,00 referentes à primeira parte do software, conforme especificado no item E, e R\$ 20.000,00 direcionados à compra dos

primeiros equipamentos e pagamento dos instaladores e salários dos funcionários fixos). Após validação, será cobrado o valor de revenda restante do software para a conclusão do desenvolvimento e a solução poderá, então, ser escalada. Para atingir o KR G, média de expansão de 1,4 agências por dia será necessária, descontando-se o período de validação. Serão investidos, em média, aproximadamente R\$ 178.000,00 por mês.

2.7 Tecnologias

Para amenizar ou solucionar os problemas de falta da localização de veículos, poderia ser sugerido, *a priori*, o rastreamento ativo, em tempo real. Contudo, essa tecnologia torna-se inviável ao considerar o tamanho das frotas, pois apresentaria custos de implementação e manutenção muito elevados. O sistema RFID, por outro lado, apresenta baixo custo e, tendo em vista que as perdas geralmente ocorrem entre os próprios pátios, o registro de entrada e saída atende aos objetivos propostos.

A tecnologia RFID funciona a partir de dois elementos: leitor, que pode ser móvel ou estrategicamente preso em algum ponto, e *tags*, que são afixadas aos objetos móveis que se deseja rastrear. As *tags* podem operar de duas formas: ativa ou passiva. Sistemas ativos são mais caros e precisam de fonte de energia própria, mas apresentam maior alcance e podem enviar dados continuamente. Sistemas passivos são ativados pela própria energia eletromagnética do leitor e, por isso, são muito mais aplicados, especialmente para fins industriais e de controle de acesso, uma vez que são mais baratos, não dependem de energia externa e apresentam alcance suficiente para as aplicações a que se destinam (KUNHOTH *et al.*, 2020). O sistema proposto neste projeto é baseado em *tags* passivas.

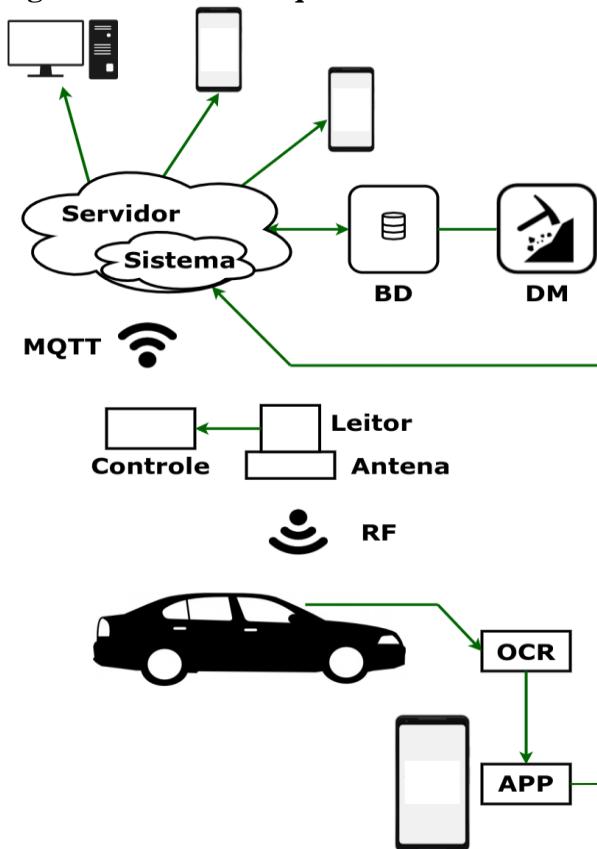
Para que diversas agências possam publicar e acessar informações simultaneamente, será utilizada a tecnologia de computação em nuvem (*Cloud Computing*), onde servidor único, posicionado na sede, receberá e enviará dados. Essa funcionalidade, escalável, já é utilizada pelos sistemas das locadoras. A solução proposta aproveitaria a infraestrutura existente, expandindo se necessário.

O projeto envolverá IoT, tendo em vista que há comunicação constante entre diversos equipamentos. Em termos de gerenciamento, a utilização de programas baseados em navegadores e aplicativos para smartphone atende à maioria das situações, e será este o caso do sistema. A comunicação será realizada através do protocolo MQTT, que possui tecnologia de código aberto e apresenta menor custo e maior simplicidade. O protocolo MQTT foi desenvolvido para transportar pequenos volumes de dados a cada iteração, mas será suficiente para o projeto em questão, uma vez que serão enviados apenas registros de entrada e saída, dados de texto e, eventualmente, algumas imagens (BLANCO-NOVOA *et al.*, 2020).

No contexto da Indústria 4.0, dados são reconhecidos como o recurso mais valioso (LENZ; WUEST; WESTKÄMPER, 2018). Será necessário integrar o sistema à infraestrutura de software da locadora. Nesse cenário, destaca-se a possibilidade de conexão com o módulo de *Enterprise Resource Planning* (ERP), que armazena diversas informações relevantes. Os dados do ERP poderão ser cruzados com aqueles gerados pelo sistema RFID que, em decorrência do tamanho da frota, irão envolver as tecnologias de *Big Data* e DM. *Big Data* pode ser definido como a ciência que trata da coleta, armazenamento, filtragem, transformação e extração de conhecimento de grandes bases de dados. DM corresponde à aplicação de ferramentas para a obtenção desse conhecimento (WITTEN *et al.*, 2017).

Um esquema simplificado do funcionamento do sistema está apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Resumo esquemático do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

As *tags* RFID passivas serão distribuídas no formato de etiquetas adesivas e deverão ser afixadas internamente na parte central do pára-brisa de cada veículo, acima do retrovisor. Essa tarefa será feita pelos próprios funcionários que, por meio do aplicativo, deverão fotografar o código QR presente na *tag* e a placa do veículo, que será interpretada por reconhecimento óptico de caracteres (OCR). O sistema criará, então, um link entre o número da *tag* e o registro do veículo, presente na base de dados.

Quando o veículo passar por um ponto de entrada ou saída do pátio de alguma agência, a antena de rádio frequência – posicionada em um poste, construído em estrutura metálica tubular – irá captar o sinal da *tag* RFID. A informação será interpretada por um leitor, conectado à antena, e o sinal lógico será enviado ao módulo de controle online, que fará a tradução. O dado será enviado, via MQTT, para o servidor central em nuvem, que poderá ser acessado por computadores e smartphones autorizados.

Além de registrar a entrada do veículo, o módulo de controle irá disparar, simultaneamente, um pedido de vistoria para o smartphone de algum funcionário disponível, que será responsável por realizar o processo e enviar as fotografias eventualmente necessárias pelo próprio aplicativo, gerando um protocolo – associado à *tag* do automóvel – para registro na base de dados e encerrando o evento de recebimento.

2.8 Integração IT/OT e Transformação Digital

Mudanças culturais serão necessárias para a apropriação da solução pelas agências. Alguns funcionários realizam o controle manual e a vistoria dos veículos nos pátios, trabalhando com registros fotográficos, documentos e planilhas. Pode ser necessário, portanto,

breve treinamento para a utilização do novo sistema automatizado. Um módulo educativo será incluído no aplicativo, apoiado pelo sistema de comunicação interna da locadora.

Com a redução do problema de perda de veículos, trabalhadores que dedicavam tempo às tarefas de busca e transporte poderão ser direcionados para outras atividades. Com o ganho de eficiência, o quadro funcional dedicado à tarefa de vistoria poderá ser, eventualmente, também reduzido. Opta-se por priorizar a realocação funcional, com treinamento para a realização de novas atividades laborais, evitando demissões e conflitos. As lideranças locais de cada agência deverão ser preparadas para gerenciar as equipes durante a transição.

O envio e recebimento de dados em nuvem sugere, necessariamente, preocupações com cibersegurança. Informações sobre os modelos de veículos armazenados em cada local poderiam incentivar furtos em caso de vazamento. O sistema será desenvolvido em plataforma GNU/Linux, mais segura, e contará com *firewall* próprio. Medidas de proteção deverão ser focadas principalmente na base de dados, onde maior dano poderia ocorrer em caso de invasão e, portanto, serão aproveitadas as defesas já existentes no servidor da companhia. Gestores locais e funcionários serão orientados quanto a boas práticas de segurança.

Os funcionários responsáveis pelas vistorias irão trabalhar diretamente na interface do aplicativo para smartphone, sem acesso aos registros nas bases de dados. Gerentes locais terão acesso aos registros referentes às agências de sua região, mas não aos registros de outras regiões. Administradores regionais terão acesso total. A manutenção do sistema será oferecida como serviço adicional.

2.9 Medição de Resultados e Sustentabilidade

O projeto será validado por meio da instalação do sistema, em caráter parcial – sem conexão com a rede geral da locadora – no pátio de uma agência local, de menor porte.

Como *Key Performance Indicators* (KPIs) gerais, tendo em mente as diretrizes de operações e objetivos do cliente, pode-se citar, considerando a interface com os KRIs: i) nº de erros de registro e veículos perdidos por mês; ii) nº de deslocamentos para procurar veículos; iii) nº de locações com fornecimento de veículo superior ao contratado por falta de estoque; iv) tempo médio gasto na realização das vistorias, obtido através dos dados do aplicativo; v) nº de veículos com *tags* RFID em relação ao total da frota; vi) nº de agências com leitores RFID em relação ao total.

O processo de trabalho *Business Process Management* (BPM) associado ao projeto está apresentado no Apêndice I.

2.10 Ecossistema

Visando explorar potenciais forças e fraquezas da proposta, elaborou-se matriz SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*), apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 - Matriz SWOT

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> → Viabilidade, mesmo considerando o menor cenário de perdas. → Grande volume (venda para locadoras de médio e grande porte). → Preço reduzido em comparação com o sistema de rastreamento em tempo real (GPS). → Monetização escalável por veículo e por agência. → Baixo investimento para validação. → <i>Payback</i> a curto prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> → Falta de padronização do layout entre agências e pátios. → Necessidade de alterações físicas nas agências para instalação de hardware. → Instalação de leitores poderá interferir momentaneamente no funcionamento das agências. → Afixação de <i>tags</i> dependerá do fim das locações em andamento.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> → Pode ser adaptado e replicado em locadoras menores. → Pode ser modificado para integração aos diferentes processos de cada locadora, bem como aos distintos sistemas modulares. → Pode ser realizado em etapas, diluindo o investimento ao longo do tempo conforme o interesse do cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> → Falta de <i>know-how</i>. → Dependência de fornecedores de hardware. → Necessidade de acordos com terceiros para instalações. → Falta de treinamento e adaptação dos funcionários para operação do sistema. → Supressão de postos de trabalho.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A interpretação da matriz SWOT indica a necessidade de atenção especial para os seguintes *players* no ecossistema:

- Grandes locadoras: clientes mais importantes para a comercialização da solução.
- Concorrentes indiretos: empresas que comercializam produtos ou soluções baseados nas mesmas tecnologias, mas com diferente foco e atuação em outros setores, como o controle de acesso em condomínios.
- Fornecedores de hardware: comerciantes de suportes, cabos, antenas, leitores RFID, módulos de controle RFID e *tags* RFID.
- Instaladores de hardware: companhias e profissionais autônomos que atuam no setor de telecomunicações, possuindo algum conhecimento prévio.

Para o desenvolvimento e integração do software, há a possibilidade de estabelecer acordos de parceria com departamentos de pesquisa das próprias locadoras clientes, caso estes existam e sejam compostos por profissionais capacitados.

O projeto é restrito e direcionado a clientes específicos (locadoras de médio e grande porte). As vendas e acordos serão realizados de forma direta, sem a necessidade de marketing.

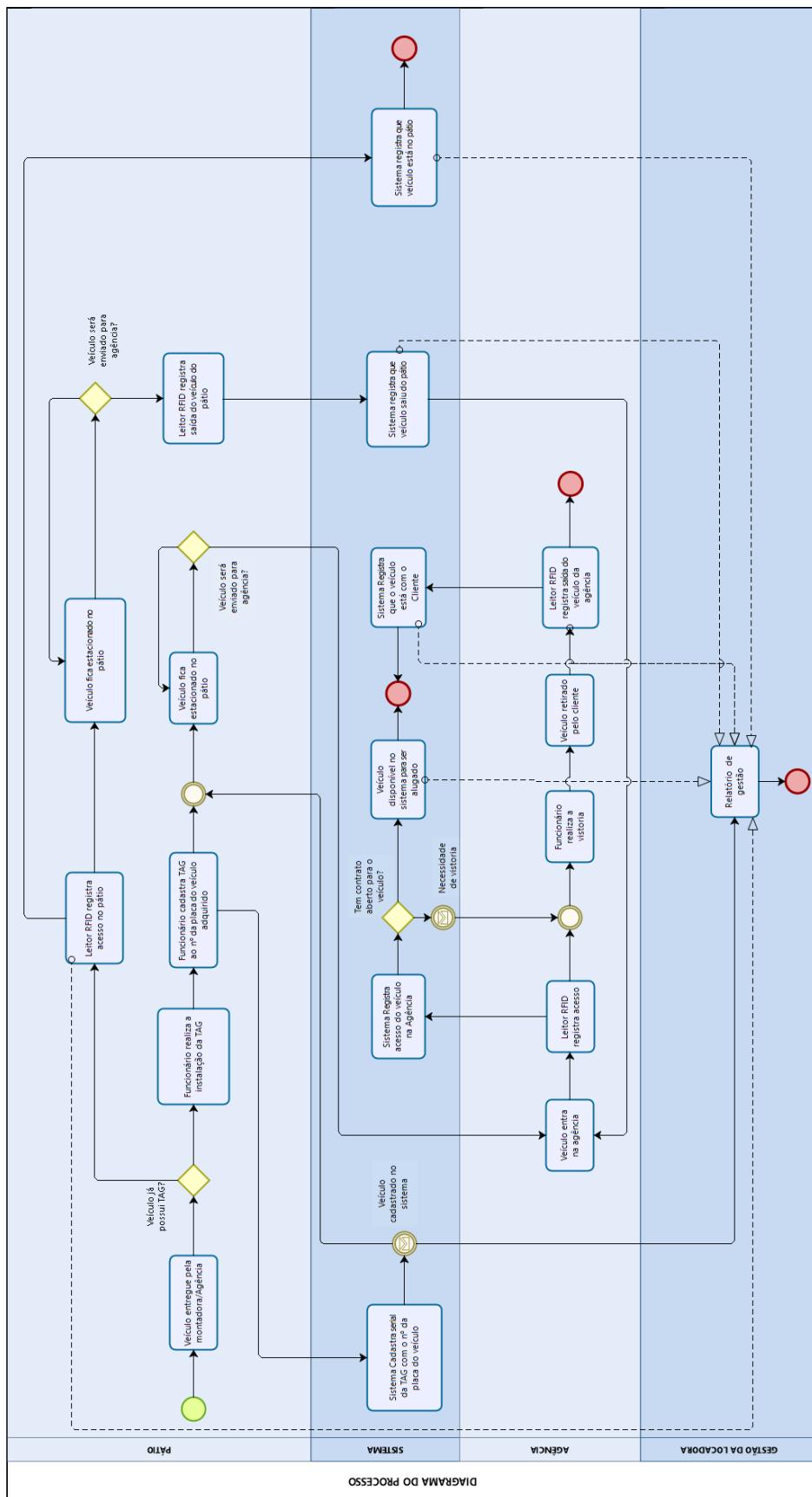
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia RFID é viável como alternativa para o controle do acesso de veículos em pátios de agências de locadoras. O investimento previsto, diluído ao longo do tempo, justifica-se plenamente diante do retorno esperado. As especificidades inerentes à escala das operações podem ser vencidas por meio de administração dedicada, com formação de parcerias. O contexto da Indústria 4.0 tem muito a oferecer, não apenas para evitar a perda de ativos, mas contribuindo também para o ganho de eficiência.

REFERÊNCIAS

- ANSARI, F.; GLAWAR, R.; NEMETH, T. PriMa: a prescriptive maintenance model for cyber-physical systems. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 32, n. 4-5, p. 482-503, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1571236>
- BLANCO-NOVOA, Ó. *et al.* Creating the internet of augmented things: an open-source framework to make iot devices and augmented and mixed reality systems talk to each other. **Sensors**, v. 20, n. 11, 27 p., 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20113328>
- GORECKY, D.; KHAMIS, M.; MURA, K. Introduction and establishment of virtual training in the factory of the future. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 30, n. 1, p. 182-190, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/0951192X.2015.1067918>
- HARIHARASUDAN, A.; KOT, S. A scoping review on Digital English and Education 4.0 for Industry 4.0. **Social Sciences**, v. 7, n. 11, 13 p., 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/socsci7110227>
- KAGERMANN, H. *et al.* **Industrie 4.0 in a global context**: strategies for cooperating with international partners (acatech STUDY). Munique: Herbert Utz Verlag, 2016. Disponível em: <https://bitly.com/xol6A>. Acesso: 20 mai. 2020.
- KUNHOTH, J. *et al.* Indoor positioning and wayfinding systems: a survey. **Human-centric Computing and Information Sciences**, v. 10, 41 p., 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13673-020-00222-0>
- LENZ, J.; WUEST, T.; WESTKÄMPER, E. Holistic approach to machine tool data and analytics. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 48, p. 180-191, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.03.003>
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Technology readiness level**. Nasa, 2020. Disponível em: https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html. Acesso: 22 jun. 2020.
- RODRIGUES, L. F.; JESUS, R. A.; SCHÜTZER, K. Industrie 4.0: uma revisão de literatura. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 38, p. 33-45, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15600/2238-1252/rct.v19n38p33-45>
- SENNA, D. A.; RIBEIRO, J. S. A. N. Conexão entre conhecimento e aprendizagem na Indústria 4.0: análise do estado da arte. **International Journal of Knowledge Engineering and Management**, v. 9, n. 24, p. 53-79, 2020. Disponível em: <http://stat.ijie.incubadora.ufsc.br/index.php/IJKEM/article/download/5859/5698>. Acesso: 12 dez. 2020.
- SYNNES, E. L.; WELO, T. Bridging the gap between high and low-volume production through enhancement of integrative capabilities. **Procedia Manufacturing**, v. 5, p. 26-40, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2016.08.006>
- WITTEN, I. H. *et al.* **Data mining**: practical machine learning tools and techniques. 4 ed. Massachusetts: Morgan Kaufmann, 2017.

APÊNDICE I – PROCESSO DE TRABALHO – BUSINESS PROCESS MANAGEMENT (BPM)



Fonte: Autores (2020).

Gestão segura: sistema de gestão de segurança da informação para ambientes industriais

Ana Paula Campos *

Cristiano Ozório *

Eduardo Maciel *

Lorena Rosa *

Jedson Alessandro Damasceno **

RESUMO

Em um mundo em constante evolução tecnológica, a segurança dos ambientes de automação das empresas sofre constantes ameaças. Em um ambiente industrial, um ataque cibernético pode causar grandes prejuízos para as empresas, muitas vezes esses prejuízos são irreversíveis, sendo assim a melhor maneira de evitar esse tipo de ataque é a prevenção. Nossa empresa é especializada em tornar o ambiente industrial mais sustentável e seguro, longe de ameaças e ataques cibernéticos. Através de um sistema inteligente, podemos apurar o nível de vulnerabilidade em que a empresa se encontra e o nível de segurança que ela precisa alcançar para se tornar mais sustentável. Baseado no tipo de negócio e investimento é possível criar um plano de ação personalizado para cada cliente, com o objetivo de mitigar os riscos externos e internos de seu ambiente de processamento informatizado por meio dos nossos serviços relacionados ao *Cyber Security*. Nossa equipe é capaz de implantar soluções relacionadas à segurança das informações, gestão de riscos e análise de vulnerabilidades, além de implantar as rotinas necessárias para manutenção dessas soluções.

Palavras-chave: Cibersegurança. *Cyber security. Big data. Clouding computing. Analytics.*

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento permanente das ameaças, conhecer e gerenciar bem os riscos de segurança cibernética se tornou uma das grandes preocupações dos líderes de empresas e governos. E as organizações estão agindo. Cada vez mais, elas adotam tecnologias inovadoras, como a segurança cibernética baseada na nuvem, a segurança analítica e a autenticação avançada para reduzir riscos e melhorar seus programas de segurança cibernética. Uma pesquisa Global de Segurança da Informação 2016, realizada pela PwC e pelas revistas CIO e CSO, onde foram entrevistados mais de 10 mil leitores, CEOs, CFOs, CIOs, CISOs, CSOs, VPs e diretores de TI e práticas de segurança de mais de 127 países, apontam que os níveis executivos e os conselhos das empresas estão cada vez mais atentos aos riscos cibernéticos e seus impactos, colocando o tema como prioritário na agenda do board em todas as indústrias. Nesse sentido, a pesquisa mostra a necessidade de ações inovadoras e transformacionais nos fundamentos *Cyber Security* e Privacidade da Informação das organizações.

Segundo os mais de 10 mil executivos de todo o mundo ouvidos na pesquisa global, outra medida notável de progresso é uma renovada vontade de investir em segurança: foi registrado um aumento de 24% nos orçamentos das empresas pesquisadas destinados a esse tema. Coincidência ou não, as perdas financeiras causadas por incidentes de segurança diminuíram 5% de 2014 para 2015. No Brasil, o número médio de incidentes de segurança reportados aumentou em 274%, muito superior aos 38% de aumento na média global.

* Alunos do curso MBA em Indústria 4.0 da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professor do curso de MBA em Indústria 4.0 da PUC Minas

Com base nesses dados, criamos nossa *Startup*, empresa especializada em prestação de serviços para elevar o nível de segurança da informação em ambientes industriais. Utilizamos nosso sistema “Gestão Segura”, para fazer o diagnóstico do nível de maturidade que está nossos clientes em relação a segurança dos seus ativos de automação e calcular o grau de vulnerabilidade em que eles se encontram, além de propor um plano de ação para elevar o nível de segurança do ambiente industrial. Nossa equipe presta todo o serviço de execução do plano de ação e ainda mantemos a sustentabilidade da solução proposta através da metodologia ITIL com atendimento de incidentes e monitoramento constante dos indicadores de segurança da informação e dos principais ativos do cliente.

2 DORES E NECESSIDADES

2.1 Descrição do problema

Ano após ano, os ataques cibernéticos seguem crescendo em frequência, gravidade e impacto. Os métodos de prevenção e detecção mostraram-se muito ineficazes contra investidas cada vez mais sofisticadas. Muitas organizações não sabem o que fazer, ou não têm os recursos necessários para combater criminosos cibernéticos altamente qualificados e agressivos. Ao mesmo tempo, as mudanças tecnológicas continuam a transformar a maneira como as organizações competem e criam valor, muitas vezes alterando seus modelos operacionais. Algumas das tendências de negócios mais importantes atualmente – a explosão da análise de dados, a digitalização das funções de negócios e a combinação das ofertas de serviços de diferentes indústrias, expandem o uso de tecnologias e dados, o que cria riscos em uma quantidade jamais vista. Além disso, muitos executivos encaram o excesso de regulamentação como a mais importante tendência disruptiva a longo prazo em suas indústrias. Outros impactos governamentais, como o uso de recursos públicos por estados nacionais para financiar e executar ataques cibernéticos têm implicações cada vez mais sérias para a segurança cibernética. Juntas, essas questões ilustram por que os riscos de segurança cibernética se tornaram prioridade para os líderes de empresas e governos.

2.2 Solução

Uma solução eficaz de segurança cibernética começa com uma estratégia e um alicerce baseado em riscos. Neste sentido, nossa empresa oferece aos nossos clientes soluções baseadas em um framework de segurança com resultados muito produtivos e personalizados para cada tipo de negócio. As diretrizes implementadas na construção dessa solução são baseadas na Norma ISO 27001 e o Framework de Segurança cibernética do National Institute of Standards and Technology (NIST), dos Estados Unidos. Com base nessas diretrizes, desenvolvemos o sistema “Gestão Segura” utilizando inteligência artificial, para identificar e priorizar riscos das organizações, avaliar a maturidade das suas práticas de segurança cibernética e traçar um plano de ação para implementar soluções eficazes para proteção de um ambiente industrial. Nossa empresa também ajuda os nossos clientes a desenhar, medir e monitorar os indicadores do programa de segurança cibernética. Somos especialistas em controlar e medir a maturidade da segurança das empresas clientes e protegê-los dos ataques e das ameaças externas e internas.

3 ESTRATÉGIA DE NEGÓCIO

Como base para o business case para esse trabalho, usaremos como exemplo uma empresa de grande porte do setor de mineração. O negócio do nosso cliente é a extração, beneficiamento e a venda do minério de ferro. A Tabela 1 apresenta as informações para

calcular a margem de lucro diária de uma mina localizada em São Gonçalo do Rio abaixo no estado de Minas Gerais. É importante deixar claro que a nossa empresa não tem objetivo de aumentar a produção ou a margem de lucro dos nossos clientes, mas temos como missão mitigar possíveis ataques cibernéticos que podem causar grandes prejuízos para os negócios dos nossos clientes.

Tabela 1 - Volume de minério de ferro produzido dia

Descrição	Quantidade	Unidade
Produção por dia	90.000,00	ton\dia
Gasto por dia	25,00	US\$\ton
Valor da tonelada	130,00	US\$\ton
Valor do Dólar	5,30	Reais (R\$)

Fonte: Dados fictos usados para publicação.

A partir dessas informações, calculamos a margem de lucro atual da mina. Para encontrar o ganho estimado, diminuímos o valor da tonelada do minério atual no mercado pelo gasto por tonelada produzida.

$$US\$ 130,00 - 25,00 = 105,00$$

Com isso, temos que o valor do minério nessa mina específica está em US\$ 105,00 a tonelada. Então para encontrar a margem de lucro já subtraindo o custo por tonelada produzida, calculamos o valor conforme abaixo:

$$105,00 \text{ US\$/ton} \times 90.000,00 \text{ ton/d} = 9.450.000,00 \text{ US\$/d}$$

Multiplicado o valor da tonelada pelo volume produzido diariamente na mina de São Gonçalo do Rio Abaixo, chegamos à conclusão que o valor do lucro por dia é US\$ 9.450.000,00 e esse número convertido em reais seria R\$ 50.085.000,00 milhões, conforme cálculo abaixo:

$$US\$ 9.450.000,00 \times R\$ 5,30 = R\$ 50.085.000,00$$

Entrevistamos nosso cliente e coletamos alguns dados referente ao ambiente de automação da mina de São Gonçalo do Rio Abaixo com o objetivo de identificar a probabilidade de um ataque cibernético e o impacto que o cliente sofreria a partir de um possível ataque no seu ambiente de automação. A tabela 2 mostra o volume total de ativos e de aplicações instalados no ambiente de automação.

Tabela 2 - Ativos e aplicações ambiente de automação

Descrição	Quantidade
Servidores	53
Ambiente Virtual	2
Desktops	38
Notebooks	20
Softwares Licenciados	15
Aplicações Desenvolvidas	10

Fonte: Dados fictos usados para publicação.

A tabela 3, mostra o grau de vulnerabilidade que se encontra os ativos e as aplicações de automação a partir dos critérios mínimos que devem ser implantados no ambiente operacional.

Tabela 3 - Critérios mínimos para segurança do ambiente

Perguntas	Respostas
Bloqueio das portas USB?	Não
Senha na BIOS?	Não
Instalação de Antivírus?	Não
Atualização do WSUS?	Não
Política de senha nas aplicações?	Não
Máquinas no Domínio próprio?	Sim
Rede Segmentada em VLANs?	Sim
O ambiente de automação possui redundância?	Não
Backups realizados periodicamente?	Não
Existe plano de recuperação de desastre?	Não

Fonte: Dados fictos usados para publicação.

A tabela 4, apresenta os aspectos comportamentais para a análise do grau de maturidade e da cultura da empresa.

Tabela 4 - Aspectos comportamentais

Perguntas	Respostas
Existem política de segurança da informação?	Sim
Acesso liberado a internet sem uso do Proxy?	Sim
Usuários possuem senha do Admin das máquinas e equipamentos?	Sim
Usuários realizam Download de aplicações via Internet?	Sim

Fonte: Dados fictos usados para publicação.

Através desses *inputs*, nosso sistema “Gestão Segura” calculou a probabilidade de ataques e o impacto do ambiente industrial do nosso cliente. A figura abaixo representa a matriz de risco gerada a partir desse diagnóstico. Podemos perceber que nesse caso, a probabilidade de ataque é Alta, com impacto Catastrófico, isso porque foi identificado a possibilidade de parada da planta caso haja algum ataque ao ambiente de automação, sabendo o valor do lucro diário dessa mineradora, podemos chegar à conclusão que uma parada acarretaria um prejuízo muito alto para essa empresa devido o tempo que seria gasto para recuperação de todos os dados perdidos durante o ataque cibernético, uma vez que não existe plano de recuperação de desastre, backups do ambiente e ambiente redundante.

Figura 1 - Matriz de Risco e Diagnóstico de Ataque Cibernético.

Alta	Média	Alta	Alta
Média	Baixa	Média	Alta
Baixa	Baixa	Baixa	Média
	Insignificante	Moderado	Catastrófico
Impacto			

Fonte: Dados fictos usados para publicação.

A partir desse ponto, um plano de ação foi gerado com o objetivo de elevar o nível de segurança e diminuir a possibilidade de ataques cibernéticos com a duração de 12 meses e conforme as etapas abaixo:

- Reunião de planejamento para alinhamento da estratégia junto a alta gestão da empresa.
- Desdobramento da estratégia para os níveis hierárquicos e treinamentos de proteção de dados para todos os empregados.
- Implantação dos serviços mínimos previstos no plano de ação gerado pelo sistema “Gestão Segura” e a criação do painel de monitoramento com os indicadores principais de segurança dos ativos que serão monitorados 24x7.
- Implantação da governa para a sustentabilidade dos serviços implantados.

Vide cronograma da implantação das ações:

Figura 2 - Cronograma de implantação dos serviços mínimos de segurança no ambiente de automação.

CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO "GESTÃO SEGURA"				
TAREFAS	PRAZOS (2020)			
	1 TRIMESTRE	2 TRIMESTRE	3 TRIMESTRE	4 TRIMESTRE
Planejamento				
Alinhamento da Estratégia				
Desdobramento da estratégia				
Treinamentos				
Execução dos Serviços Mínimos				
Criação do Painel de Monitoramento				
Implantação da Gestão de Serviços ITIL				

Fonte: Dados fictos usados para publicação.

4 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO

Desde a década de 90, os ecossistemas vêm sendo considerados como redes de relações em que a informação e talento fluem, por meio de sistemas de co-criação de valor sustentado (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000). De acordo com Gomes *et al.* (2018) o termo empreendedorismo se relaciona ao termo ecossistema de inovação, no seu ponto de vista a inovação, colaboração, criação e usada para o desenvolvimento de produtos e tecnologia. Segundo Jishnu, Gilhotra e Mishra (2011) e Russell *et al.* (2011) ecossistema de inovação

refere-se aos sistemas inter organizacionais, políticos, econômicos, ambientais e tecnológicos da inovação, em que ocorre a catalisação, sustentação e apoio ao crescimento de negócios. Basole e karla (2011) afirmam que ecossistema pode ser considerado uma rede que contém um conjunto de objetos como os atores que estão ligados uns aos outros. Estes atores apresentam papéis de liderança, de acordo com suas estruturas organizacionais. Os ecossistemas de inovação se constituem num conjunto de indivíduos, comunidades, organizações, recursos materiais, normas e políticas por meio de universidades, governo, institutos de pesquisa, laboratórios, pequenas e grandes empresas e os mercados financeiros numa determinada região. Estes atores trabalham de modo coletivo a fim de permitir os fluxos de conhecimento, amparando o desenvolvimento tecnológico e gerando inovação para o mercado (WESSNER *et al.*, 2007).

Nossa empresa busca para esse projeto uma parceria através de investimento ou apoio, principalmente financeiro para que possamos reforçar nossa equipe com profissionais especializados em segurança da informação, visto que esse tipo de mão de obra é rara, os profissionais no Brasil que possuem essa expertise são geralmente muito bem remunerados, e como uma *Startup* nova no mercado não conseguimos concorrer com as grandes empresas desse mesmo nicho. Inicialmente pensamos em um cliente investidor para consolidar nosso projeto. O Sistema “Gestão Segura” já foi desenvolvido pela equipe de fundadores da *Startup*, precisaríamos então de contratar mão de obra especializada para a execução dos serviços mínimos e manutenção do nível de segurança no ambiente industrial dos nossos clientes. Nossa proposta para o cliente investidor seria utilizar nosso sistema para realizar o diagnóstico do nível de maturidade de segurança da empresa e aplicar todas as etapas para diminuir a vulnerabilidade de ataques cibernéticos em sua empresa, como proposta financeira o investidor teria direto a 10% do lucro dos serviços prestados para outros clientes à medida que nossa empresa for se consolidando no mercado. O investimento inicial para esse empreendimento está em torno de 800.000,00 que estariam distribuídos em:

- a) Contratação de Pessoal, tais como: Especialista em Cyber Security, Especialista em Indústria 4.0, Analista de Segurança da informação, Analista de Devops e Analista de Cloud.
- b) Licenças de Software: Apresentações são ferramentas de comunicação que podem ser usadas como demonstrações.
- c) Equipamentos: Firewall/VPN, Intrusion Prevention WebProxy, Antivirus, Web-Filter, Sand-box, SSLInspection.
- d) Cloud Computing: Provedor de recursos de computação na nuvem.

5 PESSOAS

Nossa equipe é altamente especializada em segurança da informação e em ambientes industriais. Dividimos as atribuições da seguinte forma para cada membro da equipe:

O CEO terá uma remuneração de R\$10.300,00 + 10% do lucro líquido, e terá como papéis e responsabilidades:

- a) Product Owner – Responsável pelo entendimento das dores do cliente;
- b) Gestão executiva da empresa;
- c) Contato com fornecedores;
- d) Compras;
- e) Elaboração das ordens de compras;
- f) Elaboração de propostas.

O CFO terá uma remuneração de R\$ 9.830,00 + 10% do lucro líquido, e terá como papéis e responsabilidades:

- a) Gestão financeira da empresa;
- b) Contato com clientes;
- c) Vendas;
- d) Revisão e aprovação das ordens de compras;
- e) Revisão e aprovação das propostas.

O Líder de Projeto terá uma remuneração de R\$ 9.450,00 + 10% do lucro líquido, e terá como papéis e responsabilidades:

- a) Scrum Master - Responsável pelo cumprimento da rotina para entrega do projeto;
- b) Contratação da equipe multidisciplinar;
- c) Acompanhamento das entregas;
- d) Interface direta com o PO.
- e) Executar o cronograma técnico e financeiro do projeto;

O Engenheiro de Automação terá uma remuneração de R\$8.950,00 + 10% do lucro líquido, e terá como papéis e responsabilidades:

- a) Desenvolver soluções práticas para o controle e segurança dos ativos;
- b) Implementar o plano de ação nos ativos e aplicações de automação tais como, PLC, Sistema Supervisório, Sistema SCADA e Sistemas de controle.
- c) Criar os monitoramentos necessário para avaliar o ambiente de controle da empresa;

Especialista em Segurança da Informação terá uma remuneração de R\$8.950,00 + 10% do lucro líquido, e terá como papéis e responsabilidades:

- a) Configuração do ambiente na nuvem e virtual;
- b) Configurar todos os Firewall/VPN e componentes dos ativos computacionais;
- c) Aplicar a política de senha nas aplicações;
- d) Bloqueio das portas USB;
- e) Criação e configuração de um ambiente de domínio de automação;
- f) Responsável por um dos estagiários.

Desenvolvedor Aplicações terá uma remuneração de R\$5,155,00 terá como papéis e responsabilidades:

- a) Desenvolvimento e manutenção da aplicação Mobile;
- b) Integração do dispositivo Mobile com o sensor inteligente;
- c) Integração dos dispositivos Mobile com a nuvem;
- d) Testes na fábrica.

Os estagiários terão uma remuneração de R\$1.500,00, e terão como papéis e responsabilidades:

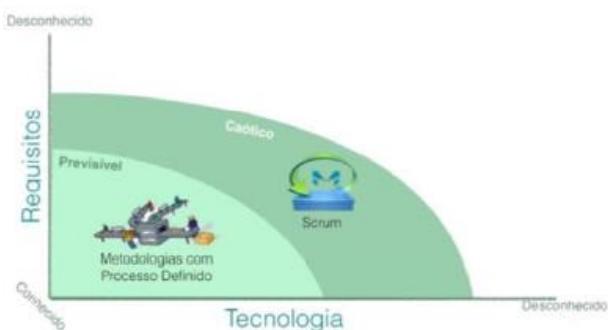
- a) Acompanhar e apoiar a equipe de desenvolvimento.

6 METODOLOGIA

6.1 A metodologia

A metodologia ágil, nada mais é do que um *framework* simples utilizado para gerenciar projetos em um cenário caótico, ou seja, quando não temos total domínio dos nossos requisitos, como apresentado na figura 3.

Figura 3 - Cenário Previsível x Cenário Caótico



Fonte: Dados fictos usados para publicação.

O Scrum conta com 3 pilares ditos como fundamentais, e sem eles a metodologia não se aplica.

- Transparência: todos tem conhecimento dos requisitos, os processos e sobre o andamento do projeto.
- Inspeção: Tempo todo é inspecionando o que está sendo feito no projeto, com os *checks* nas reuniões diárias ou *Sprint Reviews*.
- Adaptação: Tanto o processo quanto o produto sofrem adaptações constantes conforme as mudanças acontecem.

Além dos três pilares existem também as práticas fundamentais para adoção do Scrum.

- Papeis: *Scrum Master*, *Product Owner* e Time de execução.
- Eventos: Planejamento, execução, revisões e retrospectiva dos *Sprints*.
- Artefatos: *Product Backlog*, *Sprint Backlog* e Incremento/Entrega.

6.2 A metodologia implementada

Com base no que dita a gestão ágil foi definido os seguintes passos para implementação do projeto A partir das ações geradas pelo sistema “Gestão Segura” (*product backlog*) é realizado uma reunião de *sprint planning*, onde são priorizadas as ações para cada *sprint* de acordo com as prioridades e com o tempo previsto da entrega do projeto. Cada *sprint* tem a duração de 14 a 21 dias onde são implementadas as ações para *cybersecurity* conforme prioridade do cliente. Com duração máxima de 15 minutos e com frequência diária tem-se as *dailys meetings*, onde cada membro do time fala o que fez no dia anterior, o que vai fazer hoje e se alguma atividade que está sendo desenvolvida por ele pode impactar na conclusão do *sprint*. Ao final de cada *sprint* é realizada a *sprint review meeting* onde são levantados os pontos de melhorias visando o aumento de produtividade e qualidade das entregas do time. As reuniões de *feedback* com o time acontecem sempre que necessário pelo gestor do projeto.

6.3 Processo de gestão

O sistema “Gestão Segura” calcula a aderência dos sprint e do projeto como um todo baseado nas informações imputadas relacionadas aos recursos, riscos e impactos e avanço de cada atividade definida no plano de ação. Os KPIs gerados, são disponibilizados nos relatórios para as reuniões diárias da equipe e um quadro de gestão avista apresenta o ritmo e os possíveis riscos do projeto. Todos da equipe preenchem o KANBAN com o objetivo de mensurar o volume de entregas e sobrecarga de algum membro. As ações de cada sprint é dividida entre as

atividades que podem ser realizadas remotamente e as atividades que podem ser realizadas *in loco*. Dessa forma é possível mensurar os recursos que são variáveis em cada *sprint*.

7 TECNOLOGIAS

7.1 Tecnologias da indústria 4.0

Big Data: Grande volume de dados gerados pelo sistema onde a empresa responde todos os questionários para a análise de maturidade da segurança cibernética.

Clouding Computing: Data Center em nuvem, dispensando investimento em servidores físicos, armazenamento e processamento de dados.

Analytics: Dados relevantes são minerados, classificados e ordenados, gerando gráficos e traçando padrões.

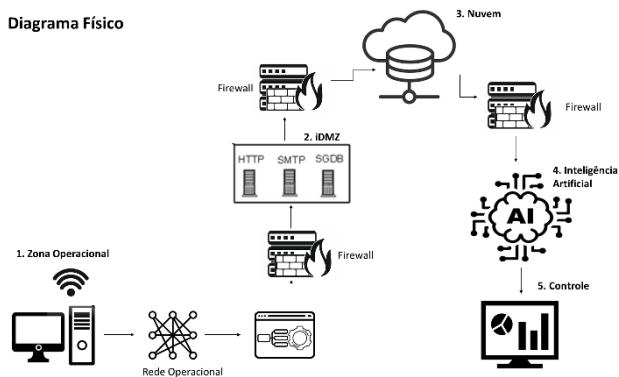
Inteligência Artificial: É nesse momento que o perfil do cliente é traçado e um pacote de soluções definido de forma personalizada. Com a Inteligência Artificial, é possível propor a solução inicial para prevenção de ataques cibernéticos, como também o sistema é capaz de aprender com cada tentativa de ataque, além de combater em tempo real as possíveis ameaças.

Cybersecurity: Os dados gerados em todas as etapas do processo são criptografados, ainda assim é previsto na arquitetura de rede uma iDMZ, para que a solução seja utilizada de forma segura e os dados do cliente mantidos em sigilo.

7.2 Diagrama físico

A arquitetura do sistema ‘Gestão Segura’ é essencial para o correto diagnóstico da rede e seu funcionamento seguro. Para que seja utilizada de forma eficiente e eficaz, fornecemos a seguinte arquitetura:

Figura 4 – Diagrama Físico



Zona Operacional: Onde acontece toda a captura de dados para elaboração da solução. O usuário imputa os dados na rede operacional.

iDMZ: Zona desmilitarizada Responsável por fazer a comunicação do sistema (input de dados) com os serviços disponibilizados em nuvem.

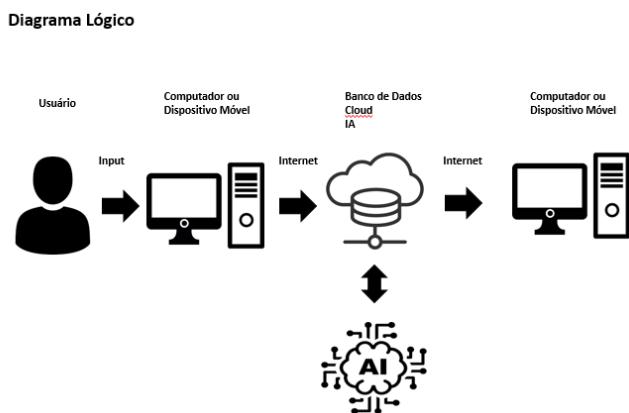
Nuvem: Armazenamento e serviços de análise dos dados imputados pelo usuário.

Inteligência Artificial: Onde o perfil do cliente é traçado através dos padrões de dados e a gerado o pacote de soluções de Segurança Cibernética personalizadas para o cliente.

Controle: Apresentação de toda solução e monitoramento da segurança da rede do cliente através de Dashboards interativos e atualizados em tempo real utilizando a base de dados da Nuvem, evidenciando a evolução das soluções pela Inteligência Artificial.

7.3 Diagrama Lógico

Figura 5 – Diagrama Lógico



Usuário: Deverá imputar as informações solicitadas no Sistema “Gestão Segura”.

Computador: Onde o aplicativo irá transpor os dados para nuvem. Pode ser utilizado dispositivo móvel.

Nuvem: Onde serão armazenados todos os dados imputados.

Inteligência Artificial: Os dados são avaliados e tratados com o objetivo de traçar padrões e estabelecer soluções direcionadas e personalizadas às necessidades do cliente.

Controle/Computador: Novamente através do computador ou dispositivo móvel, são apresentadas as soluções propostas e monitoramento de toda a rede do cliente.

8 TRANSFORMAÇÃO

Sabemos da importância em promover uma interação entre os processos já implantados nas empresas dos nossos clientes e os serviços fornecidos pela nossa empresa, para isso além de executar as atividades mínimas previstas no framework do projeto para elevar o nível de segurança dos ativos e das aplicações dos nossos clientes. Também levamos em consideração todos os aspectos mencionados abaixo na empresa dos nossos clientes:

Identificação de apontamentos: Verificamos a eficácia das suas tecnologias de prevenção e detecção de apontamentos de segurança da informação, contabilizamos o número de alertas falsos positivos. Esses indicadores de segurança da informação permitem identificar lacunas nas tecnologias existentes e como essas tecnologias podem ser ajustadas.

Produtividade: Controlamos os ativos que estão sendo monitorados, contabilizamos todos os apontamentos de segurança tratamento e checamos se a capacidade de resolução de apontamentos pela equipe é satisfatória. Verificamos se existem melhorias no processo de escalonamento para tornar a resolução de apontamentos mais eficiente. A organização de indicadores de segurança da informação para medir as habilidades dos analistas e compará-las às necessidades atuais da empresa pode identificar espaço para melhorias de treinamentos e capacitações.

Tempo médio para detecção (MTTD) e Tempo médio para resposta (MTTR): O MTTD mede quanto tempo leva para sua equipe tomar conhecimento de um possível incidente de segurança. O MTTR informa quanto tempo em média a empresa leva para responder a uma ameaça após a sua identificação. O baixo desempenho desses indicadores de segurança contribui para grandes brechas de segurança, por isso são considerados indicadores importantes para medir a segurança da empresa.

Score de riscos: Mapeamos quais são os principais riscos enfrentados pela sua empresa. Sabemos que as empresas enfrentam uma grande quantidade de riscos e possuem um orçamento limitado para lidar com esses riscos. Um score de riscos fornece uma pontuação em relação a postura de segurança da empresa com base nas principais categorias de segurança da informação: segurança de rede, engenharia social, monitoração de hackers, segurança de sistemas, reputação de IP, segurança nas estações de trabalho, correção de patches, integridade do DNS, vazamento de credenciais e segurança de sistemas abertos. Uma nota é atribuída para cada atributo e assim é possível identificar rapidamente como a sua empresa está em comparação com outras empresas do mesmo mercado de atuação. Através da mensuração contínua do score de risco é possível entender se as ações estão sendo eficientes para diminuição do risco.

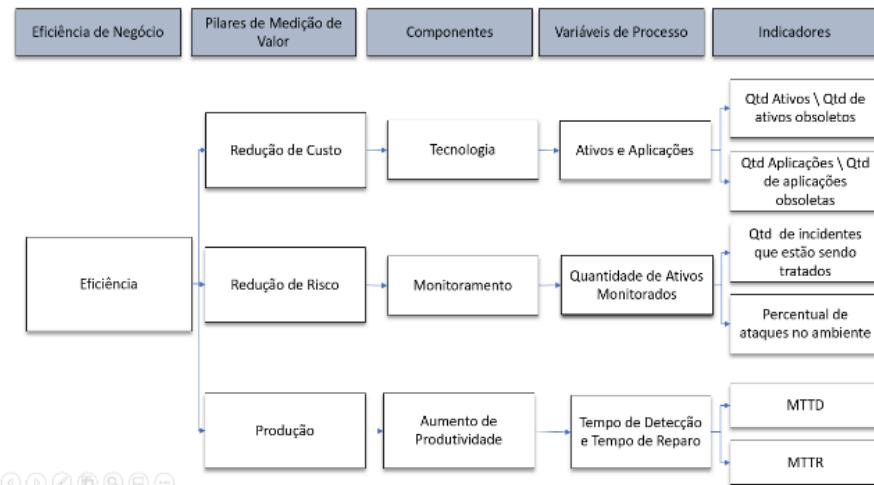
Cibersegurança: Controlamos todos os ataques na sua rede, medimos quanto tempo a sua equipe implementar as correções de segurança. Verificamos se os usuários estão relatando problemas de segurança cibernética à sua equipe. As ameaças cibernéticas estão em constante evolução e os processos e a tecnologia necessários para evitá-las mudam constantemente. Criamos os indicadores de segurança para avaliar a eficácia dos controles e tecnologias nos quais investiu.

Riscos de ativos: Controlamos todos os seus dispositivos de rede, verificamos se todos estão totalmente corrigidos e atualizados. Controlamos os acessos dos usuários a sua rede, verificamos se existem ativos mais propensos a problemas de segurança, aumentando o risco cibernético, verificamos quantos apontamentos são recebidos por localização geográfica, escritório ou unidade de negócio. A utilização desses indicadores de segurança da informação verifica quais ativos representam maior impacto, maximizando a eficácia do tempo e dos recursos financeiros e contribuindo para uma gestão de riscos de ativos.

Ambiente: Auxiliamos na criação da política de segurança da sua empresa e damos treinamento para todos os empregados, verificamos se existem penalidades financeiras ou legais associadas à exposição ou perda de alguma informação. Verificamos quão valiosa uma informação é para um concorrente, apresentamos os relatórios de qual seria o dano à reputação da empresa com o vazamento de informações. Apresentamos quais informações se forem perdidas podem impactar a lucratividade e as operações comerciais. Avaliamos o ambiente em busca de dados, ativos e informações consideradas preciosas que você precisa proteger. Em seguida, percebemos quais são os limites existentes de conformidade ou controles e buscamos entender se a arquitetura do seu ambiente é segura.

A figura abaixo representa a árvore de valor do projeto após a implantação:

Figura 6- Árvore de valor do projeto Gestão Segura



Fonte: Elaborado pelos autores

9 SUSTENTABILIDADE

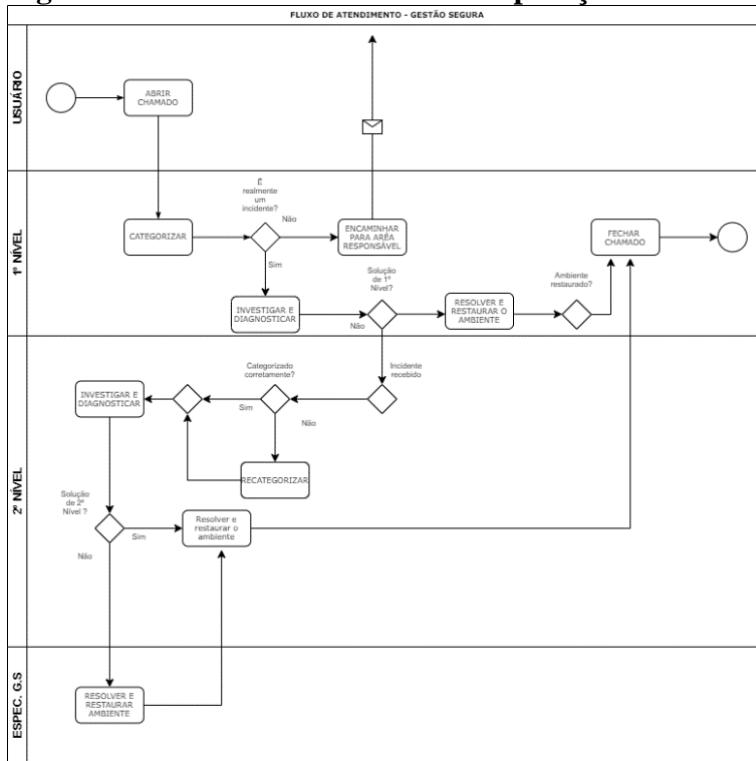
Em nosso modelo de negócio o “Gestão Segura” possibilita realizarmos o diagnóstico, projeto, implementação, validação, o gerenciamento e a operação de todo o processo. Visando garantir a melhor sustentabilidade, utilizamos a metodologia ITIL no atendimento como forma de garantir a melhor qualidade dos processos, através da aplicação das boas práticas da mesma.

Tratar os incidentes de cibersegurança consiste em receber os alertas, seja por monitoramento ou por chamados abertos pelos usuários, filtrar, categorizar, investigar e diagnosticar e realizar as ações necessários para a solução do incidente.

Desenvolvemos junto ao Gestão Segura APIs que possibilitam integrar toda cadeia de processos, com isso possuímos uma base de dados atualizada contra ameaças em tempo real, que realiza triagem e gera alertas que são de monitorados através de dashboards.

A Figura 7 mostra como realizaremos o atendimento até a resolução do incidente:

Figura 7 - Fluxo de atendimento da operação



Fonte: Elaborado pelos autores

O chamado: os incidentes são registrados através de chamado, que podem ser abertos por usuários através da central de atendimento 24 x 7, que são tratados pelo atendimento de 1º nível, outra forma de registrar os chamados são através do monitoramento.

Níveis de atendimento: Os incidentes abertos são classificados, ou seja, categorizados pelo 1º nível de atendimento que é responsável por monitoramento e recebimento dos chamados dos usuários, não sendo possível a solução neste nível o chamado é encaminhado para o 2º nível ou mesmo encaminhado para outras áreas conforme sua classificação. Atendimento de 2º nível é responsável pelas tratativas de maior complexidade, que envolve os ativos e restabelecimentos dos serviços, por fim a empresa pode acionar diretamente a equipe de especialista da Gestão Segura, que tem por função a gerencia estratégica que poderá promover mudanças no gerenciamento da cibersegurança e contato com a alta gestão da empresa.

Monitoramento: a operação funciona em alta disponibilidade em regime 24 x 7 através do atendimento de 1º nível e em horário comercial (08:00 h às 18:00 h) para equipe de atendimento de 2º nível em forma de plantão. O Gestão Segura possibilita acesso a solução por meio de acesso app ou web, o que proporcionar mais poder de intervenção e ação.

Incidentes: nossa solução é capaz de identificar e tratar qualquer tipo de incidente de cibersegurança, sendo os mais comuns, acesso não autorizado, negação de serviço, vírus, malwares, tentativa de intrusão, fraude, conteúdo abusivo, falha em equipamentos, violação da política de cibersegurança.

Medidas e recomendações: adoção rígida da política de cibergurança, limitar os controles de acesso físicos e lógicos, adoção de uso de assinaturas digitais, atualização constante de todos os softwares e aplicações, atualização prioritária aos patches de segurança, execução de testes periódicos.

10 CONCLUSÕES

Com o avanço da tecnologia e avanço da indústria 4.0 as pessoas têm se tornado cada vez mais conectadas e consequentemente cada vez mais expostas a terem informações e dados pessoais roubados na *web*. Quando falamos de ambientes industriais, elevamos ainda mais o patamar sobre os impactos negativos que cyber ataques podem trazer.

Como discutido no *business case* trazido nesse artigo, uma mina da VALE SA parada por um dia, significa um prejuízo de em média R\$ 50.085.000,00. Como apresentado no desenvolvimento do texto, um cyber ataque voltado para a usina de beneficiamento da empresa tem capacidade de parar essa planta por mais de uma semana, causando prejuízos gigantescos e até mesmo expondo pessoas a risco.

Vimos então que investir em segurança da informação, gestão de riscos e análise de vulnerabilidade se tornou agora algo essencial para que empresas continuem no mercado e para que gestores das empresas possam dormir à noite com tranquilidade.

REFERÊNCIAS

BASOLE, R. C.; KARLA, J. On the evolution of mobile platform ecosystem structure and strategy. **Business & Information Systems Engineering**, v. 3, n. 313, p. 313–322, 2011.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from national systems and ‘Mode 2’ to a triple-helix of university-industry-government relations. **Research Policy**, v. 29, n. 2, p.100-123, Feb. 2000.

GOMES, L. A. V. *et al.* Unpacking the innovation ecosystem construct: evolution, gaps and trends. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 136, p. 30-48, Nov. 2018.

JISHNU, V.; GILHOTRA, R. M.; MISHRA, D. N. Pharmacy education in India: strategies for a better future. **Journal of Young Pharmacists**, India, v. 3, n. 4, p. 334-342, Oct./Dec. 2011.

RUSSELL, M. G. *et al.* Transforming innovation ecosystems through shared vision and network orchestration. In: TRIPLE HELIX INTERNATIONAL CONFERENCE, 9., 2011. Stanford. **Proceedings** [...]. Stanford: Stanford University, H-STAR Institute Center for Innovation and Communication, 2011. p. 1-21.

WEISSNER, C. W. *et al.* (Ed.). **Innovation policies for the 21st century**: report of a symposium. Washington: National Academies Press, 2007.

Sistema de detecção de materiais não britáveis

Daniel Sales Santos Machado*
 Guilherme Rosas Almeida Gomes*
 Gustavo Garcia Lima*
 Leonardo Susumu Ando*
 Mairon César de Souza Fernandes*
 Jedson Alessandro Damasceno**

RESUMO

As paradas de produção não programadas são responsáveis por enormes prejuízos no ambiente industrial, afetando diretamente o faturamento da empresa e, possivelmente, o PIB do estado, como no caso de Minas Gerais, Brasil, em relação às atividades de mineração. Este artigo foi elaborado com o propósito de apresentar um problema recorrente em uma operação de mineração, causador de parada não programada, que é a presença de materiais não britáveis em meio a pilha de produtos. Também é apresentada uma proposta para sua solução, a qual aplique-se os conceitos da Indústria 4.0 e a criação de um modelo de negócios viável e escalável, com um planejamento desde sua concepção até o início das operações e desenvolvimento no mercado.

Palavras-chave: Mineração. Materiais não britáveis. Britadores. Visão computacional. Indústria 4.0.

ABSTRACT

Unscheduled production stoppages are responsible for huge losses in the industrial environment, directly affecting the company's revenue and, possibly, the state's GDP, as in the case of Minas Gerais, Brazil, in relation to mining activities. This article was prepared with the purpose of presenting a recurring problem in a mining operation, causing an unscheduled stop, which is the presence of non-crushable materials mixed in a pile of products. A proposal for its solution is also presented, which applies the concepts of Industry 4.0 and the creation of a viable and scalable business model, with planning from its conception to the beginning of operations and development in the market.

Keywords: Mining. Non-crushable materials. Crushers. Computer vision. Industry 4.0

1 INTRODUÇÃO

As carregadeiras são usadas para carregar minério em um caminhão, que é responsável por transportar a carga da mina para um local de processamento. A carga útil pode incluir materiais indesejados ou não britáveis, como um dente da carregadeira ou matacão (pedra grande) que não devem ser carregados. Esses materiais indesejáveis podem potencialmente causar danos ao equipamento durante o carregamento ou durante processamento da carga útil (ARMAC, 2020).

* Alunos do Programa de Pós-graduação do Instituto de Educação Continuada (IEC) da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

** Professor do Programa de Pós-graduação do IEC da PUC Minas

O operador da escavadeira tem um campo muito limitado de visão e frequentemente não é capaz de ver o conteúdo da caçamba pela cabine.

Figura 1 - Descrição do problema

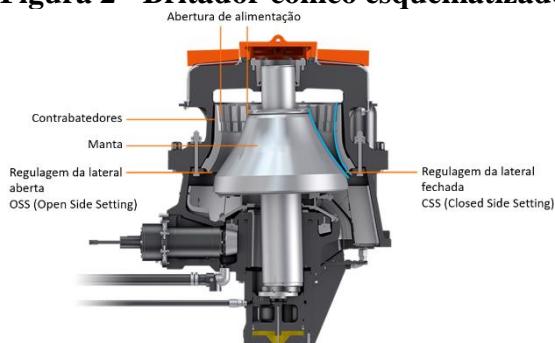


Fonte: Elaborado pelos autores

A britagem visa reduzir por ação mecânica o tamanho das rochas em fragmentos menores. Esta operação envolve diferentes estágios de Trituração (primária, secundária, terciária, quaternária), desde a mina até o seu beneficiamento no processo industrial (METSO BRASIL, 2018).

O material a ser triturado cai na câmara de trituração. A manta é uma parte móvel que gira em um movimento excêntrico, ou seja, ela não permanece completamente centrada - oscila levemente enquanto gira, alterando continuamente o espaço entre a manta e o contrabatedor (o anel fora da manta que permanece fixo). À medida que a manta se move, ela esmaga o material contra o contrabatedor nos pontos em que a folga é menor (os fragmentos também são comprimidos uns contra os outros) (GAGGIATO, 2018).

Figura 2 - Britador cônico esquematizado



Fonte: Imagem adaptada de Promax International Equipment (2019)

A introdução de material não britável em um britador primário resulta em possíveis travamentos, causando danos a estes ativos, diminuindo a produtividade (paradas prolongadas) e expondo os colaboradores a condições inseguras, pois a atividade de desobstrução é morosa e arriscada, podendo resultar em vítimas fatais.

Figura 3 - Travamento de um britador cônico



Fonte: Fotografia dos autores

1.1 Análise Financeira e benefícios

Analisamos uma unidade operacional de uma empresa do ramo de mineração e identificamos que em um período de 6 meses, foi registrado no sistema de manutenção 19 ocorrências de perda de dentes de carregadeiras, onde em 9 casos os mesmos foram basculados no britador.

Uma vez basculado no britador, estes não britáveis geraram 4 ocorrências de travamento de alto impacto na produção, o qual pode ser observado nas tabelas abaixo:

Tabela 1 – Impacto na produção decorrente do travamento do britador

Numero de ocorrências relevantes	4
Produtividade do Britador	4500 Ton/hora
Tempo médio das paradas	200 horas
Perda de produção Bruta por parada	225000 Ton

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 2 – Provável impacto financeiro decorrente do travamento do britador

Perda de produção	225000 Ton/Parada
Taxa de recuperação usina	50%
Produção Final (Após beneficiamento)	112500 Ton
Valor Produto	\$ 102,00 \$/Ton
Custo All In China	\$ 48,00 \$/Ton
Lucro	\$ 54,00 \$/Ton
Prejuízo aproximado por parada	\$6.075.000,00
Prejuízo hora/Parada	\$ 30.375,00

Fonte: Elaborada pelos autores

1.2 Solução proposta

A utilização de “pás inteligentes” (com a aplicação de visão computacional (BRANDIZZI, 2020)) garantem um monitoramento das operações de carregamento eficiente e seguro. O uso de uma câmera com visão da caçamba possibilita o acompanhamento em tempo real, bem como o monitoramento remoto, detectando a falta de dentes e desgastes, análise de

fragmentação e detecção de objetos estranhos, garantindo assim que não britáveis sejam detectados no início do processo e evitando travamentos no britador.

2 ESTRUTURAÇÃO

A introdução da solução no mercado será por meio da criação de uma startup com participação ativa em um HUB de Mineração, a fim de captar investimentos, empresas parceiras e novos clientes. O modelo de operação da startup será baseado em abordagem ágil, orientando nosso desenvolvimento ao que traz mais valor para o negócio (GOMES, 2016).

Propósito: "Utilizamos nossa *visão* para trazer mais *segurança* e *eficiência* para as suas operações."

2.1 Equipe

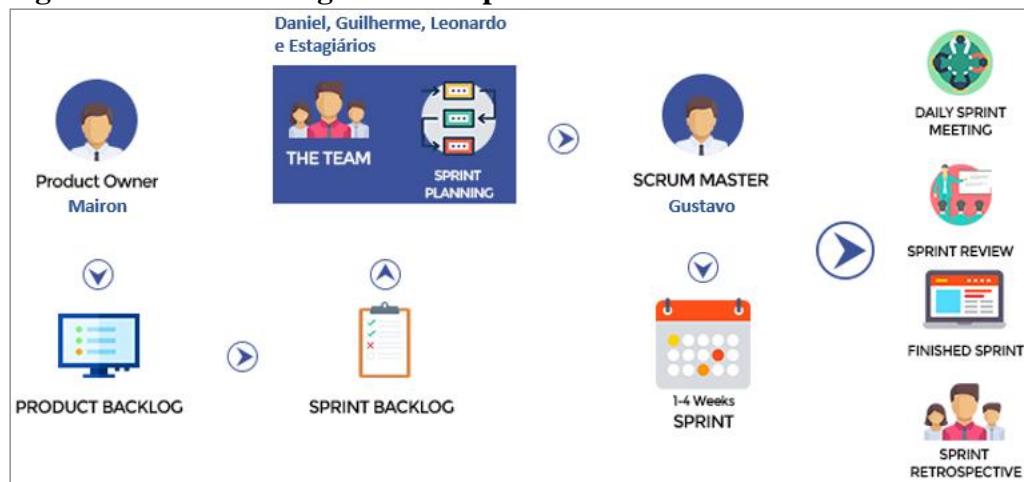
Mairon - CEO e Product Owner: Responsável pelo relacionamento com os clientes e mercado, Marketing e Vendas.

Gustavo - COO e Scrum Master: Responsável pelas Operações e gerenciamento do ciclo de vida do produto.

Daniel (Hardware) e **Leonardo** (Software) - CTOs e Scrum Team Members: Responsáveis pelo desenvolvimento e testes de hardware/software, sistema de visão computacional e integrações com dispositivos e sistemas, Suporte técnico remoto e On-site (instalação física), contando inicialmente com o apoio de 3 estagiários (Hardware, Software, Suporte). Responsável pela capacitação dos novos contratados e identificação de treinamentos de atualização para toda a equipe.

Guilherme - CFO, RH e Administração.

Figura 4 - Estrutura ágil da startup



Fonte: Elaborado pelos autores

2.2 Modelo de Negócio

Venda de hardware das escavadeiras e mensalidade sobre o software e serviços de manutenção

2.3 Produto e proposta de valor

Sistema de detecção de não britável durante o carregamento de produtos em caminhões fora de estrada.

2.4 Mercado

Mineradoras em geral - melhorar as informações do mercado com mais detalhes do número de mineradoras, quais utilizam este modelo de britador, etc.

O objetivo é atender as 5 maiores empresas de extração mineral do país, que juntas exportaram mais de 300 milhões de toneladas em 2019, e possuem impactos produtivos causados por presença de não britáveis no britador (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA EXTRAÇÃO DO FERRO E METAIS BÁSICOS, 2020).

Vale – Responsável por cerca de 80% da produção nacional;

CSN – Com pouco mais de 5%;

Anglo American – Com aproximados 5%; e

Nacional Minérios S. A. – Com pouco menos de 2% e;

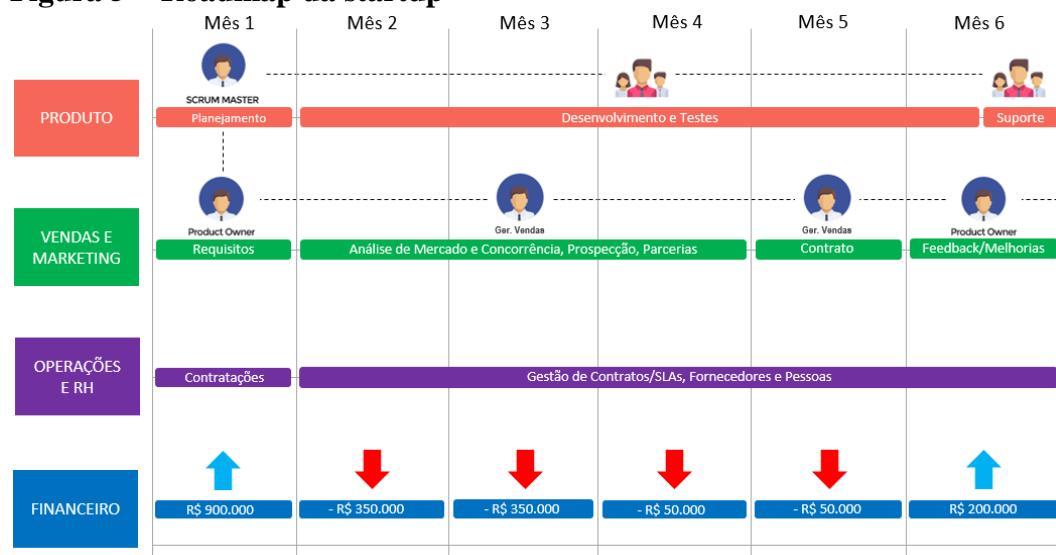
Gerdau Açominas S. A. – Com pouco mais de 1% do total da extração brasileira.

2.5 Expansão

Pedreiras e mercado externo, outras empresas que utilizam os mesmos tipos de equipamento.

Na figura 5 está representado o roadmap alto nível da startup onde é possível verificar as dimensões de produto, Vendas e Marketing, Operações e RH e Financeiro.

Figura 5 - Roadmap da startup



Fonte: Imagem adaptada de RoadMunk (2020)

Investimento inicial: R\$ 600.000,00

Hardware, desenvolvimento e implantação do piloto

Manutenção da operação por 6 meses: R\$300.000,00

Total: R\$900.000,00

2.6 Diferencial e relevância

Solução única e inovadora no mercado, com entregas ágeis. Alta relevância, considerando os frequentes eventos de não britável nos britadores.

3 DESIGN DO PRODUTO

3.1 Processo básico

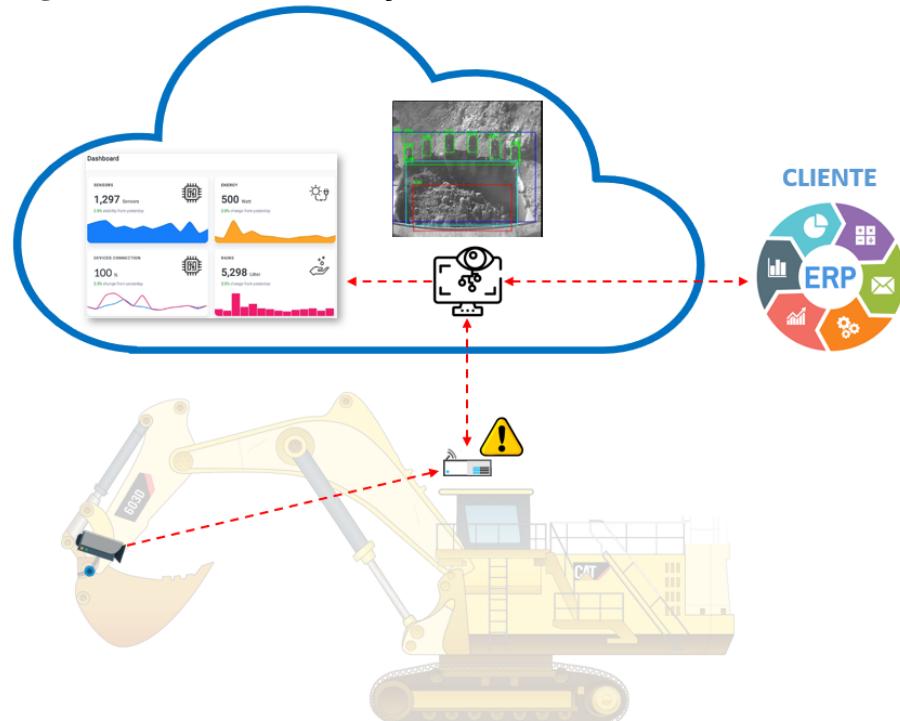
Aquisição de imagens: uso de câmera robusta projetada especificamente para oferecer imagens de alta qualidade nos ambientes mais adversos e em qualquer condição de iluminação, incluindo escuridão completa.

Processamento: modelagem do processo de detecção avançada com o treinamento por meio da alimentação de várias imagens rotuladas ou pré-identificadas.

Identificação: avaliação da acurácia de detecção do material não britável ou falta de dente da carregadeira na imagem.

A figura 6 apresenta o desenho esquemático da solução, que está detalhado nas arquiteturas Física e Lógica (figura 7). A arquitetura Física apresenta 3 níveis de hardware, e a arquitetura Lógica é composta pelas camadas de TA, TI e DMZ que integra estas 2 camadas.

Figura 6 - Desenho da solução

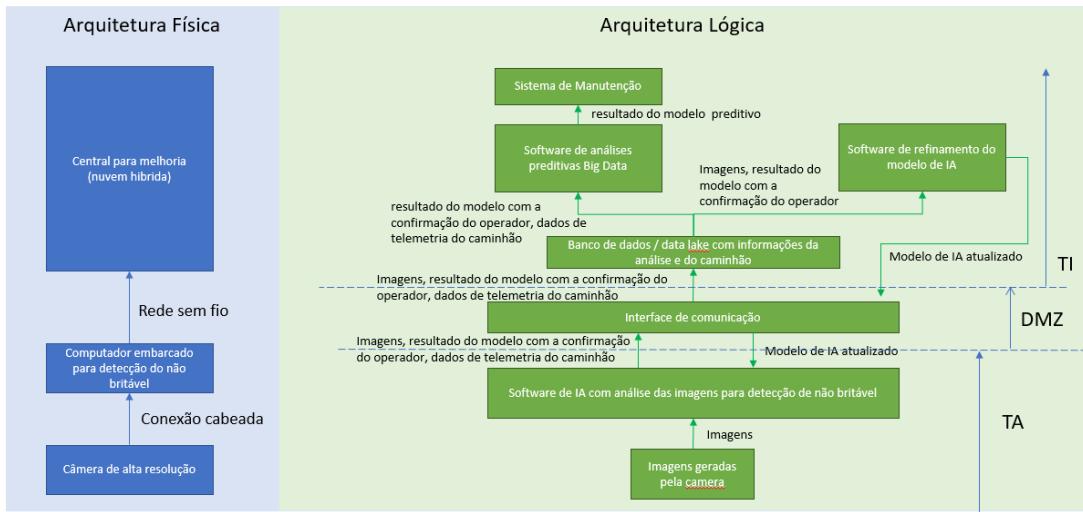


Fonte: Elaborado pelos autores

Serão testados os modelos Support Vector Machine (SVM) e Convolutional Neural Networks (CNN) e técnicas simples de pré-processamento de imagens, seguimentação e análise de dados a fim de implementar o melhor modelo de acordo com a precisão dos resultados, tempo de processamento/resposta e eficiência de codificação/manutenção. Objetiva-se atingir inicialmente precisão de detecção superior a 90% com 10 FPS (Frames Per Second - quadros por segundo).

3.2 Arquiteturas

Figura 7 - Arquitetura física e lógica



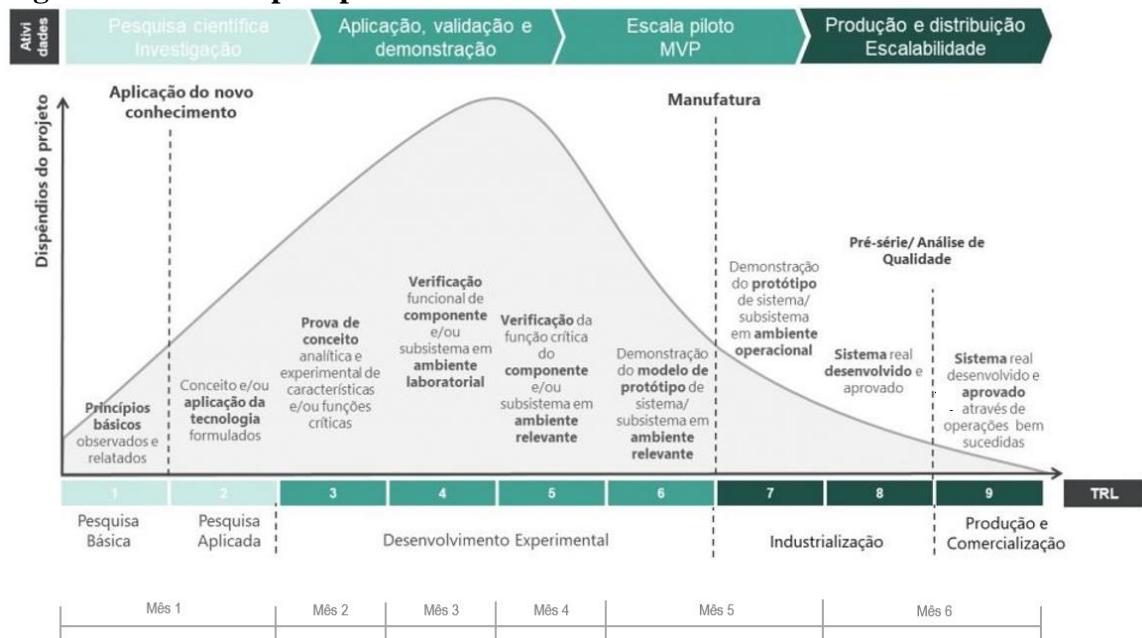
Fonte: Elaborado pelos autores

4 ROADMAP DO PRODUTO

O projeto desenvolvido encontra-se na fase de transição do nível de maturidade tecnológica (TRL) 2 para o nível 3. Estudos de conceitos de tecnologias e aplicações serão realizados, para que a prova de conceito possa ser viável.

O roadmap do produto é apresentado na figura 8, onde pode-se acompanhar a evolução do produto mês a mês em relação ao nível de maturidade tecnológica.

Figura 8 - Roadmap do produto



Fonte: Damasceno (2020)

5 IMPLEMENTAÇÃO

5.1 Gestão da mudança e transformação digital

A fim de assegurar a completa adoção e utilização da solução, definem-se os principais drivers para acompanhamento e retorno sobre o investimento, seguindo os requisitos de governança e padrões de tecnologia do cliente.

5.1.1 *Tecnologias*

- a) Homologação
- b) Contrato de MRO
- c) Quality Assurance / Performance

5.1.2 *Cibersegurança*

- a) Utilização de DMZ para segregação da rede de TI/TA

5.1.3 *Governança*

- a) Responsabilidade da Alta Gestão para garantia da aderência e utilização do sistema
- b) Responsabilidade pela manutenção do sistema (TI/TA ou Tecnologia), incluindo gestão do processo e funções, KPIs (ENDEAVOR BRASIL, 2015)
- c) Service Level Agreement

Capacitação

- a) Equipe do Cliente para operação e manutenção do sistema

OKRs e KPIs

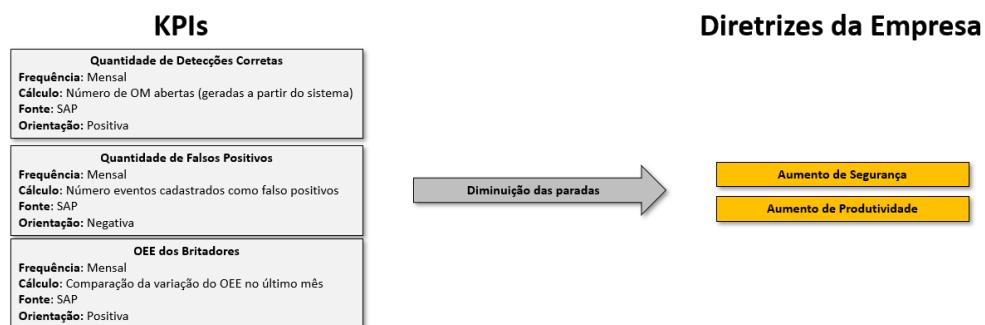
Objetivo: Prover um sistema de monitoramento responsável por detectar a presença de materiais não britáveis durante o carregamento de caminhões.

KR1: Reduzir as interrupções da produção por presença de não britável

KR2: Evitar danos aos ativos

KR3: Evitar a exposição de colaboradores à condições severas de segurança

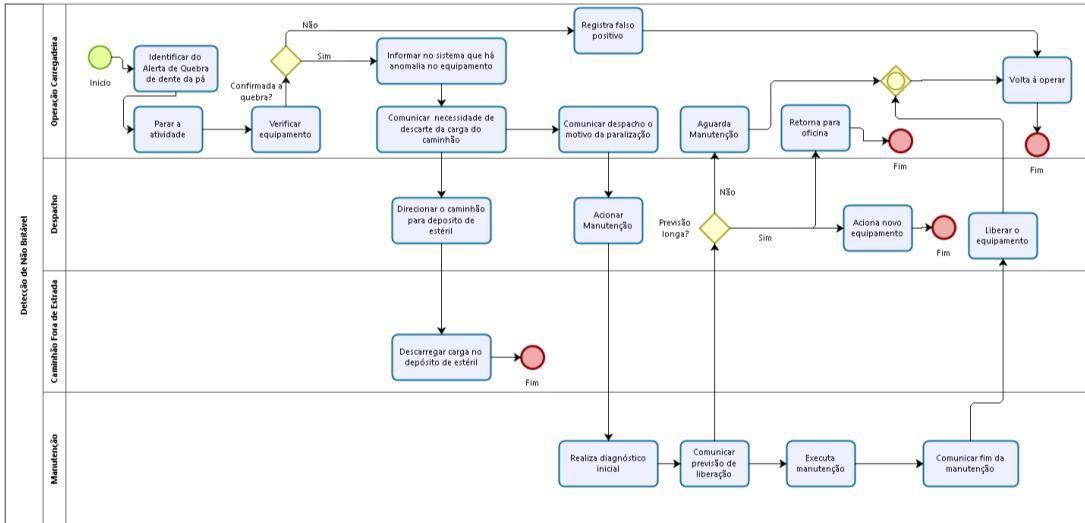
Figura. 9 - Árvore de valor



Fonte: Elaborado pelos autores

A modelagem de processos ajudará na análise e acompanhamento para obtenção dos ganhos esperados e também no aumento de qualidade, comunicação e transparência. Além disso, facilitará a simulação de possíveis mudanças para melhorias constantes.

Figura 10 - Fluxo de processo



Fonte: Elaborado pelos autores

6 CONCLUSÕES

Com os aperfeiçoamentos da tecnologia, a visão computacional executará uma gama maior de funções e também oferecerá maior acurácia no reconhecimento das imagens, trabalhando em conjunto com outras tecnologias ou outros subconjuntos da Inteligência Artificial para criar soluções mais robustas.

A presença de não britáveis em meio ao carregamento de material a ser processado é uma realidade que afeta consideravelmente a produção das mineradoras, podendo travar o britador e parar a unidade por dias ou a até mesmo semanas, acarretando em grandes prejuízos e riscos aos colaboradores. Desse modo, aproveitando de recursos tecnológicos avançados, utilizados no modelo de Indústria 4.0, tais como Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Sistemas Cyber-físicos e Big Data, objetiva-se implementar um sistema inteligente e autônomo com grande ganho de produtividade e segurança, com excelente relação custo-benefício.

REFERÊNCIAS

ARMAC. **Pás carregadeiras**. Barueri: Armac, 2020. Disponível em: <https://armac.com.br/categorias/maquina/pas-carregadeiras/>. Acesso em: 08 jul. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023**: Informação e documentação – Referências – Elaboração. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT. 2018

BRANDIZZI, Loreane. **Visão computacional**: o que é? Como funciona?. Brasília: Serpro, 2020. Disponível em: <https://www.serpro.gov.br/menu/noticias/noticias-2020/o-que-eh-visao-computacional>. Acesso em: 03 jul 2020.

DAMASCENO, Jedson Alexandre. **MBA em Indústria 4.0**: projeto aplicado: aula 06. Minas Gerais: [s. n.], 2020.

ENDEAVOR BRASIL. **KPI:** como medir o que importa no seu negócio. [S. l.]: Endeavor Brasil, 2015. Disponível em: <https://endeavor.org.br/estrategia-e-gestao/kpi/>. Acesso em: 03 jul. 2020.

GAGGIATO, Vitor. **Tratamento de minérios:** conceitos, cominuição, britagem e moagem. [São Paulo]: InfraBrasil, 2018. Disponível em: <https://www.infrabrasil.net.br/tratamento-de-minerios/>. Acesso em: 28 jun. 2020.

GOMES, André. **Metodologia ágil e scrum:** agilidade na entrega de produtos e projetos. [S. l. : s. n.], 2016. Disponível em: <https://metodologiaagil.com/>. Acesso em: 03 jul. 2020

METSO BRASIL. Veja como funcionam os tipos de britador existentes. **Mineração blog,** São Paulo, 31 ago. 2018. Disponível em: <https://www.metso.com.br/blog/mineracao/veja-como-funcionam-os-tipos-de-britador-existentes/>. Acesso em: 20 jun. 2020.

PROMAX INTERNATIONAL EQUIPAMENT. **Metso GP section thru.** [S. l.]: PROMAX, 2019. Disponível em: <http://www.promax equipment.com/metso-gp-section-thru/>. Acesso em: 20 jun. 2020

ROADMUNK. **Product roadmaps.** [S. l.]: ROADMUNK, 2020. Disponível em: <https://roadmunk.com/guides/tag/product/>. Acesso em: 25 jun. 2020.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA EXTRAÇÃO DO FERRO E METAIS BÁSICOS. **Minério de ferro vendas ao mercado nacional em milhares de toneladas métricas naturais.** Brasília: SINFERBASE, 2020. Disponível em: http://www.sinferbase.com.br/wp-content/uploads/2020/01/RELAT%C3%93RIO_JANEIRO_2020_E1.pdf?x23777. Acesso em: 28 jun 2020.



PUC Minas