




## MONITORAMENTO DE ANOMALIA DE MOTORES PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA: ESTUDO DE CASO EM MÁQUINA DE FABRICAÇÃO DE QUEIJO

 <https://doi.org/10.56238/isevmjv3n6-003>

Recebimento dos originais: 12/10/2024

Aceitação para publicação: 12/11/2024

**Jean Alves Gollmann**

Engenheiro de Computação - Faculdade Engenheiro Salvador Arena

**Kathellin Ribeiro de Souza**

Engenheiro de Computação - Faculdade Engenheiro Salvador Arena

**Pedro Henrique Figueira**

Engenheiro de Computação - Faculdade Engenheiro Salvador Arena

**Vinicius Silveira Bonicio**

Engenheiro de Computação - Faculdade Engenheiro Salvador Arena

**Marcones Cleber Brito da Silva**

Mestre em Engenharia - Faculdade Engenheiro Salvador Arena

**Rogério Issamu Yamamoto**

Doutor em Ciências - Faculdade Engenheiro Salvador Arena

**Victor Inacio de Oliveira**

Doutor em Ciências - Faculdade Engenheiro Salvador Arena

### RESUMO

O queijo é um alimento com alto consumo mundial. No Brasil, segundo pesquisa realizada pelo SEBRAE em 2021, a exportação chega a mais de 4 mil toneladas do produto e ocupa a sexta posição dentre os países que mais o consomem. Em suas máquinas de fabricação, o motor elétrico tem um papel fundamental e a perda da matéria-prima é suscetível com a falha deste dispositivo. A fim de reduzir o risco de defeitos e aumentar a agilidade na tomada de decisão, foi desenvolvido o ManutControl, um sistema composto por sensor de vibração conectado a um microcontrolador. O sistema acompanha a vibração do motor em tempo real e envia as informações para um banco dados, por fim, os dados são consultados pelo usuário por meio de um aplicativo móvel, enviando notificações para o celular caso o dispositivo esteja operando sob alguma anomalia. Este projeto baseou-se como estudo de caso a Planta-Piloto Para Elaboração de Queijos da Fundação Salvador Arena, na qual foram realizados testes para monitorar a vibração do equipamento durante o processo de produção de queijo na instituição, a fim de auxiliar na manutenção preventiva. Os testes mostram que o sistema está atuando de forma a monitorar o motor e enviando notificações de alertas quando necessário.

**Palavras-chave:** Monitoramento. Planta-Piloto. MERN. Internet das Coisas (Iot). Manutenção Preventiva.



## 1 INTRODUÇÃO

O queijo apresenta um impacto considerável na alimentação. Segundo a pesquisa realizada pelo SEBRAE (2021), o Brasil é um dos países em que mais consomem esse produto no mundo, ocupando a sexta posição da lista, e com a expectativa de crescimento do mercado brasileiro, em breve atingirá a quinta posição. De acordo com a mesma pesquisa, o Brasil exportou 4.143 toneladas de queijo, faturando 18,88 milhões de dólares no ano de 2020.

O desperdício de alimentos está diretamente ligado ao seu processo produtivo, sendo um dos sérios problemas que ocorrem tanto no Brasil quanto mundialmente, e com isso há impacto na economia, política, cultura e tecnologia (RICARTE *et al.*, 2008). Segundo a Embrapa (2016), no Brasil, a alta escala os desperdícios de alimentos acontecem nas etapas de produção, transporte e nas centrais de abastecimento. Em sua pesquisa, o autor identificou que 90 % dos casos de desperdícios de frutas e hortaliças ocorrem antes de chegar ao cliente. No ano de 2019, cerca de 931 milhões de toneladas de alimentos pelo mundo, que chegaram as centrais de abastecimento e clientes foram perdidos de acordo com dados levantados pela Zandonai (2021).

No laboratório de alimentos da Faculdade Engenheiro Salvador Arena existe uma máquina que é a “Planta-Piloto Para Elaboração de Queijos”, responsável pela produção do queijo consumido por toda a instituição. Esse equipamento comporta até 100 litros de leite, sendo um dos mais utilizados, com frequência semanal.

O processo completo sem interferências externas da máquina tem em média duração de três horas, permitindo que os técnicos atuem em outras atividades enquanto esse alimento é produzido, porém, caso haja alguma parada inesperada do motor ou comece a apresentar defeitos, é provável que a matéria-prima seja deteriorada pelo surgimento de microrganismos indesejados.

Além do desperdício da matéria-prima, hipotético, caso o motor apresente alguma falha, a máquina pode ficar parada por dias, até que ele seja consertado ou substituído, ocasionando impactos na produção do queijo. Nesse cenário, para o conserto do maquinário, será necessário aplicar manutenção corretiva, que, conforme Marques e Nei Brito (2019), é quando o equipamento recebe manutenção apenas quando está operando irregularmente, ocasionada pela falta da gestão da manutenção, implicando diretamente nos indicadores produtivos (MARCORIN E LIMA, 2003).

Realizar a manutenção de maneira corretiva é recorrente em diversas empresas, de acordo com Marcorin e Lima (2003), porém, eles defendem que utilizar a manutenção preventiva, realizada antes que a máquina pare, é mais eficiente já que esse tipo de manutenção traça um

diagnóstico do funcionamento, o que traz previsibilidade, ajudando a aumentar a vida útil do equipamento além de evitar paradas inesperadas.

Esse estudo de caso visa auxiliar no controle do processo de produção de queijo e do equipamento, de modo que, com o uso do aplicativo, o técnico consiga visualizar a vibração do motor e auxilie na atuação em relação à manutenção. Conforme a pesquisa realizada por Marcorin e Lima (2003), a análise de vibração de um motor contribui na identificação de desbalanceamentos do dispositivo, permitindo o planejamento da manutenção preventiva, evitando futuras paradas indesejadas e aumentando a vida útil da máquina, outra funcionalidade do sistema é emitir avisos em tempo real, possibilitando ao usuário o monitoramento do processo da máquina e viabilizando o recebimento de notificações caso aconteça alguma falha no funcionamento, havendo rápida tomada de decisão.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 INFLUÊNCIA DO GERENCIAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO NOS CUSTOS PRODUTIVOS**

A manutenção preventiva e o gerenciamento de manutenção possuem vasta influência nos lucros e na capacidade produtiva de uma indústria. Marcorin e Lima (2003), ressaltaram que a manutenção é de vital importância para manter a produtividade em alta, sendo o principal objetivo discutir sobre a perspectiva de um custo que gera lucro e quais fatores devem ser considerados. As técnicas de gestão de manutenção começaram a crescer conforme o passar do tempo, assim desenvolvendo estratégias que afetam diretamente nos resultados operacionais das empresas e na sua rentabilidade, tendo uma aplicação mais precisa e eficiente (MARQUES e NEI BRITO, 2019).

Segundo Marcorin e Lima (2003), a manutenção está relacionada com a qualidade, produtividade e disponibilidade, tendo como principais fatores que mensuram os resultados da manutenção de uma indústria. Por conseguinte, os autores determinam que a qualidade é medida principalmente através do produto gerado, diretamente atrelada a todo fluxo produtivo, visando que ao identificar um elevado número de falhas de máquinas, a qualidade é drasticamente afetada. Uma das principais avarias que o maquinário possui é a intermitência na vibração, e que, caso apresente vibrações anormais, devem ser considerados irregular ao seu funcionamento e, assim, provendo malefícios para a indústria ou empresa, como a segurança, danos financeiros e qualidade do material, ou produto (MARQUES e NEI BRITO, 2019).

Marques e Nei Brito (2019) constataram que a manutenção é primordial para a vida útil de uma máquina. A manutenção preditiva de um equipamento ajuda a aumentar e melhorar sua vida

útil, fazendo uma constante monitoria para poder agir da melhor forma possível. Todo equipamento possui a sua vida útil e conforme o tempo passa, a probabilidade desse equipamento falhar aumenta e a manutenção é necessária para realizar o conserto de forma programada e atuar simultaneamente o processo produtivo, enfim, reduzindo as chances de paralisação do sistema (SILVA e GONZALEZ, 2008).

Conforme análise realizada por Marques e Nei Brito (2019) utilizando sensores de vibração, observou-se que através dos dados obtidos pelos sensores, a previsão e planejamento da manutenção do equipamento é simplificada e assim prevenindo problemas mais complexos, aumentando a eficiência das máquinas e aprimorando tanto a segurança quanto a qualidade dos processos (MARQUES e NEI BRITO, 2019).

## 2.2 GESTÃO DE SEGURANÇA E QUALIDADE NA MÁQUINA DE PRODUÇÃO DE QUEIJO PARA FABRICAÇÃO DE QUEIJO MINAS FRESCAL

Rodrigues *et al.* (2022) visando automatizar o controle de temperatura da máquina de fabricação de queijo e descobrir líquidos que possam substituir o leite nos futuros experimentos, realizaram uma pesquisa. Em seus estudos, foi mapeado o processo da abertura de uma válvula em função do tempo, obtendo a resposta do aquecimento do fluido.

Sendo o mais consumido pelos brasileiros, o queijo mina possui uma ampla aceitação comercial e faz parte da alimentação da maioria da população das regiões do Brasil (VERÍSSIMO *et al.*, 2019). O queijo minas frescal é um tipo de queijo fresco produzido por meio da coagulação enzimática do leite pasteurizado com coalho, com outras enzimas coagulantes apropriadas ou com ambos os métodos (BRASIL, 1997).

Rodrigues *et al.* (2022) afirma que os queijos minas frescal artesanais não possuem uma padronização de higiene comparado com outras fábricas que produzem outros tipos de queijo. Cerca de 55,6% do queijo minas frescal produzido não atendiam a legislação do coliformes (RODRIGUES *et al.*, 2022). Para fabricação do mesmo, é muito comum a utilização do leite cru, assim podendo acarretar diversas doenças como *Salmonella sp.* e coliformes totais quando não previamente tratado, de acordo com Rodrigues *et al.* (2022).

Para produção segura e higienizada da produção do queijo minas frescal, Rodrigues *et al.* (2022) utilizaram a pasteurização, que conforme os autores, fundamenta-se em binômios de tempo e temperatura relativamente baixos, assim eliminando microrganismos patológicos e aumentando a vida de prateleira sem que o produto tenha uma alteração de características sensoriais e físico-químicas (RODRIGUES *et al.*, 2022). Para Rodrigues *et al.* (2022), além da pasteurização ser o



único processo térmico que ocorre no queijo minas frescal, ele mantém a estabilidade da caseína, que é uma proteína importante para a coagulação.

Rodrigues *et al.* (2022) realizaram dois testes de aquecimento e resfriamento na máquina de produção de queijo, no primeiro usando leite e no segundo água, a fim de examinar se os dois líquidos possuem o mesmo comportamento no que concerne ao tempo de aquecimento e resfriamento. Seguindo o mesmo teste, com quantidades iguais em litros de leite *versus* água, evidenciaram que os dois fluidos tiveram o tempo de aquecimento e resfriamento similares, comprovando a eficácia na substituição do leite pela água para realização de futuros experimentos na máquina de produção de queijo e assim evitando gastos exacerbados e desperdícios de leite.

## 2.3 DESPERDÍCIOS DE ALIMENTOS

De acordo com Débora Carvalho (2009), o Brasil é um dos dez países que mais desperdiçam alimentos no mundo, cerca de 35% de toda produção agrícola é jogado no lixo, ou seja, mais de 10 milhões de toneladas de alimentos poderiam ser colocadas nas mesas de mais de 54 milhões de brasileiros que vivem na extrema pobreza. Ainda segundo a pesquisadora, cerca de R\$ 12 bilhões em alimentos são jogados no lixo diariamente, o que pode ter uma quantidade suficiente de comida para café da manhã, almoço e janta de 39 milhões de pessoas.

Segundo Santos *et al* (2020), há distinção entre os termos perdas e desperdícios de alimentos, afirmando que as perdas ocorrem durante a produção, a pós-colheita e no processamento, e em casos majoritários, o alimento não é colhido ou sofre danos em alguma etapa do processo, como no transporte, no armazenamento e entre outros. Diante do exposto, há como consequência a redução de alimento disponível para a população e a ineficiência da cadeia produtiva. Em relação ao desperdício, é definido como um descarte intencional do alimento devido ao comportamento do consumidor (SANTOS *et al.*, 2020).

## 2.4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO SISTEMA

### 2.4.1 react native

De acordo com Andrei (2021), o React é uma biblioteca *low-code* e populacional do JavaScript, utilizado na construção de interface com o usuário (UI), e desenvolvido pela Facebook a partir da limitação do recurso *HTML5*, provocando instabilidade e lentidão na versão *mobile*, e com isto, criado com propósito de aprimorar a experiência com o usuário (ANDREI, 2021). Por conseguinte, o React teve como diferencial reduzir o número de processamentos do *DOM*.

Conforme a MOZILA (2022), o *DOM (Document Object Model)* é uma interface de programação para documentos *HTML* e *XML*, no qual, no React observou-se oportunidade de melhoria, visto que a atualização do *DOM* e manipulação causava lentidão ao ser utilizado em aplicações mais complexas (NEVES,2023). Posto isto, o React introduziu o *Virtual DOM*, que consiste em uma representação em memória do *DOM* real, sendo atualizado mais rápido e primeiro, logo que a discrepância entre a *Virtual DOM* é que a representação é na memória e no *DOM* real é no *HTML* e *XML* (NEVES, 2023).

Partindo do React, foi criado o React Native, uma tecnologia que tem como destaque o desenvolvimento de aplicativos móveis de alta resolução, qualidade e multiplataforma, em vista disto, o *framework* possibilita a construção de interfaces mais avançadas, responsivas, com execução de tarefas complexas demandando menor tempo de processamento, como, por exemplo, navegação, gerenciamento de estados e animações de telas (CUNHA,2022). Outro benefício do React Native é a possibilidade da criação de componentes personalizados que vão de acordo com comportamento e aparência da plataforma nativa, permitindo que o usuário tenha uma experiência amigável e integração com o sistema operacional (BUDZIŃSKI, 2022).

Entretanto, Andrei (2021) menciona algumas desvantagens constatadas, na qual, o *framework* utiliza diversas dependências que se tornam com frequência depreciadas devido à constante atualização, resultando em um software com elevado consumo de espaço de disco em virtude de carregarem seus códigos e nem sempre serem utilizados.

#### 2.4.2 api rest

De acordo com a IBM (2021), *API (Application Programming Interface)* são recursos que viabilizam a integração de dois ou mais sistemas, tendo em vista que a comunicação é possível pela utilização de conjuntos de definições e protocolos. Posto isto, a denominação *Application* refere-se aos softwares que possuem funções distintas, à vista disso a Interface é análoga a um contrato de serviço entre os dois *softwares*, e por meio de uma *API* uma aplicação pode ser projetada por determinadas funções e recursos a serem acessados por programas externos (SILVA *et al.*, 2020).

Para isso, usa-se a *API REST*, que é um conjunto de restrições de arquitetura padrão do *Representational State Transfer*. Em consoante com Fielding (2000), o *REST* tem como vantagem a flexibilidade e liberdade no ambiente computacional, considerando a existência desta flexibilidade, há necessidade da criação de requisitos arquiteturais como o *REST*. Em suma, segundo a IBM (2021), existem cinco requisitos primordiais, sendo eles:



- Interface uniforme que determina que todas as solicitações da *API* para o mesmo recurso devem ser iguais, contendo todas as informações que o cliente necessitar (IBM, 2021).
- Desacoplamento do cliente-servidor tem como padrão determinar que o cliente e servidor sejam independentes entre si (IBM, 2021).
- Sem estado definido que tem como característica que toda solicitação deva conter todas as informações primordiais para o processamento, no qual o servidor não armazena nenhum dado relacionado a solicitação do cliente (IBM, 2021).
- Capacidade de armazenamento em *cache* que tem como o objetivo melhorar o desempenho do cliente e aumentar a estabilidade do fornecedor a partir do armazenamento de recursos em cache pelo cliente ou servidor (IBM, 2021).
- Arquitetura de sistema em camadas como padrão em *APIs REST* devem ser projetadas para que o cliente e o servidor saibam se estão se comunicando com a aplicação final ou intermediária, e isto é possível pelas chamadas e respostas passarem por diferentes camadas, não evidenciando que o cliente e servidor tenham comunicação diretamente (IBM, 2021).

### 2.4.3 firebase

No uso de aplicações *IoT* (*Internet of Things*), é comum a utilização da ferramenta da Google conhecida por Firebase, uma vez que segundo Li *et al.* (2018), a plataforma trata-se da combinação de diversos serviços em nuvem oferecidos pela Google, em que para este projeto destacaram-se os serviços em tempo real de banco de dados e a transmissão de dados para a nuvem aplicando encriptação *SSL*.

De acordo com o projeto, os dados são atualizados em tempo real, em que, utilizando a ferramenta Firebase foi evidenciado que a atualização das informações leva um curto período, comprovando a alta escalabilidade, desempenho e performance do banco de dados. Em concordância, por ser um banco de dados do tipo não-estruturado, e tratando-se de um armazém onde os dados são armazenados em formato de documentos *JSON*, a manipulação e a geração de dados para fins *IoT* tornou-se mais apropriado (OHYVER *et al.*, 2019).

A escolha de um banco de dados não-estruturado para projetos de *IoT* apoiou-se no estudo produzido por Ohyver *et al.* (2019), efetuando testes em um banco de dados não-estruturado e um banco de dados estruturado, usando métodos de Criação, Leitura, Atualização e Remoção de dados (método *CRUD*) em relação, a fim de analisar a performance em condições de armazenamento de

dados constantes e envios por dispositivos móveis. No estudo, o tempo de resposta obtido através do banco de dados não-estruturado do Firebase, hospedados nos servidores da Google, foi menor em comparação ao banco de dados estruturado do MySQL, hospedados em seus servidores particulares, resultado este adquirido mediante a um experimento de Wilcoxon (OHYVER *et al.*, 2019).

Com o uso dos serviços oferecidos pelo Firebase e de um Microcontrolador como ESP32, Megantoro *et al.* (2022) descrevem um projeto que são usados tais ferramentas para a geração de dados e monitoramento de fazendas hidropônicas, contendo cinco sensores gerenciados pelo microcontrolador, para captação de indicadores cruciais para o cultivo hidropônico, deste modo, as informações coletadas são registradas e enviadas para o serviço de banco de dados em tempo real por meio de conexão sem fio a um roteador com acesso à internet.

Em síntese, por meio da iniciativa descrita por Megantoro *et al.* (2022), foi factível com a utilização do instrumento para monitorar indicativos fundamentais ao cultivo de maneira eficaz, com baixo uso de energia elétrica e alta precisão, adaptando o sistema para atender as necessidades encontradas em relação aos sensores para monitoração de indicativos chaves para cenários desejados. Aliado com a adição da alta disponibilidade oferecida pelos serviços de nuvem, a solução se demonstrou viável e de alto valor estrutural para o monitoramento de sistemas com múltiplos indicadores que influenciam no resultado do produto, como o de um cultivo.

#### **2.4.4 mongodb**

O MongoDB possui código aberto e estruturado em documentos, sobressaindo-se em alta performance, disponibilidade e escalonamento automático, ideal para o uso em projeto *IoT* que exige envios constantes de dados (CHAUHAN, 2019).

Além disso, o banco de dados usa como base para inserção, consulta e armazenamento dos dados a estrutura *JSON*, tendo abreviação para *JavaScript Object Notation*, e como recurso a notação para objetos de JavaScript (TYSON, 2022). Como resultado, é possível estruturar os dados coletados através dos sensores neste formato, sendo consumidos por aplicações para promover agilidade e praticidade ao processo *IoT*.

#### **2.4.5 microcontrolador esp32**

O ESP32 é um microcontrolador com sistema *dual-core* desenvolvido pela empresa Espressif Systems. O seu sistema foi projetado na intenção de atingir o melhor desempenho de

potência, versatilidade e confiabilidade em suas aplicações, utilizado em diversos cenários que demandam variações de energia (ESPRESSIF SYSTEMS, 2023).

Sua estrutura foi projetada para realizar distintos tipos de projeto, como *mobile* e *Internet of things (IoT)*. O microcontrolador é capaz de operar em um estado de baixa potência, permitindo a economia de energia durante a sua utilização, como, por exemplo, um sistema em que usa diversos sensores *IoT* de baixa potência, o ESP32 é periodicamente ativado quando uma condição especificada é ativada, assim o consumo de energia é apenas quando é demandado (ESPRESSIF SYSTEMS, 2023).

Um ponto em destaque no microcontrolador é a compatibilidade nativa dos sistemas de comunicação *Wi-Fi* e *Bluetooth* com uma integração ao protocolo de rede *MESH*, em que consiste na comunicação entre placas para o compartilhamento de dados entre si em uma mesma rede de *internet*, atuando como *host* ou como roteador (ESPRESSIF SYSTEMS, 2023).

#### 2.4.6 indicadores de manutenção

De acordo com Daudt (2021), os indicadores de manutenção são instrumentos de gestão para medir os resultados relacionados à manutenção de uma empresa. Ainda segundo o autor, com as resultantes obtidas dos indicadores, é possível uma distribuição de atividades por tipo de manutenção, como preventiva e preditiva, contribuindo para planejamento da manutenção na medida que são disponibilizadas as variantes operacionais, paradas de máquinas, entre outros.

##### 2.4.6.1 mtbf

O indicador *Mean Time Between Failures* (MTBF) é o tempo médio entre falhas, utilizando no cálculo parâmetros como o tempo entre uma avaria e a próxima que irá ocorrer, ou seja, é o tempo em que a máquina deveria estar funcionando menos o tempo da máquina parada. Na Equação 1, é mostrado como o cálculo é feito, sendo o Tempo de Disponibilidade (TD) que é o tempo ideal do equipamento em operação caso não constataste nenhum defeito, Tempo de Manutenção (TM) sendo tempo total da máquina parada para a manutenção e o número de paradas (P) referindo-se quantidade de paradas da máquina (SIGGA, 2021).

$$MTBF = (TD - TM)P \quad (1)$$

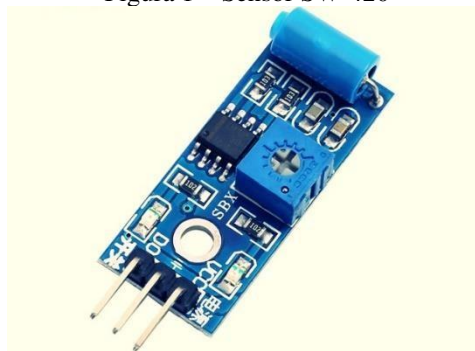
#### 2.4.7 wokwi

O Wokwi é uma ferramenta de simulação de circuitos eletrônicos gratuito e *online*, por ser uma aplicação web, esse sistema é executado diretamente do navegador, permitindo que o usuário simule plataformas de prototipagem de robótica como o ESP32 e o Arduino, sem a necessidade de componentes e instalação de algum *software*, por esta razão a ferramenta foi utilizada para simular o uso de um microcontrolador ESP32 recebendo medições de um sensor previamente à uma implementação em cenário real. De acordo com Antunes (2022), esse simulador foi desenvolvido para ser uma ferramenta fácil de ser utilizada, sendo uma excelente escolha para consumidores com diversos níveis de conhecimento em eletrônica (Marin e Reyes, 2022).

#### 2.4.8 sensor sw-420

O sensor SW-420, apresentado na Figura 1, possui um *trimpot*, permitindo ajustar o nível da sensibilidade do sensor, com flexibilidade de calibração para uma alta ou baixa sensibilidade, dispondo de uma tensão de trabalho entre 3,3V e 5V. O módulo desse sensor possui uma saída de nível lógico baseado nas vibrações e nos pulsos externos aplicados a ele, ou seja, quando o sensor não capta a vibração, seu estado lógico permanece no *low* (L) e quando recebe alguma vibração, seu estado de saída muda para o nível lógico *high* (H) (HAREENDRAN, 2022).

Figura 1 – Sensor SW-420



Fonte: Hareendran (2023)

### 2.5 ESCALA RELATIVA COM UNIDADE ARBITRÁRIA

Para efetuar as medições de vibração da máquina de fabricação de queijo em conjunto com o sensor SW-420, foram realizadas pesquisas sobre técnicas de medições a fim de viabilizar a análise dessas aferições de forma clara aos funcionários responsáveis pela manutenção e acompanhamento da máquina de queijo.

Com isso, chegou-se a Escala Relativa com unidade arbitrária, no qual, a escala está relacionada a um padrão de referência. Conforme o estudo, foram realizadas inúmeras medições

usando unidade arbitrária, que é um tipo de medição em que valores absolutos não podem ser obtidos, e desta forma são representados como u.a (unidade arbitrária), sob mesmo conjunto de condições, pode ser comparada em uma escala relativa e assim estabelecendo uma tendência. Deste modo, a título de exemplo, é estabelecer um limite mínimo e máximo em um determinado ponto e avaliar a variação dos mesmos (KAMAT, 2019).

### 3 METODOLOGIA

Em concordância ao referencial teórico, o controle do funcionamento do motor de um equipamento auxilia na redução de custos da produção, por este motivo foi desenvolvido o dispositivo chamado “ManutControl”, que visa acompanhar a vibração do motor elétrico, emitir alerta informando caso aconteça uma parada inesperada, permite o planejamento de manutenções preventivas com o propósito de minimizar as falhas da máquina.

Para aplicação do “ManutControl”, como estudo de caso, foi selecionado o equipamento onde será instalado o sistema, para assim auxiliar os funcionários na realização da manutenção e monitoramento da máquina de queijo da instituição, como mostrado na Figura 2.

Como a metodologia foi fundamentada em um estudo de caso da máquina “planta-piloto”, neste tópico serão abordados o *hardware*, o *software*, as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do dispositivo e os testes realizados em cada etapa da construção do sistema.

Figura 2 – Planta-Piloto Para Elaboração de Queijos



Fonte: Autoria Própria (2023)

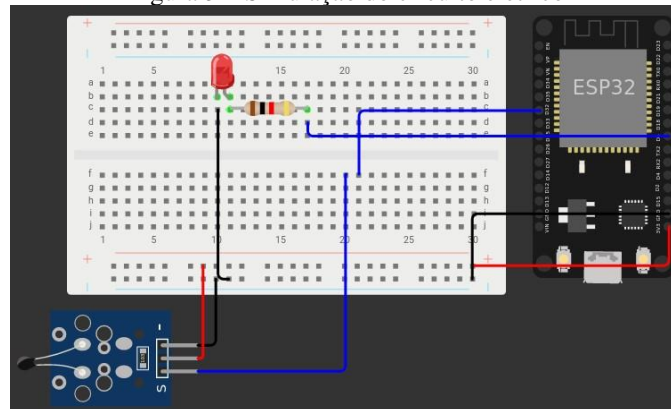
#### 3.1 HARDWARE

O protótipo desenvolvido possui o papel de registrar as medições coletadas pelo sensor de vibração, tratar e enviar estes dados de operação do motor para o acompanhamento de seu funcionamento. Portanto, foi necessário o levantamento de quais informações são relevantes para a análise do funcionamento correto do motor. Com base nos tópicos abordado no referencial

teórico por Marques e Nei Brito (2019), optou-se por medir a variação da vibração do motor em operação, com este cenário a utilização de sensor SW-420 para aferição é trivial.

Posteriormente, ao definir qual tipo de sensor será utilizado, foi estabelecido qual microcontrolador se adequará ao sistema. Isto posto, foi escolhido a plataforma Wokwi para estruturar um modelo básico com sensores a fim de testar e avaliar os microcontroladores como apresentado na Figura 3. Considerando os resultados atingidos via testes e alguns outros fatores como custo, disponibilidade de sensores, complexidade do sistema e o tamanho do microcontrolador, o grupo escolheu utilizar a placa ESP32.

Figura 3 – Simulação do circuito elétrico



Fonte: Autoria Própria (2023)

### 3.1.1 sensores

Sensores são estruturas capazes de detectar o que ocorre no meio, existem diversos tipos de sensores produzidos para as mais diversas aplicações (OLIVEIRA, FREIRE, ZANATTA, 2006). Para o ESP32, existem vários tipos de sensores que detectam a vibração de um equipamento. Para os testes, foram utilizados diversos sensores para a captura dos dados, como o sensor de vibração piezoelétrico, porém, nenhum deles atingiu o resultado esperado. Por fim, efetuando novos estudos para definir o modelo com maior confiabilidade, foi analisado o sensor SW-420, que de acordo com os experimentos conduzidos, obteve resultado mais satisfatório, tratando-se de um sensor ideal para vibrações de baixa frequência.

Em princípio, foi priorizado o uso do sensor piezoelétrico para a medição de vibração, o teste conduzido teve como premissa medir a operação de uma máquina moto esmeril, equipamento industrial utilizado para cortar, afiar, desbastar, remover ferrugem, polir, limpar e aparar diversos tipos de materiais. Esta máquina foi escolhida para o experimento inicial, considerando os fatores de conter um motor, pela variação de frequência, e pelo fácil acesso ao motor elétrico, permitindo o acoplamento do sensor de vibração. Nos testes realizados, o sensor piezoelétrico foi capaz de

monitorar a vibração gerada durante a operação do moto esmeril, atingindo um resultado efetivo para análise dos dados.

Em seguida, foi realizado teste de monitoramento de vibração na máquina planta-piloto, e utilizouse o mesmo sensor piezoelétrico, entretanto, observou-se que a vibração produzida pela planta-piloto não foi detectada de maneira assertiva, isto se deve ao fato de a máquina planta-piloto possuir uma base de apoio mais estável comparado ao moto esmeril, não permitindo uma medição precisa. Por outro ângulo, o motor elétrico existente na máquina planta-piloto encontra-se posicionado firmemente em uma caixa e com suportes de metal, como representado na Figura 4 abaixo, e em decorrência destas características, a vibração é menor na estrutura do equipamento, em vista disso, o sensor piezoelétrico não foi capaz de distinguir com precisão se a máquina estava em operação ou não.

Figura 4 – Caixa do motor da máquina planta-piloto



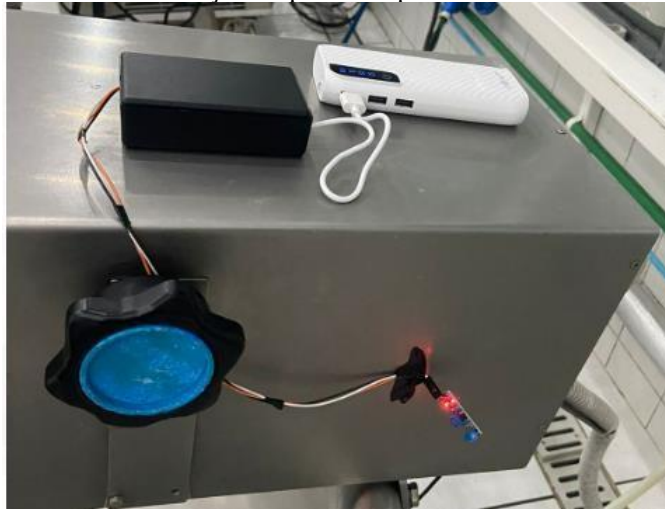
Fonte: Autoria Própria (2023)

Após concluídos os testes utilizando o sensor piezoelétrico e constatado sua incapacidade em medir a vibração na máquina planta-piloto alvo, foram estudados outros sensores de vibração para o monitoramento e o sensor sucessor escolhido foi o sensor SW-420. Seguindo deste pressuposto, o SW-420 possui um sistema de molas capaz de detectar vibrações do ambiente, diferente do sensor piezoelétrico que é sensível apenas ao toque, o que o torna um mais sensível que o anterior. Neste sensor foram realizados testes no moto esmeril, onde foi constatado sua aptidão na medição da vibração do motor durante a operação.

Como referenciado anteriormente, o próximo teste submetido ao sensor foi a realização da medição da planta-piloto em funcionamento. Durante os testes, o sensor detectou a vibração do

equipamento, mas com baixa precisão, o que acarretou novos experimentos e estudos para estabelecer uma melhor posição para a detecção destas vibrações. O resultado extraído foi que as superfícies laterais da caixa do motor apresentaram vibrações maiores que as outras superfícies, desta maneira implantou-se o sensor SW-420 na superfície lateral para a coleta de dados na máquina, como apresentado na Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Sensor de vibração acoplado a superfície lateral da caixa do motor



Fonte: Aatoria Própria (2023)

### 3.1.2 programação do microcontrolador

O sensor responsável pela medição da vibração captura em valores numéricos a vibração, o microcontrolador ESP32 encarrega-se da leitura destes dados e envia para os bancos de dados. Esta tarefa é realizada a partir de um código escrito na linguagem C++, linguagem reconhecida pelo ESP32, e está disponível no repositório no seguinte link: <https://github.com/figueirapedro/ManutControlSensor>.

Este código-fonte foi estruturado inicialmente incluindo as bibliotecas necessárias para o funcionamento, sendo elas: “WiFi.h”, para a conexão com redes *WiFi*; “WiFiClientSecure.h” para certificado de segurança utilizado para autenticar conexão com o Telegram; “FirebaseESP32.h” para uso das funções relacionados ao Firebase; “HTTPClient.h” para realizar as chamadas de envio de dados para o banco de dados MongoDB; “Time.h” para uso de métricas de tempo; “UniversalTelegramBot.h” para envio de dados ao *Bot* no Telegram e “ArduinoJson.h” para tratar dados em formato *JSON*.

Em sequência, são declaradas as variáveis que serão utilizadas durante o funcionamento do microcontrolador, como as credenciais da rede *WiFi*, valor registrado no sensor, parâmetros do banco de dados no Firebase, informações de requisição ao banco MongoDB, entre outros.

No corpo do código encontra-se duas sessões fundamentais para a operação do microcontrolador, sendo uma as configurações de funcionamento do ESP32 e seus parâmetros iniciais, e a outra a lógica de envio dos dados registrados pelos sensores. Nesta segunda sessão, o código foi desenvolvido para realizar a medição a cada segundo, se conectar aos bancos no Firebase e MongoDB, definir uma métrica mínima e máxima de vibração para o envio de um alerta pelo *Bot* do Telegram, estruturar o dado a ser enviado e enviá-lo.

### 3.1.3 caixa do protótipo

O armazenamento se trata de uma caixa vazia feita de plástico ABS com dimensões dez centímetros de comprimento, três centímetros de altura e 6,2 centímetros de largura, com espessura de 0,3 centímetros. Nela foi fixado em sua base o ESP32 utilizando hastes de plástico para encaixar o microcontrolador, onde conectores *jumpers* macho-fêmea são utilizados para conexão do microcontrolador ao circuito, este se trata de um circuito impresso usado para soldagem dos conectores. Na caixa foram produzidos dois furos, um para alimentação do sistema de abertura retangular na vertical de origem no topo da caixa com dimensões de 1,5 centímetros de altura e 0,5 centímetros de base, conectado a uma bateria *Power Bank* com saída micro USB, e um furo circular de 0,5 centímetros de diâmetro para evacuar os conectores do sensor, como ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Caixa do protótipo



Fonte: Autoria Própria (2023)

## 3.2 APLICAÇÃO

O aplicativo mobile foi desenvolvido em uma arquitetura de solução baseando-se em possíveis integrações futuras a outros sistemas produtivos da FESA, possibilitando cadastro de

outras máquinas, outros tipos de sensoriamentos, entre outros, permitindo a versatilidade do projeto.

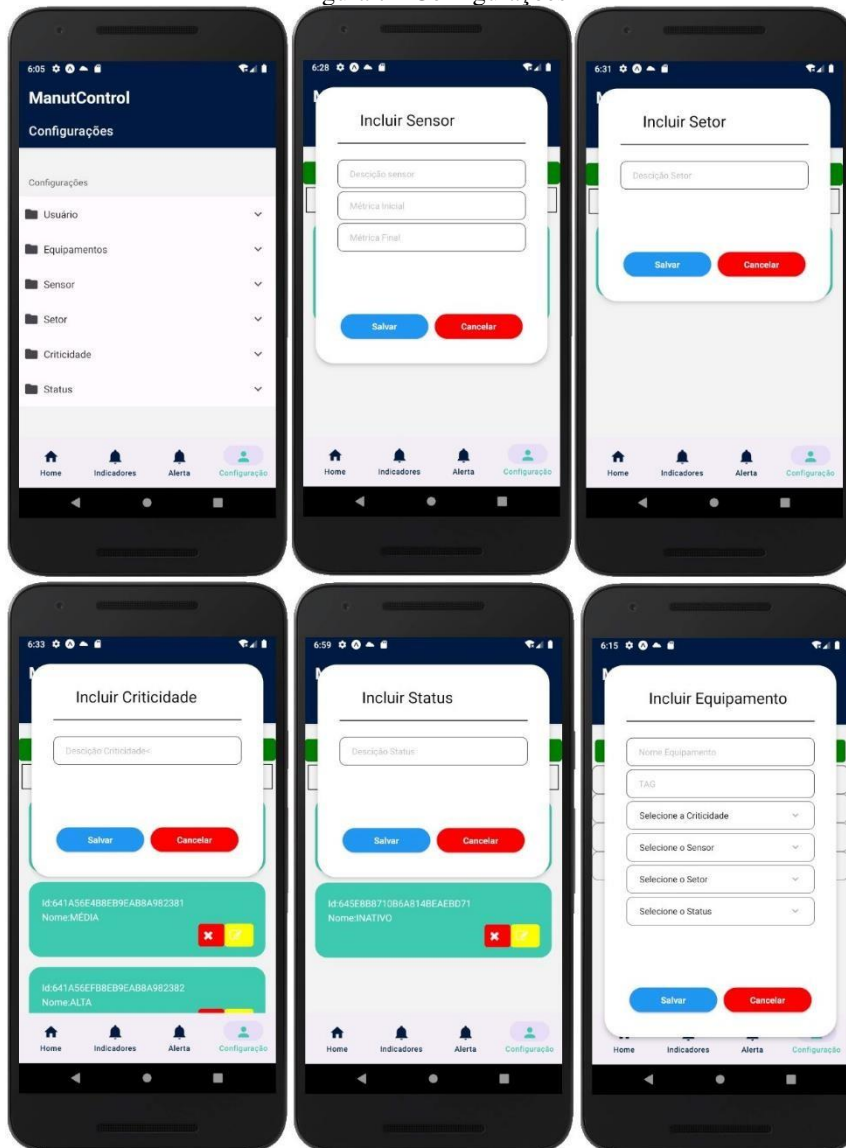
### 3.2.1 aplicativo mobile

A tela de Configurações é responsável por listar o gerenciamento das funcionalidades do aplicativo, sendo elas, gerenciamento de Usuário, Criticidade, Equipamentos, Sensor, Setor e *Status*.

Na tela de Cadastro de sensor representado na Figura 7, o usuário deve inserir três parâmetros, sendo a descrição do sensor, a métrica inicial, o valor mínimo em que o sensor pode identificar sem que haja uma falha no equipamento, e a métrica final, sendo o valor máximo onde o sensor possa captar para não ser considerado uma anomalia na máquina. Caso o sensor identifique valores fora dessas duas métricas atribuídos pelo usuário, o sistema emite um sinal de alerta, detectando que este equipamento está com uma possível falha.

A tela de Criticidade, também demonstrado na Figura 7, tem como objetivo o cadastro de níveis de riscos que um equipamento com anomalia pode impactar na produção, custos, desperdícios, lucros e entre outros, como exemplo, a máquina de queijo, atribuída pela equipe como alta criticidade. De acordo com a Figura 7, a tela de Inclusão de status tem como finalidade cadastrar métrica que define em qual cenário aquele equipamento está, tal como, ativo ou inativo. Na tela de Setor é possível cadastrar setores da FESA para facilitar a identificação da localização em que o equipamento está posicionado. Por fim, a tela de cadastro de equipamento utiliza todas as funcionalidades mencionadas, com o objetivo de determinar qual o impacto da máquina no sistema produtivo, como demonstrado na Figura 7.

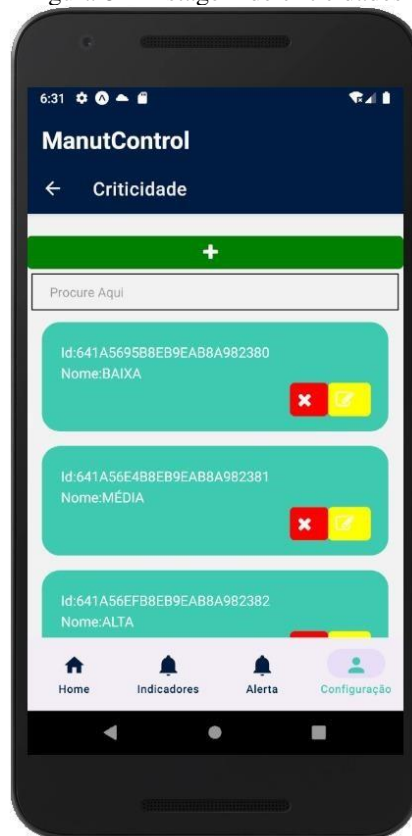
Figura 7 - Configurações



Fonte: Autoria Própria (2023)

Outra funcionalidade é a possibilidade de edição e exclusão de todos os parâmetros das telas de configuração, permitindo ao usuário o gerenciamento mais eficaz, como exemplo pode-se visualizar na Figura 8.

Figura 8 – Listagem de criticidades



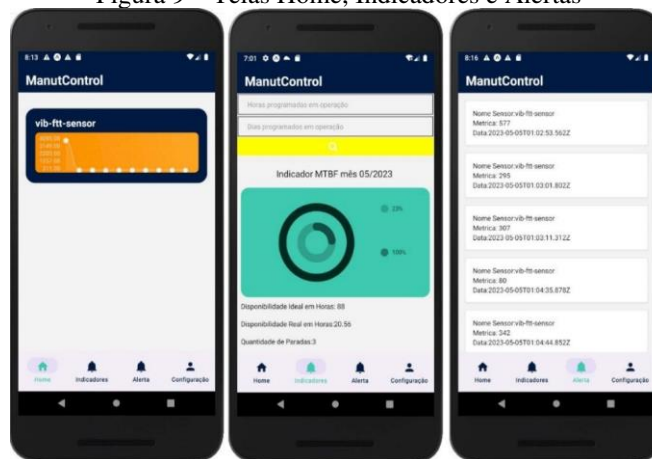
Fonte: Autoria Própria (2023)

Na tela de *Home* demonstrado na Figura 9, é possível visualizar em tempo real as medições dos sensores, permitindo identificar futuros sinais de alerta de anomalia.

A tela de Indicadores, também demonstrada na Figura 9, foi desenvolvida conforme o estudo do indicador MTBF para fins de cálculos da disponibilidade do equipamento e possibilitando a análise do dimensionamento da efetividade da manutenção. Por conseguinte, o usuário pode inserir dois parâmetros, sendo eles a quantidade em horas que esse equipamento ficou em funcionamento e por quantos dias, porém, quando o usuário não insere nenhum dado, o indicador é gerado considerando por padrão os dias úteis do mês atual até a data atual e como horas é utilizado oito horas.

Em síntese, a tela de Alerta tem como intuito a visualização dos últimos mil registros de notificações dos sensores, considerando que o sensor envia dados ao banco a cada segundo, permitido em tempo real o acompanhamento das medições dos sensores cadastrados no aplicativo, como confirma na Figura 9.

Figura 9 – Telas Home, Indicadores e Alertas



Fonte: Autoria Própria (2023)

### 3.2.2 arquitetura

Ao planejar a arquitetura de *software*, a equipe analisou as vantagens da utilização de vários *frameworks* de desenvolvimento, no entanto, por decorrência de benefícios como a possibilidade da criação de interfaces mais avançadas, responsivas, com execução de tarefas complexas demandando menor tempo de processamento, o grupo escolheu o React Native.

Para transportar os dados solicitados pelo usuário, o sistema utiliza um conjunto de *APIs*, de modo que o usuário realiza a requisição a uma *API RESTful*, em seguida a *API* transfere a informação do estado do recurso ao solicitante, em que as informações retornam ao cliente via *HTTP* em formato *JSON*, conforme exemplo Código-Fonte 1.

Código-Fonte 1 – JSON Equipamento

```
{
  "_id": {
    "$oid": "6286e388d83ec99c66a16b4a"
  },
  "Descricao": "Equipamento Z",
  "dataEntrada": {
    "$date": {
      "$numberLong": "1012020"
    }
  },
  "Tag": "XSD-TGD-KSK",
  "Status": "Inativo",
  "Local": "Produção 0",
  "Criticidade": "Baixa"
}
```

Fonte: Autoria Própria (2023)

Os dados coletados pelos sensores serão enviados para os bancos de dados no MongoDB e Firebase com objetivo de aumentar a disponibilidade e a confiabilidade dos dados, no qual, o Firebase é utilizado como um banco de armazenamento de histórico, backup e extração de relatório, e o MongoDB para o tratamento e manipulação de dados. Para a aplicação, o consumo

de dados será feito por meio de uma *API* que consultará a base em MongoDB, escolhido pela sua alta escalabilidade e o retorno em formato *JSON*, como vantagem a fácil manipulação dos dados, como demonstrado na Figura 10, utilizado o *Swagger* para a documentação das *APIs*, e está disponível no link: <http://15.228.3.6:3003/docs/#/>.

Figura 10 – Retorno formato JSON

Code	Details
200	<p>Response body</p> <pre>[   {     "_id": "641a5695b8eb9eab8a982380",     "Descricao": "Baixa"   },   {     "_id": "641a56e4b8eb9eab8a982381",     "Descricao": "Média"   },   {     "_id": "641a56efb8eb9eab8a982382",     "Descricao": "Alta"   } ]</pre>

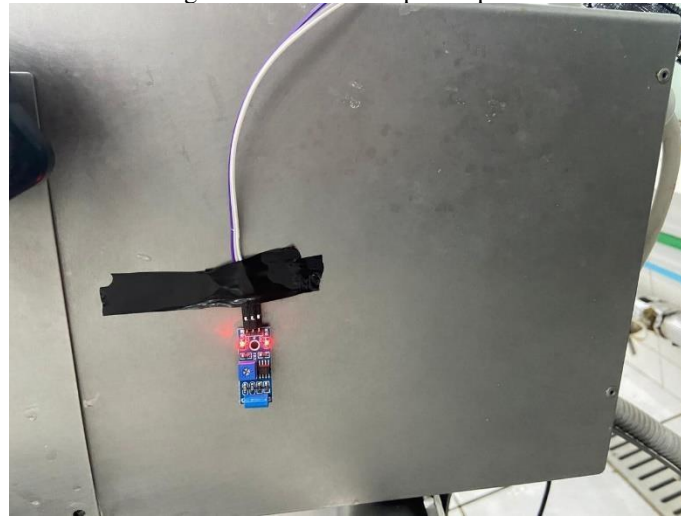
Fonte: Autoria Própria (2023)

Com isso, o Firebase armazenará os dados coletados e os apresentará em tempo real dentro do serviço da Google, permitindo utilizar serviços próprios para extração de dados e geração de relatórios, isso foi planejado em resultante do alto volume de requisições feitas pelo ManutControl e somado ao uso de BigQuery, serviço da Google para manipulação de dados via comandos SQL, e para não haver custos adicionais, optou-se a utilização do MongoDB como banco de dados para a integração com aplicação mobile.

### 3.3 TESTE

Esse tópico consiste no teste final executado na máquina planta-piloto do estudo de caso, e foi inicialmente realizado uma análise para identificar o ponto mais próximo ao motor da máquina, instalar o ManutControl e assim obter uma melhor precisão da coleta de dados. Após alguns experimentos realizados em cada ponto da caixa do motor, foi definido como referencial mais preciso a superfície lateral da plantapiloto, como demonstra a Figura 11.

Figura 11 – Sensor na planta-piloto



Fonte: Aatoria Própria (2023)

Após configurar o ManutControl na máquina, acompanhou-se a execução do motor por 20 minutos, para identificação da métrica mínima e máxima de vibração do motor, que são respectivamente 280 e 1200 em unidade arbitrária, no sinal digital retornado pelo sensor em um funcionamento normal da máquina, e caso o valor capturado esteja fora dessas duas métricas a máquina está com anomalia. Para realizar esse teste, foi utilizado água para simular o processo com leite e reduzir o desperdício.

Após a calibração do sistema, foi iniciado o primeiro teste para validar se os dados coletados pelo sensor estavam sendo recebidos pelo aplicativo e projetados no gráfico de acordo com as aferições, e conforme a Figura 12 a validação foi assertiva.

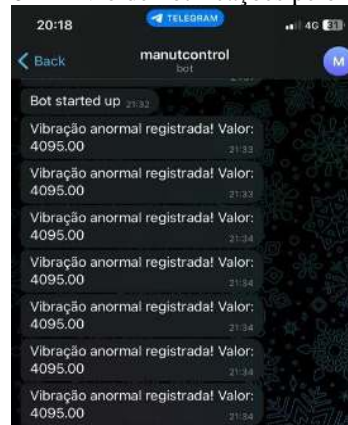
Figura 12 – Gráficos com dados emitidos em tempo real no software



Fonte: Aatoria Própria (2023)

Com a finalidade de realizar testes no envio de notificações pelo Telegram e aplicativo, foi realizado manualmente a redução da sensibilidade do sensor de vibração do ManutControl, para enviar uma notificação ao usuário informando que o sensor detectou vibração anormal do programado, esse alerta foi enviado por meio do Telegram cadastrado no sistema do ManutControl, como demonstrado na Figura 13.

Figura 13 – Envio de notificações pelo Telegram



Fonte: Autoria Própria (2023)

Em seguida, foi realizado a parada no processo para verificar se uma notificação iria ser enviada para o usuário por meio do aplicativo e as mensagens foram novamente enviadas pelo Telegram.

Durante os experimentos, foi constatado que a presença de fatores externos pode impactar os valores capturados pelo sensor de vibração dependendo da sensibilidade em que ele for configurado, entre eles o ar-condicionado e ruídos em excesso, interferindo na precisão da medição.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O protótipo mostrado nas Figuras 4 e 5, foi desenvolvido para manter-se em funcionamento por uma semana mesmo não estando conectado em uma rede elétrica, visando isso, foi utilizando um *Power Bank* de 10000 mAh acoplado ao sistema, considerando que o usuário não planeje ou não possa conectar o protótipo a uma rede elétrica.

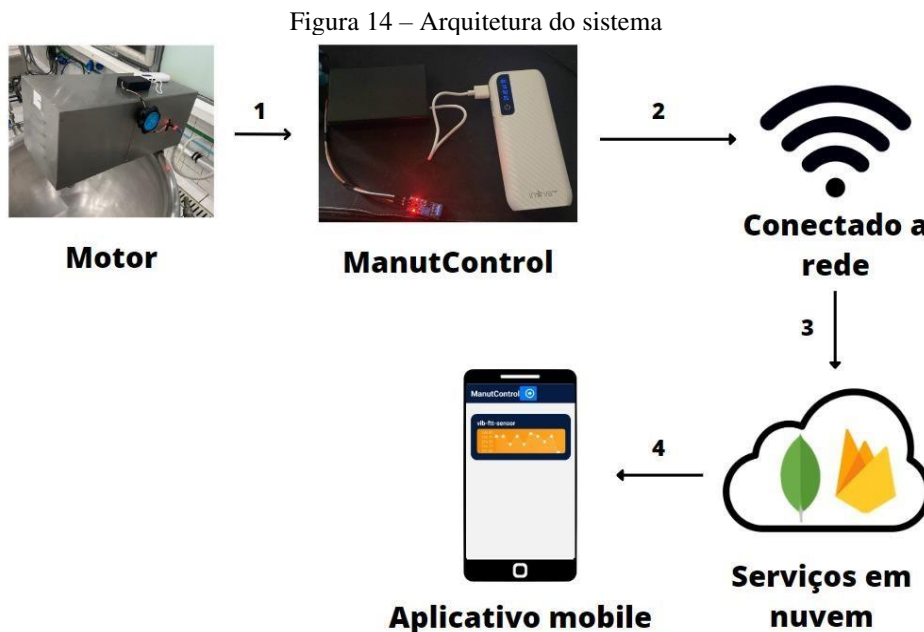
Para evitar impactos como variações baixas de temperatura e problemas com a umidade do ambiente do estudo de caso, foi comprado uma caixa de plástico para o armazenamento do protótipo. A escolha desse tipo de material foi motivada pelas baixas temperaturas do ambiente, para não influenciar no funcionamento do sistema, tendo como característica a vedação completa da placa de circuitos e do sensor, reduzindo as chances de gotículas de água entrarem em contato direto com o *hardware* do ManutControl.

Como sensor de vibração SW-420 captura dados da vibração em tempo real, o ManutControl estava recebendo um alto volume de dados, sendo assim, foi necessário mapear parâmetros para filtrar esses dados, recebendo apenas aqueles que seriam úteis para identificação de anomalias no sistema, sendo o valor da vibração, tempo de medição, nome do sensor e nome

da máquina. Por último, o sistema envia dados a cada segundo para o banco de dados e o *software* consulta os dados e vai apagando os dados antigos para evitar problemas de desempenho.

Os dados enviados ao banco são consultados pelo aplicativo, no *software* esses dados são exibidos em tempo real por meio de um gráfico e uma tela de alerta. O aplicativo também é responsável por mostrar alerta para auxiliar o usuário caso aconteça alguma anomalia na vibração do motor, além dos avisos exibidos pelo aplicativo, um aviso é enviado ao Telegram do funcionário que foi cadastrado no sistema, para informá-lo sobre alguma inconsistência no funcionamento do motor.

Com base nas alterações de vibração informadas pelo ManutControl, é possível que o usuário identifique a necessidade da manutenção preventiva do motor da máquina, evitando manutenções corretivas, prevendo defeitos futuros antes que cause maiores impactos no funcionamento do equipamento e no processo produtivo do queijo. A arquitetura dessa solução é apresentada na Figura 14.



Fonte: Aatoria Própria (2023)

#### 4.1 IMPLEMENTAÇÃO

Para a implementação do sistema de maneira funcional, foi pertinente acoplar a caixa com o sensor próximo ao motor, em uma região mais precisa para detectar a vibração desse equipamento e executar o processo, acompanhando-o durante o período de 20 a 30 minutos, com o objetivo de definir qual é a vibração máxima e mínima, para serem parametrizados no *software* do ManutControl. Outro passo, é avaliar quais outros fatores externos, como por exemplo ar-

condicionado e ruídos no ambiente em excesso que podem impactar nos resultados obtidos pelo sensor, para melhorar a precisão dos dados enviados ao usuário.

Com o objetivo de que o sistema fique funcional e conectado ao aplicativo mobile, é fundamental a conexão do ManutControl a alguma rede internet próxima ao ambiente implementado, o usuário deve baixar o aplicativo em seu celular e cadastrar o Telegram no sistema, para receber notificações de emergência caso aconteça alguma parada ou alguma alteração não programada da vibração do motor.

## 4.2 CUSTOS

Nesse tópico será tratado o custo médio das peças necessárias para o desenvolvimento do hardware do protótipo, na qual o valor total mostrado no Quadro 1 resulta em R\$ 175,00, desconsiderando o valor da mão de obra e frete, que influencia no valor total.

Quadro 1 – Custos do Hardware

Equipamentos	Custo unitário
Sensor SW-420	R\$ 12
ESP 32 DevKit 4	R\$ 60
Caixa de Armazenamento	R\$ 11
<i>Power Bank</i> 10.000 mAh	R\$ 50
Circuito Impresso 2x8	R\$ 15
AWS	R\$ 7
<i>Jumpers</i> (kit com 100)	R\$ 20
Total	R\$ 175

Fonte: Aatoria Própria (2023)

## 4.3 SOFTWARE

Para este foram gerados três códigos-fontes, sendo eles: a programação para que o microcontrolador registre as medições realizadas pelos sensores, estruture os dados para envio aos bancos de dados Firebase, a aplicação *backend* responsável por enviar estes dados ao MongoDB e alerta para o Telegram. Para acesso ao código-fonte utilizado no microcontrolador segue neste endereço: <https://github.com/figueirapedro/ManutControlSensor.git>.

A aplicação que se comunica com o microcontrolador é uma *API* com a arquitetura *RESTful*, e realiza as operações de inserir, alterar, deletar e consultar ao banco de dados MongoDB,

como também informará quais serão os valores máximos e mínimos de operação. O código-fonte desta aplicação se encontra em: <https://github.com/figueirapedro/ManutControlBackend.git>.

E o aplicativo *mobile* desenvolvido em React Native consulta os dados gerados pela máquina, mostra alerta em tempo real, gerencia componentes do sistema e equipamentos. O código-fonte deste aplicativo se encontra no repositório a seguir: [https://github.com/KathellinRibeiro/ManutControl\\_V1/tree/master](https://github.com/KathellinRibeiro/ManutControl_V1/tree/master), disponível para baixar este aplicativo pela loja de aplicativos do sistema Android pelo seguinte caminho: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.manutcontrol.manutcontrol>.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo tem como objetivo propor um sistema de análise preventivo para motores, tendo como principal foco a identificação de problemas por meio da análise de vibração de um motor, auxiliando o usuário na rápida tomada de decisão em casos de paradas e reduzir custos de manutenções corretivas. A ferramenta desenvolvida é de baixo custo, e utiliza uma escala relativa com unidade arbitrária para ajustar e definir qual é o padrão de vibração normal para o motor da máquina de queijo. Diante disso, é possível afirmar que o sistema desenvolvido conseguiu atender aos objetivos propostos, já que a vibração foi acompanhada em tempo real e em caso de paradas bruscas o sistema envia alerta ao aplicativo.

O público-alvo do sistema são donos de pequenas fábricas ou donos de pequenos maquinários que utilizam para produção de queijo, em vista que normalmente não investem tanto em tecnologia e buscam sistemas mais baratos para auxiliá-los a reduzir defeitos inesperados nos motores de seus equipamentos e que gere alerta caso haja paradas, retornando dados de vibração em tempo real do seu equipamento durante a execução, como propósito de uma rápida tomada de decisão e permitir o planejamento de manutenções preventivas ao invés de intervenções corretivas.

A maior dificuldade encontrada no *hardware* foi a acoplagem do sensor no equipamento para produção de queijo, pois, caso o sensor sofra qualquer alteração em sua posição física, é necessário recalibrá-lo, e como foram utilizadas fitas para o desenvolvimento do protótipo, pode haver interferências que impactam nas suas leituras, influenciadas pela posição em que se encontra, temperatura e a vibração do ambiente.

Outro obstáculo confrontado durante o desenvolvimento de *software* foi a transmissão de dados entre o *hardware* e o sistema hospedado na nuvem, uma vez que os protocolos de comunicação entre a placa e a nuvem tem problemas de segurança, por ser utilizado o protocolo *HTTP*, que é um protocolo aberto e que tem inconformidades de segurança com o sistema em

nuvem, para solucionar esse impasse de segurança é recomendado utilizar o protocolo *HTTPS* que é mais seguro pois os dados trafegados sob este protocolo são encriptados e verificados entre os clientes na comunicação.

Um obstáculo que pode impactar no funcionamento do *software* é a utilização do *framework* React Native em seu desenvolvimento, no qual, há diversas dependências que se tornam com frequência depreciadas, por sofrerem constantes atualizações, ocasionando instabilidade na aplicação.

Para estudos futuros, é recomendado investir tempo implementando novos sensores com o intuito de aumentar a precisão da detecção de possíveis falhas no funcionamento do motor, criando assim também novas tabelas para uma exibição melhor dos dados desses novos sensores. Algumas melhorias futuras estudadas para este sistema são:

- Uso de um sensor acelerômetro 3D como sensor de vibração, visando que além de captar dados em tempo real, esse sensor consiga analisar a vibração da máquina em 3 eixos sendo o x, y e z, podendo analisar a variação da vibração nesses eixos e assim obter um diagnóstico mais preciso de anomalias;
- Preparação para que o sistema esteja apto a integrar outros dispositivos de medição, aumentando a capacidade da máquina para utilizar outros tipos de sensores, como sensor de corrente elétrica e inclinação, conforme ocorrer a necessidade dessas medições;
- Desenvolver um sistema para acoplar o sensor no motor de maneira mais eficiente, tendo como exemplo, utilizar ímãs para um melhor acoplamento do sensor, dado que atualmente está sendo utilizada fita isolante para prender o sensor na máquina e isso pode impactar na precisão deste dispositivo na coleta de dados da vibração;
- Com base nos dados coletados, ser capaz de realizar uma previsão do momento em que alguma máquina necessitará de manutenção e enviar um alerta informando sobre isso, auxiliando os funcionários a planejar manutenções preditivas e tomadas de decisões referente ao funcionamento do equipamento.



## REFERÊNCIAS

ANTUNES, Felipe Cezar de Castro. Introdução a Robótica: uma proposta de sequência didática para o ensino de Programação. Com a Palavra, o Professor, [S. l.], v. 7, n. 19, p. 175–183, 2022. Disponível em: [http://revista.geem.mat.br/index.php/\\_CPP/article/view/880](http://revista.geem.mat.br/index.php/_CPP/article/view/880). Acesso em: 12 maio. 2023.

BRASIL. Portaria nº352, de 04 de setembro de 1997. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Minas Frescal. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-ma-352-de-04-09-1997,644.html#:~:text=O%20Queijo%20Minas%20Frescal%20dever%C3%A1,temperatura%20n%C3%A3o%20superior%20a%208%C2%BAC.&text=5.1..para%20queijos%20de%20alta%20umidade>. Acesso em: 05 mar. 2023.

BUDZÍŃSKI, Maciej. What Is React Native? Complex Guide for 2022. Netguru, 2022. Disponível em: <https://www.netguru.com/glossary/reactnative#:~:text=React%20Native%20was%20first%20released,Ins%20tagram%2C%20Facebook%2C%20and%20Skype>. Acesso em: 19 Mar. 2023.

CARVALHO, Débora. Fome e desperdício de alimentos. Desafios do Desenvolvimento, v. 6, n. 54, p. 110, Set./Out. 2009. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/desafios/images/stories/PDFs/desafios054\\_completa.pdf](https://www.ipea.gov.br/desafios/images/stories/PDFs/desafios054_completa.pdf). Acesso em: 18 Mar. 2023.

CHAUHAN, Anjali. A Review on Various Aspects of MongoDB Databases. Faridabad, Haryana, India: Rawal Institute of Engineering And Technology, 2019. Disponível em: <https://11nq.com/qMUFz>. Acesso em: 15 mar. 2023.

CUNHA, André. React Native: o que é e tudo sobre o Framework. Alura, 20 Out. 2022. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/react-native>. Acesso em: 19 Mar. 2023.

DAUDT, Lourenço. Indicadores de manutenção: veja os principais e sua importância. Antares, 27 set. 2021. Disponível em: <https://www.antaresacoplamentos.com.br/blog/indicadores-de-manutencao/#:~:text=A%20import%C3%A2ncia%20dos%20indicadores%20de%20manuten%C3%A7%C3%A3o&text=A%20m%20disso%20os%20indicadores%20de,funcion%C3%A1rios%20e%20paradas%20de%20manuten%C3%A7%C3%A3o..> Acesso em: 09 abr. 2023.

EMBRAPA. Embrapa participa de audiência pública para o Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Alimentos. Embrapa, 24 Jun. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-denoticias/-/noticia/13801701/embrapa-participa-de-audiencia-publica-para-o-plano-nacional-de-combateao-desperdicio-de-alimentos>. Acesso em: 25 Abr. 2023.

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP32 Series: Datasheet. 16 jan. 2023. Disponível em: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf). Acesso em: 16 abr. 2023.



FIELDING, Thomas. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA, Irvine, 2000. pp. 5-151. Disponível em: [https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding\\_dissertation.pdf](https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf). Acesso em: 19 Mar. 2023.

HAREENDRAN, T.K. SW-420 Vibration Sensor – Quick Guide. Electro Schematics, 26 Jul 2022. Disponível em: <https://www.electroschematics.com/sw-420/>. Acesso em: 11 Mai 2023.

IBM. APIs de REST. IBM, 06 Abr. 2021. Disponível em: [https://www.ibm.com/br-pt/cloud/learn/restapis?mhsrc=ibmsearch\\_a&mhq=porque%20usar%20api](https://www.ibm.com/br-pt/cloud/learn/restapis?mhsrc=ibmsearch_a&mhq=porque%20usar%20api). Acesso em: 19 Mar. 2023.

KAMAT, Prashant V. Absolute, Arbitrary, Relative, or Normalized Scale? How to Get the Scale Right. ACS Energy Letters, Notre Dame, v. 4, n. 8, 2019. p. 2005-2006. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsenergylett.9b01571>. Acesso em: 14 Mai 2023.

ANDREI, Luis, O Que é React e Como Funciona? Hostinger Tutoriais, 15 Jul 2021. Disponível em: <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-react-javascript>. Acesso em: 17 mar. 2023.

LI, Wu-Jeng *et al.* Just IoT Internet of Things based on the Firebase Real-time Database. 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Wu-Jeng-Li/publication/323342152\\_JustIoT\\_Internet\\_of\\_Things\\_based\\_on\\_the\\_Firebase\\_Realtime\\_Database/link/s/5bceb416a6fdcc204a013325/JustIoT-Internet-of-Things-based-on-the-Firebase-Real-time-Database.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Wu-Jeng-Li/publication/323342152_JustIoT_Internet_of_Things_based_on_the_Firebase_Realtime_Database/link/s/5bceb416a6fdcc204a013325/JustIoT-Internet-of-Things-based-on-the-Firebase-Real-time-Database.pdf). Acesso em: 25 jan. 2023.

LOGUERCIO, Andrea Pinto; ALEIXO, José Antônio Guimarães. Microbiologia de queijo tipo minas frescal produzido artesanalmente. Ciência Rural, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1063-1067. 2001.  
Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/PKm3pNcvkYYSk94YBzXpQsC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 mar. 2023.

MARCORIN, Wilson R.; LIMA, Carlos Roberto C. Análise dos Custos de Manutenção e de Nãomanutenção de Equipamentos Produtivos. Revista de ciência & tecnologia, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003.

MARIN, Anderson A; REYES, Juan S. Development and implementation of a low-cost security system. Tekhnê, Bagotá, v. 19, n. 2, Jul-Dez 2022. 29-34. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tekhne/article/view/20361/18821>. Acesso em: 03 Mai 2023.

MARQUES, Ana Claudia; BRITO, Jorge Nei. Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos. Brazilian Journal Of Development.



São João del Rei. jul. 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/2315/2322>. Acesso em: 20 set. 2022.

MEGANTORO, Prisma *et al.* Instrumentation system for data acquisition and monitoring of hydroponic farming using ESP32 via Google Firebase. 2022. Disponível em: <https://scholar.unair.ac.id/en/publications/instrumentation-system-for-data-acquisition-and-monitoring-ofhyd>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MOZILA. Introduction to the DOM. Mdn Web Docs, 2022. Disponível em: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Document\\_Object\\_Model/Introduction](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Document_Object_Model/Introduction). Acesso em: 17 Mar. 2023.

NEVES, Vinícios. React: o que é, como funciona e um guia dessa popular ferramenta JS. Alura, 2023. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/react-js>. Acesso em: 17 Mar. 2023.

OHYVER, Margaretha *et al.* The comparison firebase realtime database and MySQL database performance using wilcoxon signed-rank test. 2019. Disponível em: <https://tinyurl.com/2evp7kes>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ONU. Organização das Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 18/03/2023.

OLIVEIRA V I, FREIRE F L, ZANATTA A R, Optical properties of Er and Er+Yb doped hydrogenated amorphous silicon films, J. Phys. Condens. Matter, vol. 18, no. 32, pp. 7709–7716, Aug. 2006.

RICARTE, Michelle *et al.* Avaliação do desperdício de alimentos em uma unidade de alimentação e nutrição institucional em Fortaleza-CE. SABER CIENTÍFICO, Porto Velho, p. 158-175, jan./jun 2008.

RODRIGUES, Alexsander Vilaça *et al.* Gestão da segurança e qualidade da produção de queijo minas frescal por meio do desenvolvimento de protótipos para monitoramento das variáveis do seu processo. FTT Journal. Faculdade Engenheiro Salvador Arena. São Bernardo do Campo, p. 19. 2022.

SANTOS, Karin Luise dos, *et al.* Perdas e desperdícios de alimentos: reflexões sobre o atual cenário brasileiro. Brazilian Journal of Food Technology 23 (2020). Disponível em: <https://www.scielo.br/bjft/a/yhXZXHzvzPTqRWJpLcVt9Bx/?lang=pt>. Acesso em: 15 mar. 2023.

SEBRAE. Agronegócio. Santa Catarina, maio de 2021. Disponível em: [https://www.sebraesc.com.br/storage/imagem-principal/60b0d9eb5a6ae119905118\\_2021-10-25-025838\\_fftn.pdf](https://www.sebraesc.com.br/storage/imagem-principal/60b0d9eb5a6ae119905118_2021-10-25-025838_fftn.pdf). Acesso em: 05 mar. 2023.

SIGGA. MTBF e MTTR – Saiba tudo sobre estes indicadores da Indústria! Sigga Technologies, 2021. Disponível em: <https://www.sigga.com/pt-br/blog/mtbf-e-mttr-indicadores-da-industria>. Acesso em: 19 Mar. 2023.



SILVA, Tarcízio et al. APIs de Visão Computacional: Investigando mediações algorítmicas a partir de estudo de bancos de imagens. Logos, v. 27, n. 1, 2020.

SILVA, Marcos da A.; Y. GONZALEZ, Manuel L. Influência de fatores da manutenção que afetam a vida útil. Inducson. VII Conferência Internacional de Aplicações Industriais., p. 1-7, 2008.

TYSON, Matthew. What is JSON? The universal data format. 2022. Disponível em: <https://www.infoworld.com/article/3222851/what-is-json-a-better-format-for-data-exchange.html>. Acesso em: 15 mar. 2023.

VERÍSSIMO, Jordana *et al.* Análise de viabilidade econômica de uma fábrica de queijo minas frescal. XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, p. 1-12, dez. 2019. Disponível em: [http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019\\_220935\\_5d92a7c74b73e.pdf](http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019_220935_5d92a7c74b73e.pdf). Acesso em: 05 mar. 2023.

ZANDONAI, Roberta. ONU: 17% de todos os alimentos disponíveis para consumo são desperdiçados. ONU, 04 Mar. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/114718-onu-17-de-todosos-alimentos-dispon%C3%ADveis-para-consumo-s%C3%A3o-desperdi%C3%A7ados>. Acesso em: 25 Abr 2023.