

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL COM A UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS IOT - LORAWAN

Leandro Da Luz Alves¹

Fernando Guessi Placido²

Resumo: A necessidade de otimização dos processos de manutenção vem de encontro a pesquisa com o dispositivo *LoRaWAN*, em que colabora com a comunicação dentro da indústria e com a melhoria na prevenção da manutenção das máquinas em uso, evitando assim prejuízos. A manutenção industrial é parte da estratégia de empresas que gerenciam ativos e desejam manter os altos níveis de eficiência entre os seus ambientes. Tem como objeto de estudo agilizar, pelo meio de comunicação deste dispositivo a manutenção de máquinas ou equipamentos industriais, possibilitando o envio de informações relacionadas ao processo de manutenção a um servidor para acessá-lo remotamente por meio de celulares, tablets e computadores. Através da plataforma de programação do Arduino, foi possível programar os 2 dispositivos *LoRaWAN Wi-Fi Bluetooth*, os quais fazem a troca de dados entre si, sendo um o módulo mestre ao qual solicita os dados e o outro como escravo, responsável pelo envio dos dados aos quais foram solicitados. O resultado dos testes foi satisfatório, pois houve a comunicação esperada nos dispositivos com a contagem das peças e o monitoramento de máquina parada. Este tipo de dispositivo poderá ser utilizado na indústria, bem como em programas de máquinas que possam facilitar sua execução com a prevenção gerando benefício esperado.

Palavras-Chave: *LoRaWAN*. Comunicação. Manutenção. Indústria. Eficiência.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a indústria tem como objetivo se manter estável no mercado, alcançando bons resultados na qualidade dos seus produtos e para isso é necessário buscar a inovação tecnológica e métodos que ajudam a alcançar a alta performance competitiva.

A manutenção é um dos pontos significativos dentro da indústria, já que acontecem defeitos em máquinas interrompendo o processo durante a produção, o que com certeza não manterá a fidelização de seus clientes.

As empresas precisam obter margem de lucro e não se alcança esse objetivo com equipamentos defeituosos e para isso é necessário adotar métodos de manutenção, pois as exigências por qualidade de produtos estão crescendo cada vez mais e a competitividade se tornando mais acirrada.

Segundo Barros (2018), as empresas competitivas atualmente buscam qualidade nos seus equipamentos e conseqüentemente na produção, desta forma a

¹ Graduando em Engenharia Elétrica. E-mail: leandro.ccml@gmail.com

² Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: fernando.placido@satc.edu.br

manutenção pode fazer com que os custos indesejados sejam reduzidos e que seus produtos sejam satisfatórios.

Conforme estudos do mesmo autor, a manutenção quando é bem estruturada, facilita com que os equipamentos se encontrem de acordo com as especificações desejadas de funcionamento, possibilitando maior vida útil destes, pois os componentes com histórico de maior quebra, terão acompanhamento mais rígido através do dispositivo *LoRaWAN*, permitindo maior durabilidade do sistema durante seu processo.

Para Junior (2016), o dispositivo de comunicação *LoRa* ou *Long Range* que está se tornando predominante quando se trata de construção de redes *IoT*, que vem do termo, em inglês, *internet of things*, ou internet das coisas é uma plataforma *wireless* de longo alcance e de baixa potência, que por sua vez, envia e recebe dados de *gateways* específicos - similar as redes *Wi-Fi*.

A utilização deste equipamento visa facilitar a manutenção na execução fabril, agilizando o processo de aquisição de dados e conseqüentemente, melhorando o processo de manutenção de um equipamento ou linha de produção.

O método de comunicação *LoRaWAN* possibilita o envio de informações importantes a um servidor, como por exemplo: quanto tempo a máquina fica parada; quanto tempo permanece produzindo; alertar ao supervisor do setor que o equipamento está com problemas no funcionamento e precisa de manutenção com urgência.

Diante disso, este projeto objetiva apresentar um estudo com uma proposta de aplicação tecnológica no intuito de tornar a manutenção mais acessível e prática com a utilização de dispositivos de comunicação do tipo *LoRa/LoRaWAN*

Portanto, para tal, precisasse agilizar pelo meio de comunicação deste dispositivo a manutenção de máquinas ou equipamentos industriais, possibilitando o envio de informações relacionadas ao processo de manutenção a um servidor para acessá-lo remotamente por meio de celulares, tablets e computadores e para isso faz-se necessário:

✓ Verificar a capacidade de enviar sinais de comunicação entre dois dispositivos *LoRaWAN*, através dos obstáculos existentes dentro da indústria;

- ✓ Avaliar a eficiência da transmissão de informações da máquina em específico dentro da indústria;
- ✓ Utilizar o servidor *ScadaBR* para coletar as informações de transferência de dados;
- ✓ Utilizar dispositivos remotos para acessar ao servidor *ScadaBR*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A indústria tem avançado de tal forma, que as empresas exigem qualidade significativa em seu processo de produção, a fim de obter melhor qualidade nos produtos e serviços oferecidos, tornando-se uma meta a ser alcançada dia após dia. (BARROS, 2018)

De acordo com Barros (2018), a importância de obter lucratividade, produtividade, disponibilidade de máquina e aumento da competitividade, têm como consequência a satisfação e fidelização de clientes. Esses indicadores são diretamente ligados à manutenção de equipamentos e instalações das organizações e quanto mais favoráveis eles forem maiores são as possibilidades de obter vantagens competitivas em relação à concorrência. Uma indústria com grandes exigências na qualidade e produtividade dos seus produtos, devem adotar métodos práticos de manutenções preventivas ou corretivas, eliminando paradas, falhas e principalmente, perdas na produção.

2.1 A MANUTENÇÃO E SUA FUNÇÃO DENTRO DA INDÚSTRIA

O processo de manutenção deve estar segundo a norma da ABNT NBR 5462:1994, que trata exclusivamente dos critérios de confiabilidade e manutenibilidade de uma indústria e dos processos que são importantes para manter os padrões de qualidade.

O principal foco da manutenção industrial é garantir o bom funcionamento das máquinas e equipamentos, mediante procedimentos já ajustados previamente para manter o processo produtivo em funcionamento, os instrumentos e maquinários dando continuidade e garantir a segurança de todos. (SIGGA, 2019).

Ao realizar a restauração, conservação, substituição e monitoramento dos equipamentos e das peças que compõem toda a área de manutenção, a empresa consegue maximizar o potencial produtivo da indústria (MORO, 2007)

A manutenção industrial é parte da estratégia de empresas que gerenciam ativos e desejam manter os altos níveis de eficiência entre os seus ambientes.

O objetivo principal dentro da indústria é fornecer melhor qualidade tanto aos produtos como prazos de entrega para seus clientes. Deste modo, Meire (2012) diz que:

A manutenção deve ser prática constante nas organizações, pois caso o equipamento quebre ou apresente defeitos em operação, o produto não terá o mesmo padrão de qualidade que poderia oferecer caso o equipamento não tivesse apresentado problemas. Além do mais, a interrupção do processo gera uma série de problemas que poderiam ser evitados, tais como: Reclamações e perda de confiabilidade dos clientes que não serão atendidos no prazo especificado; Receitas que deixam de ser obtidas; Custos de reparos dos equipamentos; Aumento nos índices de acidentes de trabalho, entre outros. (MEIRE, 2012)

2.2 TIPOS DE MANUNTENÇÃO

Conforme Parreiras (2021) é importante entender primeiramente o caminho a seguir quando surge algum tipo de problema e como é possível evitar contratempos com uma manutenção preventiva, corretiva ou preditiva, deste modo, entende-se a importância da manutenção.

A manutenção, como ferramenta estratégica das organizações é diretamente responsável pela disponibilidade de seus equipamentos, tem uma importância crucial no resultado das empresas. Com a gestão da manutenção implantada na empresa, seus resultados serão melhores e mais satisfatórios. (BARROS, 2018).

2.2.1 Manutenção corretiva

A importância da manutenção corretiva é a de tornar a vida útil do equipamento mais longo e utilizável com segurança. De acordo com Meire (2012), a manutenção corretiva, aplica-se em máquinas que tiveram sua capacidade produtiva afetada, cujo, sua performance inicial já não é mais a mesma. A manutenção corretiva visa recuperar o estado inicial da máquina.

Em concordância Parreiras (2021) diz que este tipo de manutenção pode ser aplicado após a danificação do equipamento de fato ou com planejamento, porém não é viável deixar chegar a este ponto, pois pode causar problemas maiores como gastos, valores abusivos para consertos de peças e principalmente acidentes e problemas de saúde à equipe.

2.2.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva tem como objetivo antecipar quaisquer problemas das máquinas durante a produção, impedindo o seu mal funcionamento por isso, deve-se organizar e planejar manutenções preventivas rotineiras nos equipamentos evitando muitos problemas inesperados e atrasos na produção. (ALMEIDA, 2014)

Para Parreiras (2021), a prevenção diminui tanto os riscos de acidentes que podem ser afetados aos trabalhadores e ao meio ambiente quanto as possíveis quebras de produção e impede que o equipamento seja afetado na qualidade do produto ou que cause desperdício de material.

Sendo assim “é importante estabelecer uma regra ou um cronograma de manutenção preventiva, e cumpri-la à risca para que isso impeça gastos maiores futuramente”. (MACEDO, 2015)

2.2.3 Manutenção preditiva

Esse tipo de manutenção é aplicado quando a análise de algumas circunstâncias do equipamento demonstra sinal de desgaste ou esteja irregular, desta forma o acompanhamento precisa ser constante para identificar os possíveis problemas e evitá-los. (PARREIRAS, 2021)

Conforme MEIRE (2012), a manutenção preditiva é feita a partir da análise e o acompanhamento de alguns aspectos ou condições do equipamento e da instalação, com o intuito de prevenir problemas futuros. Um exemplo para isso é a análise do óleo de uma máquina ou as vibrações de algum equipamento.

2.3 DISPOSITIVO LoRaWAN

LoRa (AUGUSTIN et al., 2016), um acrônimo para Long Range (Longo Alcance), é um protocolo de camada física que se popularizou pelas promessas de baixo custo, longo alcance e baixo consumo (AKPAKWU et al., 2018).

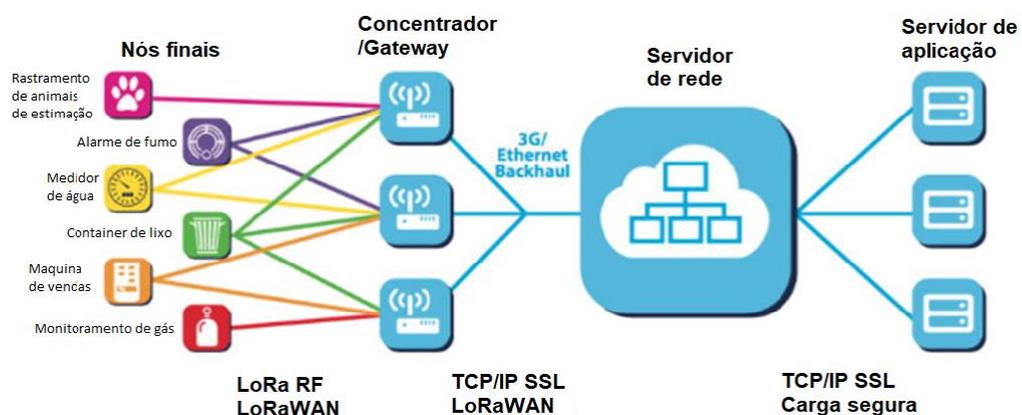
LoRaWAN é a arquitetura de rede de acesso do protocolo LoRa, que segundo a LoRa Alliance (2015) define os protocolos de comunicação da camada de enlace e sua estrutura (ALLIANCE, 2015).

Conforme os autores acima e a organização *LoRa Alliance* lançou em 2015 o protocolo de comunicação *LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)*, baseado na tecnologia *LoRa* da *Semtech* (fornecedor líder de produtos semicondutores analógicos e de sinal misto de alta qualidade), foi capaz de alcançar distâncias longas de comunicação com baixo consumo de energia.

A *RoboCore* que é uma empresa especializada nestes dispositivos discorre que o *LoRaWAN*, por sua vez é um protocolo baseado em *LoRa* que foi aprimorado para ganhar espaço no mercado em níveis mais altos de aplicação e integrar a comunicação dos dispositivos com a internet.

E acrescenta que estes dispositivos são compostos de microcontroladores dedicados e outros componentes responsáveis por conectar o dispositivo à rede e garantir a segurança de conexão, podendo contar ainda com sua comunicação por radiofrequência. E para que a mensagem de um dispositivo *LoRaWAN* chegue à plataforma final, ele deve passar por alguns pontos conforme a imagem a seguir:

Figura 1 - Estrutura de Comunicação do Protocolo.



Fonte: 3glteinfo.com/lora/lora-architecture/

Os nós finais, representam os dispositivos *LoRaWAN* remotos. Estes dispositivos enviam e recebem informações dos "Gateways", que representam basicamente as antenas de conexão. Através dessa antena, as informações trocadas com os dispositivos são enviadas pela internet para o "Servidor de rede", que é responsável por encaminhar corretamente as mensagens de um certo dispositivo para sua respectiva aplicação final, ou no sentido inverso. Por fim, as informações chegam ao "Servidor de aplicação", é um servidor que disponibiliza um ambiente para a instalação e execução de aplicações de software, que representa a plataforma onde são finalmente exibidas as informações da comunicação. Os servidores de aplicação também são conhecidos por *Middleware*. (3GLTEINFO. 2022)

Segundo o fabricante HELTEC, este módulo é capaz de integrar todas as possibilidades de ESP32 no mercado com três formas distintas de comunicação: *Wi-Fi*, *Bluetooth* e a rede de longo alcance *LoRa* (até 3,6km de distância sem barreira) em uma placa muito pequena. (HELTEC,2022)

A interface de comunicação conta com um microprocessador *Xtensa* 32-Bits LX6 que apresenta baixo consumo de energia e se destaca pela presença de dois núcleos de CPU (processador dual core), permitindo aplicação em conjunto com sensores, módulos e diferentes interfaces. (3GLTEINFO. 2022)

Conforme a 3GLTEINFO, 2022. o dispositivo conta com um controlador de carga e conector JST na parte inferior para uma bateria (bateria (*Li-Ion* ou *Li-Po*) de 3.7V) e até 1000mAh para alimentação remota, sem a necessidade de fios. Abaixo segue algumas características:

- ✓ Chip Base: ESP32-D0WDQ6;
- ✓ Fonte de alimentação USB ($\geq 500\text{mA}$): 5V DC;
- ✓ Fonte de alimentação da bateria de lítio ($\geq 250\text{mA}$): 3,7V a 4,2V
- ✓ Processador: Xtensa 32-Bit LX6 Dual Core;
- ✓ Clock: 80 à 240 MHz (Ajustável);
- ✓ Memória ROM: 448KB;
- ✓ Memória SRAM: 520Kb;
- ✓ Memória Flash Externa: 32-Bit de acesso e 4Mb;
- ✓ GPIO: Digital IO (29), ADC 12-Bits, DAC 8-Bits;
- ✓ Wi-Fi 802.11 b/g/n: 2.4 a 2.5 GHz;
- ✓ Segurança Wi-Fi: WPA / WPA2 / WPA2-Enterprise / WPS;

- ✓ Criptografia Wi-Fi: AES / RSA / ECC / SHA;
- ✓ Bluetooth 4.2 BR / EDR e BLE (Bluetooth Low Energy);
- ✓ Temperatura de trabalho: -40° à +85° C;
- ✓ Chip Base *LoRa*: SX1276;
- ✓ Frequência de operação: 868MHz;
- ✓ Potência máxima: 20dBm;
- ✓ Modo de modulação: *LoRa*, FSK, GFSK e OOK;
- ✓ Taxa de transferência: 0,018 à 37,5 Kbps (*LoRa*);

2.4 SISTEMAS DE SUPERVISÃO SCADA

O *software ScadaBR* oferece todas as funcionalidades de um sistema SCADA suportando diversos protocolos de comunicação o que facilita a conexão com a maioria dos dispositivos de automação. Conforme informações do fabricante, o *ScadaBR* é um *software* livre, e *open source* para controle supervisão aplicado na área da automação. (SCADABR,2022)

O sistema SCADA existe desde o final dos anos 60 e é uma ferramenta muito importante quando se trata de monitoramento de máquinas, como controladores programáveis, CLP'S, acionamentos eletrônicos e toda a questão de sensoriamento.

O sistema de supervisão *ScadaBR* é uma plataforma de código fonte aberto pois, tradicionalmente os *softwares* SCADA custam na faixa de algumas dezenas ou até centenas de milhares de reais, o que na prática muitas vezes, se torna inviável quando se trata de uma aplicação mais simples.

A plataforma gratuita como o *ScadaBR*, permitiu que empresas ou pessoas com um ideal comum, unissem seus esforços e produzissem de maneira colaborativa, um *software* muito completo, compatível com as mais novas tendências de automação distribuída.

Em termos técnicos, o *ScadaBR* é uma solução ideal para comunicação com dispositivos para fazer o registro de dados e apresentá-los em uma tela de supervisão. Ele traz liberdade completa aos desenvolvedores de sistemas, rodando em qualquer sistema operacional – Windows, Linux, Mac entre outros.

2.5 CIRCUIT MAKER

Os dados da *Altium*, a fabricante da ferramenta *Circuit Maker* é um dispositivo de design esquemático e PCB gratuito, sua plataforma fora desenvolvida de forma gratuita, objetivando facilitar o acesso à tecnologia sem restringir a facilidade ou capacidade de colaborar. Disponibilizando roteamento eficaz de longo alcance, entrada esquemática hierárquica, *autorouting* e tecnologia *Native 3D*. Podendo-se obter o alcance eficaz total de 16 camadas de sinal mais 16 camadas planas e sem restrições às dimensões do PCB. (*CIRCUITMAKER,2022*)

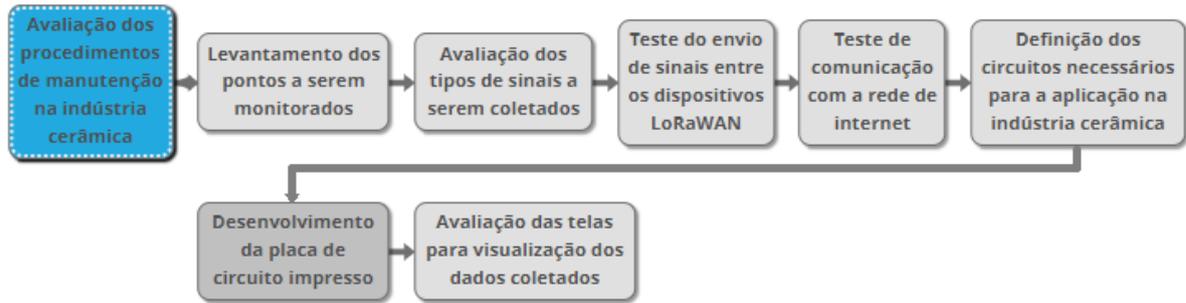
A fabricação dele se dá em uma biblioteca comunitária com centenas de milhares de componentes, todos apoiados pelo banco de dados *Octopart* abrangente e em tempo real. Os componentes nos projetos do *CircuitMaker* são tão simples quanto pesquisar pelo número da peça do fabricante ou pelos parâmetros do projeto. Além disso a plataforma permite adicionar peças próprias personalizadas e componentes mecânicos. Seus recursos de roteamento são robustos, seus modos de roteamento interativos incluem evitar obstáculos, abraçar, abraçar e empurrar e ignorar obstáculos. Os modos *push* irão empurrar outros traços e vias, bem como *hop-over*. Você pode até mesmo rotear pares diferenciais e adicionar interativamente acordeões a redes que precisam desse comprimento extra para atrasos de sinal.

O *CircuitMaker* implementa captura esquemática e *design* de PCB usando o mesmo mecanismo do *Altium Designer*, proporcionando uma experiência de usuário quase idêntica. O editor esquemático inclui posicionamento básico de componentes e projeto de circuito, bem como projeto multicanal avançado e esquemas hierárquicos. Todos os esquemas são carregados no servidor *Altium* e podem ser visualizados por qualquer pessoa com uma conta *CircuitMaker*, estimulando a reutilização do design.

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS / METODOLOGIA

Esta seção consiste em apresentar as etapas que devem ser aplicadas dentro da indústria cerâmica para a realização do trabalho. A Figura 2 mostra o fluxograma para elaboração de cada etapa do projeto.

Figura 2 - Fluxograma de procedimentos do experimento.



Fonte: Do autor (2022)

3.1 PROCEDIMENTOS DA MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA CERÂMICA

Nesta etapa foi avaliado como ocorre o procedimento de manutenção na indústria cerâmica Eliane. Desta forma viu-se que a manutenção só é aplicada através das ocorrências que acontecem na máquina tendo como consequência a redução da qualidade da produção.

A aquisição das informações para a gestão de qualidade dos produtos é feita através do supervisor do setor de forma manual, fazendo anotações quando a produção para colocando em observação o motivo da parada.

A fim de otimizar esse processo, foi avaliado que, para uma boa gestão de qualidade dos produtos é necessário monitorar o quanto a máquina está produzindo e o quanto ela para durante a produção. Desta forma é possível fazer análises das ocorrências através de relatórios gerados pelo sistema de supervisionamento podendo tomar decisões mais precisas para melhorias.

3.2 PONTOS A SEREM MONITORADOS

A necessidade de obter dados de contagem de peças e monitoramento de status de máquina, viu-se duas entradas digitais e uma saída digital no dispositivo *LoRaWAN* modelo *Wireless Stick Lite*, ao qual atendeu a possibilidade de fazer a leitura dos sinais elétricos necessários. Desta forma foram vistas as seguintes GPIO'S:

- ✓ GPIO1 utilizado para acionamento de alarmes externos;
- ✓ GPIO2 utilizado para contabilizar a produção;
- ✓ GPIO3 utilizado para monitoramento de máquina parada.

3.3 TIPOS DE SINAIS A SEREM MONITORADOS

3.3.1 Contagem de peças

A quantidade de peças produzidas é monitorada através do sensor fotoelétrico. A Figura 2 do sensor a ser utilizado para contagem de peças:

Figura 2 – Sensor fotoelétrico Banner.



Fonte: <https://www.riberpack.com.br/>

Os sinais monitorados para testes de contagem de peças se deram através de sensor fotoelétrico conforme a Figura 2, dentre os mais comuns utilizados nas linhas de produção dentro das cerâmicas. É importante ressaltar que a distância em que o sensor detecta o objeto varia de acordo com o modelo do fabricante e para isso é necessário verificar a distância em que o objeto se encontra para adquirir os sensores corretamente.

O fato de esse sensor possuir uma tensão de alimentação de 10 a 30VCC e um sinal elétrico de 24VCC, foi necessário desenvolver um circuito eletrônico conforme o item 3.4 para que o dispositivo *LoRaWAN* absorva esse range de sinal elétrico, já que possui entradas digitais de até 3,3V.

3.3.2 Monitoramento de máquina parada

Monitorar a máquina parada também é uma necessidade na indústria para tomada de decisão de melhorias para que o problema não ocorra.

O monitoramento da máquina parada aplica-se através do auxílio de contatos ou inversores de correias transportadoras. Utilizando apenas um contato auxiliar nesses componentes, possibilita-se o monitoramento do estado da máquina, ou seja, se está parada ou em funcionamento.

A entrada do contato auxiliar dos componentes responsáveis pelo acionamento das correias transportadoras, recebe um sinal 24VCC que quando comutado um sinal elétrico é enviado para a entrada GPIO3 do dispositivo *LoRaWAN* permitindo o monitoramento do estado da máquina.

3.4 TESTE DE COMUNICAÇÃO ENTRE OS DISPOSITIVOS *LoRaWAN*

Através da plataforma de programação do Arduino, foi possível programar os 2 dispositivos *ESP32 SX1276 868/915MhzLoRAWANWi-Fi Bluetooth* para fazer a comunicação. Desta forma pode-se testar a distância máxima de tráfego de dados.

Tratando de comunicação foi necessário usar um dispositivo denominado como mestre e o outro como escravo como na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma para teste de comunicação.



Fonte: Do autor (2022)

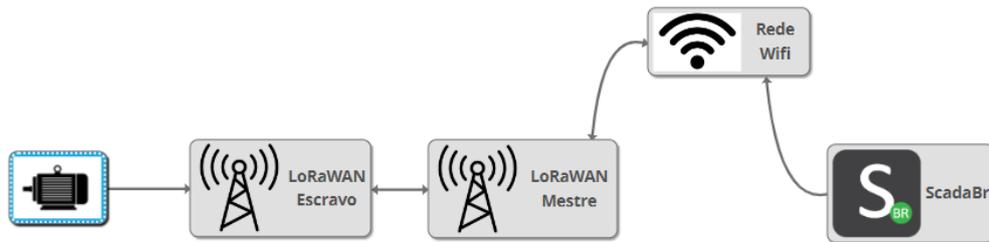
A interface de comunicação que faz o papel de mestre é quem solicita os dados para o escravo ao qual armazena as informações

3.5 COMUNICAÇÃO COM A REDE DE INTERNET E CRIAÇÃO DAS TELAS

A comunicação com a rede de internet para apresentação dos dados adquiridos foi através da plataforma de supervisionamento *ScadaBR*.

Seguindo algumas etapas de programação e instalações do dispositivo *LoRaWAN*, como mostra o fluxograma da Figura 4, foi possível fazer a comunicação com o *ScadaBR*.

Figura 4 – Processo para comunicação com o *ScadaBR*.



Fonte: Do autor (2022)

A conexão do *LoRaWAN* mestre responsável por obter as informações do *LoRaWAN* escravo ao qual é conectado as máquinas da linha de produção deve estar conectado à rede de internet assim como o *ScadaBR* compartilhando o mesmo endereço de IP.

O código referente a Figura 5 é utilizado para fazer a conexão do dispositivo *LoRaWAN* mestre com a rede *Wi-Fi* gerando um endereço de IP ao qual será inserido nas configurações do *ScadaBR* para fazer a comunicação entre o hardware e a plataforma.

Figura 5 – Código para conexão *Wi-Fi*.

```
WiFi.begin("Celio marizete 2G", "9904341164");

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

Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());

mb.server();
```

Fonte: heltecautomacion 2021

Através do código elaborado na Figura 5 é possível colocar o login e a senha da rede *Wi-Fi*, dessa forma o endereço de IP é mostrado na serial do Arduino.

Ao adicionar o *LoRaWAN* mestre a rede de internet, adiciona-se as entradas que serão monitoradas na programação do dispositivo. É possível fazer isso conforme o código abaixo:

```
constint CONTADOR_COIL = 100;  
constint MPARADA_COIL = 101;
```

Essa linha do código acima ao qual é utilizado para programar o *LoRaWAN*, serve para adicionar os endereços às entradas que serão monitoradas pelo *ScadaBR*.

```
mb.addCoil(CONTADOR_COIL);  
mb.addCoil(MPARADA_COIL);
```

Já essa linha do código acima serve para descrever que tipo de endereço será registrado, como será monitorado o estado das entradas digitais, deve-se adicionar ao código o registro *mb.addCoil* para que o programa entenda o tipo de entrada monitorada podendo ser uma entrada digital ou uma entrada analógica.

Os endereços programados na plataforma do *LoRaWAN* mestre devem ser adicionados ao *ScadaBR* e é possível fazer isso inserindo um “data *point*” conforme a Figura 6.

Figura 6 – Registro da entrada do *LoRaWAN*.



Fonte: Do autor (2022)

Os endereços que foram adicionados na programação do dispositivo *LoRaWAN* mestre, devem ser adicionados no campo de *offset* conforme mostra a Figura 9, possibilitando o monitoramento das entradas responsáveis pela contagem de peças e do tempo de máquina parada.

3.6 DEFINIÇÕES DOS CIRCUITOS

Conforme as análises feitas na indústria cerâmica Eliane, de acordo com o item 3.1 deste artigo foi possível definir os circuitos necessários que atenda o objetivo do artigo.

Quadro 1– Circuitos definidos para o projeto.

Tipo	Quantidade	Circuitos
Fontes	1	Fonte 5V
	1	Fonte 3,3V
Entradas digitais	3	Entradas digitais PNP
	2	Botão push button
Entradas analógicas	1	Entrada analógica de 0 a 24mA
	1	Entrada analógica de 0 a 10V
Saídas digitais	2	LED's
	3	Saídas a relé
	1	Saida PWM

Fonte: Do autor (2022)

A placa de circuito impresso possui 3 entradas e saídas digitais, 2 entradas analógicas, sendo uma de 0 a 10V e a outra de 0 a 20mA e uma saída PWM.

Foram utilizadas apenas duas entradas digitais, sendo uma para quantificar a produção de peças e a outra para monitorar o status da máquina, além de uma saída digital para acionamento de alarmes externos.

Os demais circuitos foram desenvolvidos para necessidade futura, como as entradas analógicas serem utilizadas para monitorar níveis de tanque de água ou níveis de silos, e a saída PWM para fazer o controle de dosagem de determinados produtos.

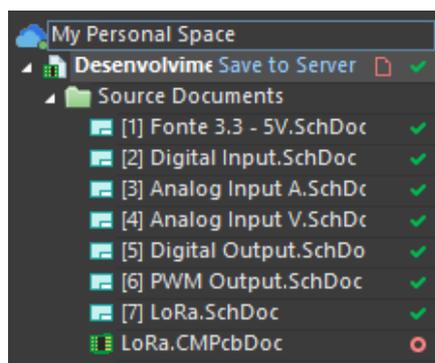
3.7 DESENVOLVIMENTO DOS CIRCUITOS

A necessidade de desenvolver o circuito eletrônico é importante para que o dispositivo *LoRaWAN* aceite sinais elétricos com tensões de 24VCC, pois as especificações técnicas do dispositivo mostram que as entradas digitais funcionam com tensões até 3,3VCC, sendo necessário baixar este *range* para não queimar o equipamento, além do dispositivo necessitar de proteções contra ruídos, já que dentro da indústria as interferências podem provocar falhas no sistema.

O desenvolvimento da placa eletrônica que comporta os circuitos, foi criado com o auxílio da plataforma *CircuitMaker*.

A montagem dos circuitos foi desenvolvida dentro do *Schematics* do programa onde consta bibliotecas com diversos componentes e microcontroladores atendendo a necessidade do projeto. Os circuitos são desenvolvidos de forma separada em cada página inserida no *Schematics* como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Páginas dos circuitos.



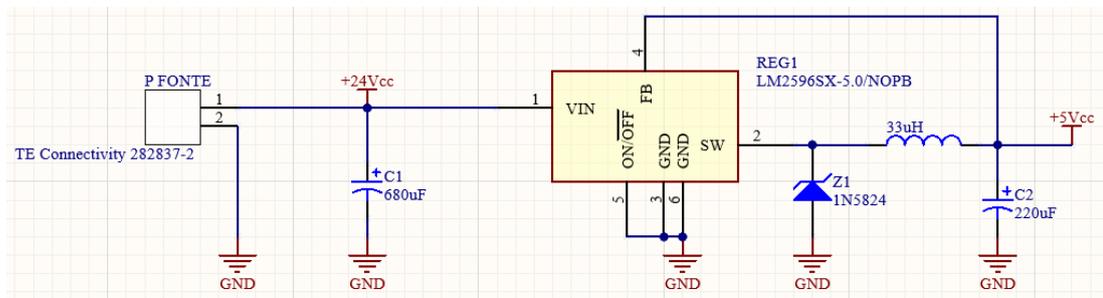
Fonte: Do autor (2022)

As páginas como mostrado acima, são criadas para a elaboração de cada circuito que foi inserido na placa de circuito impresso facilitando a organização e o entendimento do projeto.

3.7.1 Fonte de alimentação do hardware

A Figura 8 mostra o circuito de um regulador de tensão que converte 24VCC para 5VCC, sendo necessário, pois alguns componentes da placa possuem alimentações até 5VCC.

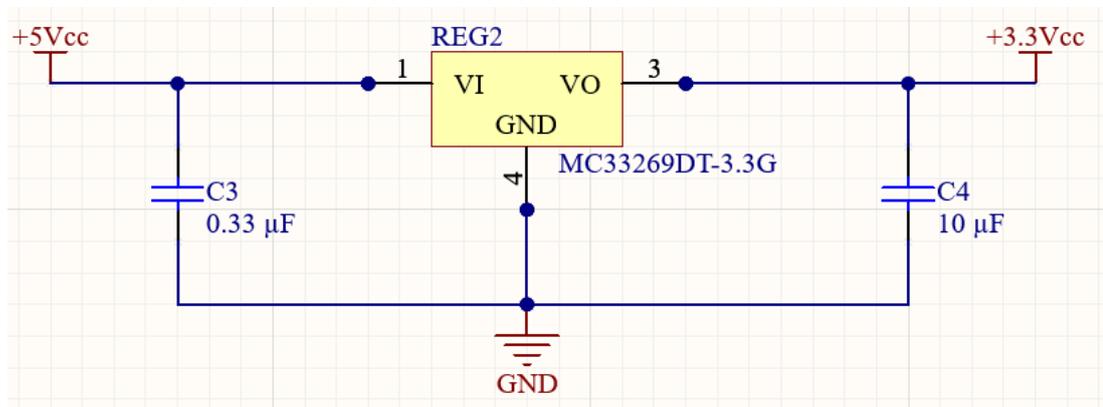
Figura 8 – Regulador de tensão 24VCC para 5VCC.



Fonte: Do autor (2022)

Os componentes foram utilizados de acordo com o *datasheet* do regulador de tensão LM2596SX-5.0, desta forma não houve a necessidade de fazer cálculos para desenvolver o circuito.

Figura 9 – Regulador de tensão 5VCC para 3,3VCC.



Fonte: Do autor (2022)

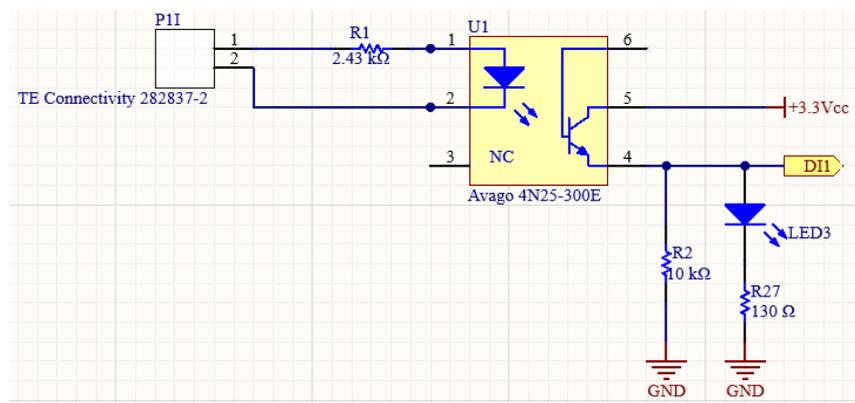
O regulador de tensão MC33269DT-3.3G, foi utilizado para converter tensão de 5VCC para 3,3VCC, sendo necessário para alimentar o dispositivo LoRaWAN.

Os componentes adotados foram utilizados através do *datasheet* do regulador de tensão, não sendo necessário fazer qualquer tipo de cálculo para elaboração do circuito.

3.7.2 Entrada digital

A fim de obter tensões de 24VCC nas entradas digitais do dispositivo, entre os mais comuns nas indústrias, foi utilizado um optoacoplador 4N25 com o objetivo de isolar o circuito elétrico interno com o meio externo, impedindo a entrada de ruídos ao circuito.

Figura 10 – Circuito de entrada digital.



Fonte: Do autor (2022)

Considerando a queda de tensão no diodo interno do optoacoplador de 1,15V e uma corrente de 10mA conforme *datasheet*, pode-se fazer os cálculos conforme Eq. (1):

$$R = \frac{VI - VD}{ID} \quad (1)$$

$$R = \frac{24 - 1,15}{10 \times 10^{-3}} \quad (1)$$

$$R = 2,285K\Omega \quad (1)$$

Onde:

R = resistência de entrada (Ω);

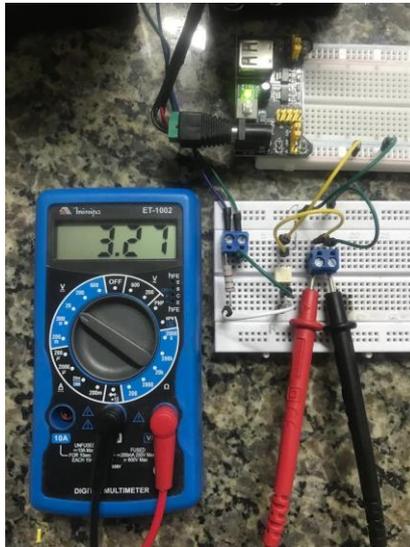
V_I = tensão de entrada (V);

V_D = queda de tensão do diodo (V);

I_D = corrente do diodo (A).

Os testes para as entradas digitais foram realizados aplicando uma tensão de 24VCC na entrada do circuito conforme a Figura 11, dessa forma obteve-se uma saída de 3,3VCC na saída do circuito atendendo a necessidade do *hardware*.

Figura 11 – Teste entrada digital.



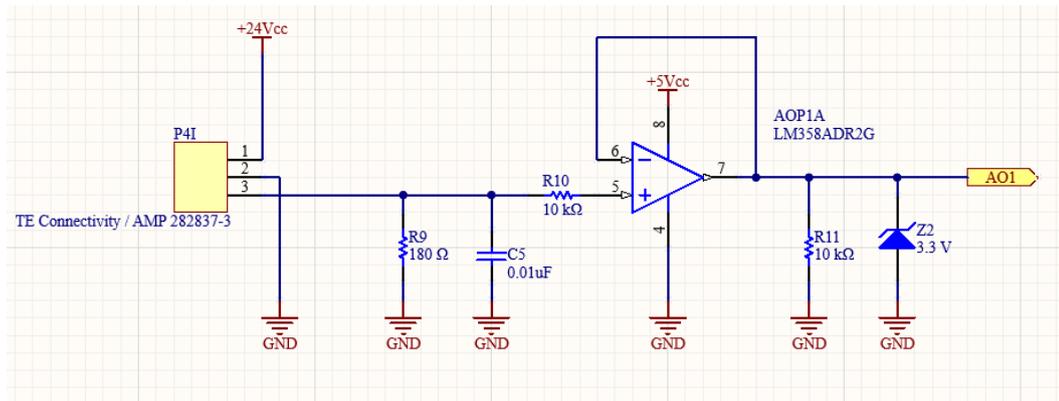
Fonte: Do autor (2022)

O resultado obtido foi de 2,285K Ω , desta forma, utilizou-se de um resistor comercial de 2,43K Ω .

3.7.3 Entrada analógica de 0 a 20mA

Considerando a tensão máxima de 3,3V na saída do circuito e a corrente máxima de entrada de 20mA, foi adicionado um amplificador LM358ADR2G. E para obter os resultados necessários foi utilizado um resistor de 180 Ω na entrada do amplificador e um diodo *zener* de 3,3V na saída, que limitará a tensão máxima ao dispositivo de comunicação garantindo que o valor não exceda.

Figura 12 – Circuito de entrada analógica de 0 a 20mA.



Fonte: Do autor (2022)

O cálculo de acordo com a Eq. (2), mostra como foram obtidos os resultados.

$$V_o = I \times R_9 \quad (2)$$

$$V_o = 20 \times 10^{-3} \times 180 \quad (2)$$

$$V_o = 3,6V \quad (2)$$

Onde:

V_o = tensão de saída do divisor de tensão (V);

I = corrente de entrada (A);

R_9 = resistor do divisor de tensão (Ω).

O resultado obtido para V_o foi de 3,6V utilizando um resistor comercial de 180 Ω como divisor de tensão, sendo um resultado favorável, apesar da pequena diferença comparado ao 3,3V desejado.

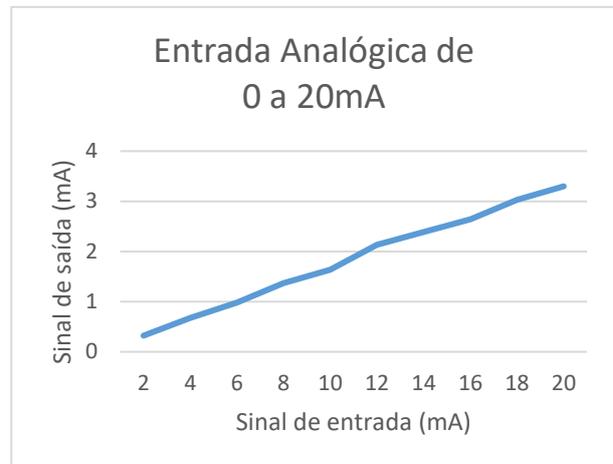
O teste aplicado para a entrada analógica de 0 a 20mA, foi realizado através de uma fonte ajustável onde foi aplicado correntes desejadas na entrada do circuito para verificar a variação de 0 a 3,3VCC na saída do circuito conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado dos testes da entrada analógica de 0 a 20mA.

Entrada Analógica de 0 a 20mA	
Sinal de Entrada (mA)	Sinal de Saída (V)
2	0,322
4	0,678
6	0,983
8	1,367
10	1,639
12	2,134
14	2,387
16	2,645
18	3,029
20	3,299

Fonte: Do autor (2022)

Figura 13 - Sinal analógico de 0 a 20mA.



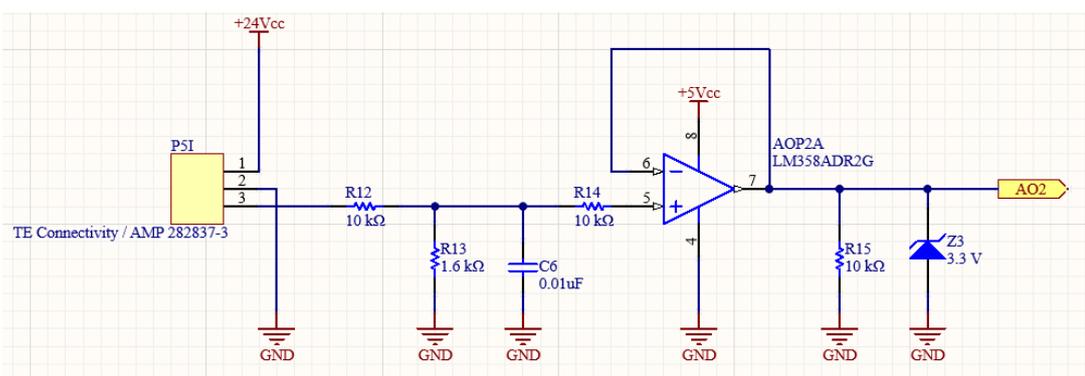
Fonte: Do autor (2022)

Observa-se a simulação, notando que os valores aplicados de corrente foram de 10 divisões entre 0 a 20mA.

3.7.4 Entrada analógica de 0 a 10V

O circuito como mostra a Figura 14, trata-se de uma entrada analógica de 0 a 10V e para isso foi utilizado um amplificador operacional LM358ADR2G e para se obter os resultados foi necessário utilizar um divisor de tensão na entrada do circuito.

Figura 14 – Circuito de entrada analógica de 0 a 10V.



Fonte: Do autor (2022)

O objetivo deste circuito é converter uma entrada analógica de 0 a 10V para 0 a 3,3V sendo o máximo permitido pelo *LoRaWAN* e para isso foi necessário utilizar

um resistor de 10k e um de 1,6k para o princípio do divisor de tensão conforme mostra os cálculos da Eq. (3).

$$V_o = \frac{R_{13}}{R_{13} + R_{12}} \times V_i \tag{3}$$

$$V_o = \frac{1600}{1600 + 10000} \times 24 \tag{3}$$

$$V_o = 3,31V \tag{3}$$

Onde:

V_o = tensão de saída do circuito (V);

V_i = tensão de entrada do circuito (V);

R_{12} = resistor 1 do divisor de tensão (Ω);

R_{13} = resistor 2 do divisor de tensão (Ω).

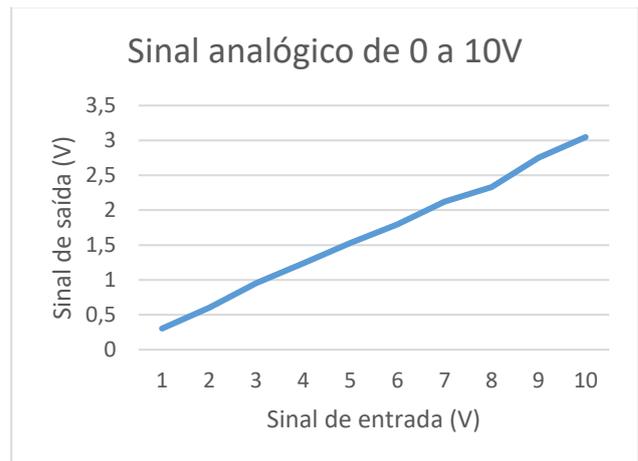
Os testes para a entrada analógica de 0 a 10VCC segue o mesmo procedimento da entrada de 0 a 20mA, porém na entrada do circuito foi aplicado 10 divisões de tensão de 0 a 10VCC podendo observar a variação de 0 a 3,3VCC.

Tabela 2 – Resultado dos testes da entrada analógica de 0 a 10V.

Entrada Analógica de 0 a 10V	
Sinal de Entrada (V)	Sinal de Saída (V)
1	0,303
2	0,601
3	0,952
4	1,239
5	1,529
6	1,798
7	2,123
8	2,332
9	2,751
10	3,048

Fonte: Do autor (2022)

Figura 15 - Sinal analógico de 0 a 10V.



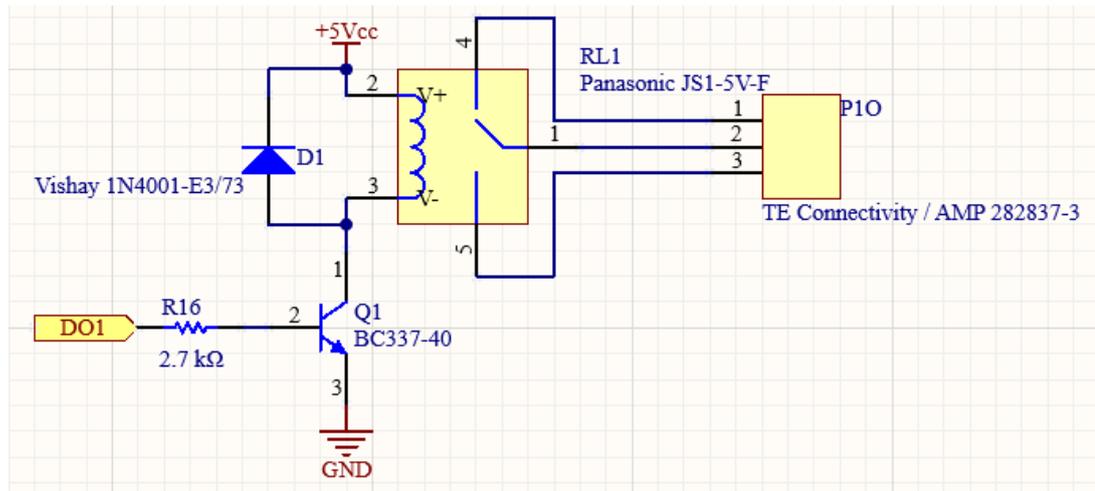
Fonte: Do autor (2022)

Os resultados obtidos da simulação são mostrados na Tabela 2, observando que os valores aplicados de tensão foram de 10 divisões entres 0 a 10VCC.

3.7.5 Saída digital

O circuito abaixo representa uma saída a relé que possibilita ligar através do dispositivo de comunicação uma lâmpada ou alarme externo por exemplo:

Figura 16 – Circuito de saída digital.



Fonte: Do autor (2022)

Conforme a Figura 16, foi utilizado um relé 1N4001-E3/73N que possibilita ligar qualquer carga até 10A de acordo com o *datasheet* do relé. Além disso, foi utilizado um transistor BC337-40 para fazer o acionamento do relé devido sua tensão ser de 5V. A elaboração deste circuito contou com alguns cálculos de resistores para proteção e acionamento do componente.

Para encontrar o resistor de base (R16) foi necessário verificar o *datasheet* do transistor para obter o valor do ganho e a corrente do coletor. Desta forma pode-se fazer os cálculos conforme a Eq. (4):

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe1}} \quad (4)$$

$$I_b = \frac{100 \times 10^{-3}}{100} \quad (4)$$

$$I_b = 1 \text{ mA} \quad (4)$$

Onde:

I_b = corrente de base (A);

I_c = corrente de coletor (A);

h_{fe1} = ganho.

Com os resultados obtidos pode-se calcular o resistor de base do circuito usando a lei de *kirchhoff* das tensões conforme Eq. (5).

$$-V_b + R_b \times I_b + 0,7 = 0 \quad (5)$$

$$R_b \times I_b = 2,6 \quad (5)$$

$$R_b = 2,6K\Omega \quad (5)$$

Onde:

V_b = tensão de base (V);

I_b = corrente de base (A);

R_b = resistor de base (Ω).

O resultado para o resistor de base (R_b) foi de $2,6K\Omega$ adotando como valor comercial o $2,7K\Omega$.

O teste da saída digital foi possível através da aplicação de uma tensão de $3,3V_{CC}$ na base do transistor BC337 conforme a Figura 17 para fazer o acionamento do Relé, dessa forma foi aplicado uma tensão de $3,3V_{CC}$ no comum do relé e com um multímetro conseguiu-se verificar a tensão de saída do seu contato validando o teste e assim atendendo a necessidade do dispositivo *LoRaWAN*.

Figura 17 – Teste saída digital.



Fonte: Do autor (2022)

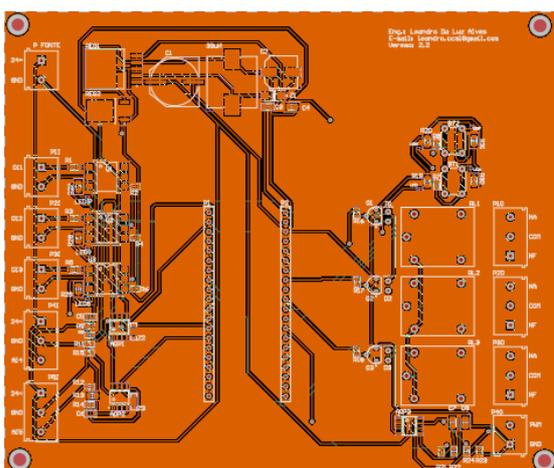
A Figura 17 mostra o acionamento da saída digital, podendo observar a medição de 3,3VCC aproximadamente na saída do relé.

3.7.8 Placa PCB

A necessidade de criar uma placa de circuito impresso (PCB) foi realizada através da ferramenta PCB do *software CircuitMaker*, ou seja, nesta ferramenta foi criado uma placa que comporta todos os circuitos desenvolvidos conforme mostra o item 3.7 deste artigo.

Com os componentes organizados dentro da placa eletrônica, foi necessário criar as trilhas dos circuitos, ou seja, o meio em que a corrente elétrica percorrerá.

Figura 18 – Placa PCB em 2D.



Após a definição dos circuitos e layout da placa PCB o próximo passo foi mandar fabricar a placa de circuito impresso conforme mostra a Figura 20.

Figura 20– Placa PCB desenvolvida.



Fonte: Do autor (2022)

Com esta placa PCB foi possível fazer a aplicação dentro da indústria cerâmica para validação dos resultados.

3.8 PLATAFORMA WEB UTILIZADA

A criação das telas é bastante importante para visualizar os dados monitorados da máquina, por isso há uma grande preocupação com o layout e as cores utilizadas, pois a atenção do leitor ou de quem está operando o equipamento, ao olhar para a tela seu foco precisa ser direcionado para aquilo que é mais importante, que neste caso seria o monitoramento da produção de peças e o tempo de máquina parada.

Diante do procedimento básico de criação de telas, pode-se criá-las através da plataforma web *ScadaBR* conforme a Figura 21.

Figura 21– Tela de aquisição de dados.



Fonte: Do autor (2022)

A Figura 21 mostra como foi organizado a tela para a aquisição dos dados da máquina podendo ser visualizado de uma forma simples.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a fabricação da placa PCB, foi aplicado o teste de distância de comunicação entre os dispositivos e em sequência o *hardware* foi instalado na entrada do forno 7 na empresa cerâmica Eliane 1 de Cocal do Sul/SC, utilizando um sensor para contabilizar as peças e um relé do consenso da máquina para indicar quando há a parada.

Porém, à burocracia do TI da empresa, não foi permitido utilizar a rede de internet da empresa, dessa forma, utilizou-se o roteamento *Wi-Fi* do celular para acesso à internet

4.1 TESTE DE DISTÂNCIA

O teste de distância máxima entre as duas placas desenvolvidas foi bastante satisfatório. A Figura 22 mostra o mapa de alcance entre as interfaces de comunicação.

Figura 22 – Distância máxima de alcance testado.



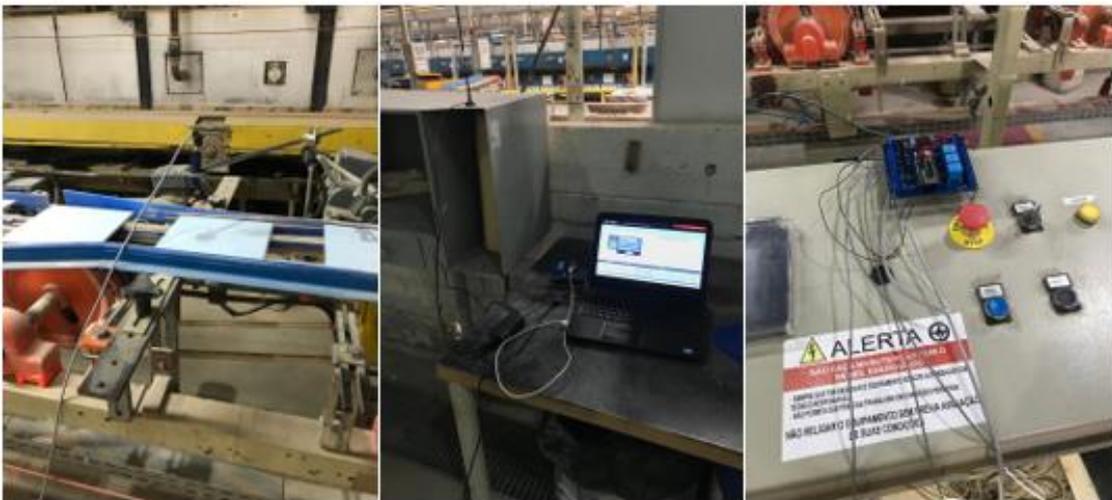
Fonte: Do autor (2022)

Pode-se observar que com a aplicação dos testes a troca de informação entre os dispositivos de comunicação atingiu 1,88km de distância, ou seja, a partir desta distância os dados foram perdidos, porém deve-se considerar que foi utilizado uma antena com uma potência de 6dBi e com uma frequência de 915Mhz sendo o máximo permitido pelo dispositivo *LoRaWAN*.

4.2 INSTALAÇÃO DA PLACA NA FÁBRICA

A validação do artigo foi possível instalando uma das placas no painel da entrada do forno 7 da Eliane 1 ao qual foi monitorado e uma dessas placas ligada a rede de internet para visualização dos dados em longa distância.

Figura 23 – Instalação das placas PCB na entrada do forno 7 na Eliane 1.



Fonte: Do autor (2022)

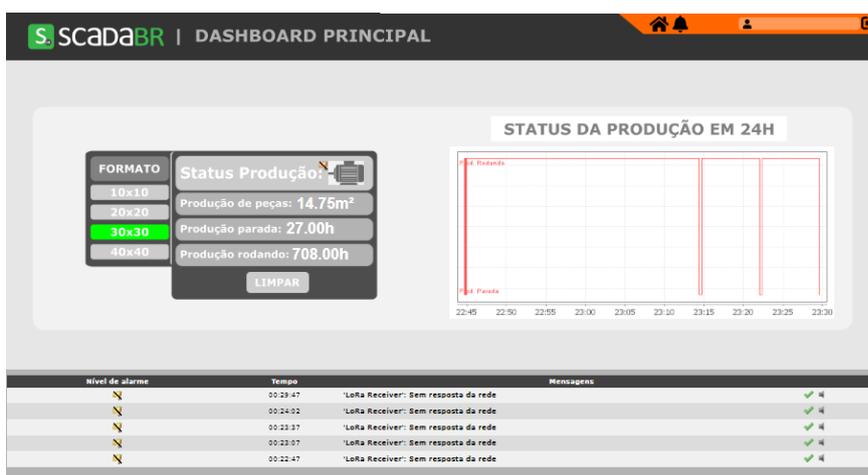
A Figura 23 mostra o *hardware* desenvolvido funcionando e obtendo os resultados esperados.

4.2 RESULTADO DA AQUISIÇÃO DOS DADOS

A Figura 24 mostra o layout para monitoramento dos dados onde se encontra o “tempo de máquina parada”, as “peças produzidas” e a seleção do formato”.

Os testes foram aplicados em um período de aproximadamente 01 hora, já que a empresa não permitiu aplicar por mais tempo.

Figura 24 – Tela principal.



Fonte: Do autor (2022)

A seleção do formato serve para indicar o tamanho das peças ao sistema para que a quantidade de produção em m² seja calculada de forma correta.

O botão “limpar” serve para excluir os dados adquiridos naquele período podendo fazer uma nova aquisição de dados.

A segunda tela como mostra a Figura 25 com grande importância é a tela de alarmes a qual foi possível observar as ocorrências de parada da máquina para uma tomada de decisão de imediato.

Figura 25 – Tela de alarmes.



Nível de alarme	Tempo	Mensagem	
🔴	00:14:13	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 1min TOMAR PROVIDENCIAS IMEDIATAMENTE	✓
🟡	nov 08 00:23:41	LoRa Receiver: Sem resposta da rede	✓
🟡	nov 08 00:23	LoRa Receiver: Exceção do modbus master: Stream closed.	✓
🔴	nov 08 00:26	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 1min TOMAR PROVIDENCIAS IMEDIATAMENTE	✓
🟡	nov 08 00:26	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 1min TOMAR PROVIDENCIAS IMEDIATAMENTE	✓
🟡	nov 08 00:26	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 30s	✓
🟡	nov 08 00:26	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 30s	✓
🟡	nov 08 00:26	LoRa Receiver: Sem resposta da rede	✓
🟡	nov 08 00:26	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s	✓
🟡	nov 08 00:26	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s	✓
🟡	nov 08 00:20	LoRa Receiver: Sem resposta da rede	✓
🟡	nov 08 00:19	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s	✓
🟡	nov 08 00:19	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s	✓
🟡	nov 08 00:18	LoRa Receiver: Sem resposta da rede	✓
🟡	nov 08 00:18	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 1min TOMAR PROVIDENCIAS IMEDIATAMENTE	✓
🟡	nov 08 00:18	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 1min TOMAR PROVIDENCIAS IMEDIATAMENTE	✓
🟡	nov 08 00:18	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 1min TOMAR PROVIDENCIAS IMEDIATAMENTE	✓
🟡	nov 08 00:18	LoRa Receiver: Sem resposta da rede	✓
🟡	nov 08 00:18	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 30s	✓
🟡	nov 08 00:18	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 30s	✓
🟡	nov 08 00:18	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 30s	✓
🟡	nov 08 00:17	LoRa Receiver: Sem resposta da rede	✓
🟡	nov 08 00:17	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s	✓
🟡	nov 08 00:17	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s	✓
🟡	nov 08 00:17	LoRa Receiver: Sem resposta da rede	✓

Fonte: Do autor (2022)

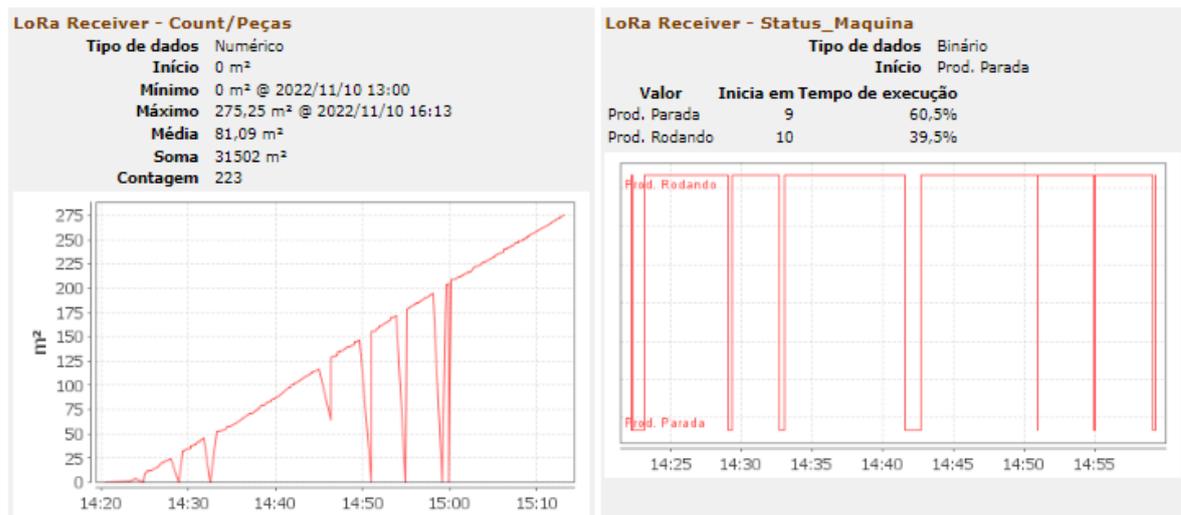
Conforme a Figura 25 é apresentado alguns alarmes para ajudar a visualizar as ocorrências para que sejam corrigidas e tomar decisões de imediato. Diante disso foi gerado um relatório onde mostra todas as informações necessárias para tomada de decisão.

Figura 26 – Tela de relatório.

Produção

Início da execução 2022/11/10 16:13
 Duração da execução 142ms
 Faixa de datas 2022/11/10 13:00 para 2022/11/10 17:00
 Registros 242

Estatísticas



Fonte: Do autor (2022)

A Figura 26 é um relatório gerado pelo *ScadaBR* que mostra um gráfico onde consta a quantidade de peças produzidas e tempo de máquina parada durante a produção. Dessa forma é possível visualizar os dados de forma mais objetiva.

A instabilidade da rede de internet acabou ocasionando uma queda na conexão *WI-FI* já que o roteamento foi feito usando a 3G do celular. É possível perceber isso nas curvas acentuadas para baixo no gráfico de contagem de peças.

Dentro do relatório, também é mostrado os eventos e alarmes que ocorrem no decorrer da produção conforme a Figura 27.

Figura 27 – Relatório de eventos.

Eventos

Id do evento	Nível de alarme	Tempo de atividade	Mensagem
3646		2022/11/10 15:22:30	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s
3649		2022/11/10 15:22:50	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 30s
3687		2022/11/10 15:29:13	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s
3709		2022/11/10 15:32:49	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s
3712		2022/11/10 15:33:09	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 30s
3759		2022/11/10 15:41:45	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s
3762		2022/11/10 15:42:05	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 30s
3764		2022/11/10 15:42:35	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 1min TOMAR PROVIDENCIAS IMEDIATAMENTE
3858		2022/11/10 15:59:16	A PRODUÇÃO ESTÁ PARADA A 10s

Fonte: Do autor (2022)

Nota-se que existem alguns alarmes avisando o tempo em que a máquina está parada.

4 CONCLUSÃO

O projeto obteve resultados positivos, sendo que foi possível monitorar a quantidade de peças produzidas e o tempo de máquina parada na entrada do forno 7 da empresa Eliane 1 a uma distância de aproximadamente 1km.

A aquisição desses dados e com a possibilidade de gerar relatórios das informações como nos testes apresentados é de grande importância e de baixa dificuldade para fazer uma análise mais precisa sobre os eventos que acontecem em determinados períodos da produção.

Ao fazer a quantificação do número de peças produzidas e o tempo de máquina parada, consegue-se observar quando a produção está baixa fazendo uma comparação com o tempo de máquina parada.

A aplicação de manutenções se faz necessário em consequência das paradas durante a produção, desta forma é possível analisar durante o mês, seguindo os novos dados de produção e tempo de máquina parada após a manutenção, podendo-se fazer comparações com os dados anteriores e verificando se as manutenções aplicadas valem o custo-benefício.

As comparações de produtividade são de grande importância para a otimização da manutenção, prevenindo problemas posteriores, fazendo que a qualidade do produto permaneça confiável.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo Samuel, *Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos básicos e Tecnologia Aplicada*. São Paulo, Érica, 2014.

ALCÂNTARA, Eurípedes. A redoma do atraso. **Veja**, São Paulo, v. 24, n. 25, p. 42-43, jun. 1991.

BARROS, Breno Alvin. **A Importância da Manutenção Industrial Como Ferramenta Estratégica de Competitividade**. Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <http://redentor.inf.br/files/brenoalvimbarros-artigo_16092016111003.pdf> Acessado em 08/04/2021

BONINI, A.; et al. Mídia, suporte e hipergênero: os gêneros textuais e suas relações. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**. Belo Horizonte, v. 11, n. 3, p. 679-704, 2011.

JUNIOR, Vidal Pereira da Silva. Instituto NCB. **LORA®**. São Paulo. 2016. Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/eletronica/52-artigos-diversos/11992-conheca-a-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan-lor001>> Acessado em 09/04/2021

KAGEYAMA, Matheus Kenji Glassey, 2019 apud AKPAKWU, G. A, 2018. **A Surveyon 5G Networks for the Internet of Things: Communication Technologies and Challenge..** IEEE Access, v. 6, p. 3619–3647, 2018. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9270/2/CT_COSIS_2019_1_03.pdf Acesso: 25/10/2022

KAGEYAMA, Matheus Kenji Glassey, 2019 apud ALLIANCE, L. 2015. **LoRaWANTM 1.1 Specification. LoRa Alliance, 2015.** Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9270/2/CT_COSIS_2019_1_03.pdf> Acesso: 25/10/2022.

KAGEYAMA, Matheus Kenji Glassey, 2019 apud AUGUSTIN, A. 2016. **A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things. Sensors, Multidisciplinary Digital Publishing Institute.** v. 16, n. 9, p. 1466, 2016. Disponível em:

<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9270/2/CT_COSIS_2019_1_03.pdf> Acesso: 25/10/2022

MACEDO, Jorge Alberto Gomes de. **Planejamento e Controle da Manutenção Preventiva como meios para diminuir a Manutenção Corretiva**. UFPB/CCSA. Paraiba, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/2520/1/JAGM02102017.pdf>> Acesso em: 29/10/2022

MARCONI, Marina de Andrade. **Cultura e Sociedade**. In: LAKATOS, Eva Maria. **Sociologia**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297 p. ISBN 9788522457588.

MEIRE. **A importância da Manutenção**. 2012. Disponível em: <<https://blogdaqualidade.com.br/a-importancia-da-manutencao/>> Acessado em 08/04/2021

MORO, Norberto; AURAS, André Paegles. **Introdução a Gestão da Manutenção**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina. Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://norbertocefetsc.pro.br/downloads/manutencao.pdf> Acesso em: 29/10/2022

PARREIRAS, Pedro. **A importância da manutenção no crescimento da sua indústria**. 2021. Disponível em <<https://www.nomus.com.br/blog-industrial/importancia-da-manutencao/>> Acessado em 09/04/2021

Sem autor: **LoRaWAN - Conceitos Básicos**. Robocore, 2008. Disponível em: https://www.robocore.net/tutoriais/lorawan-conceitos-basicos?gclid=Cj0KCQjwkt6aBhDKARIsAAyeLJ2gi9pDgcxIYKUv3BzgLINGSNs6ChbuKfvf7sE7C-dbwFdIP3uRhysaAtRkEALw_wcB

Sem autor: **Wireless Stick Lite**. Heltec Automation, 2014. Disponível em: <https://heltec.org/project/wireless-stick-lite-v2/>

Sem autor: **Sobre**. CircuitMaker, 2022. Disponível em: <https://circuitmaker.com>

Sem autor: **O que é o ScadaBR**. ScadaBR, 1960. Disponível em:
<https://www.scadabr.com.br>

Sem autor: **Arquitetura LoRa**. 3GLTEinfo, 2022. Disponível em:
<https://www.3glteinfo.com/lora/lora-architecture/>

SIGGA Thecnologies. **A importância da Manutenção Industrial e seus conceitos.**
2019. Disponível em <https://sigga.com.br/blog/manutencao-industrial/> Acessado em
21/04/2021