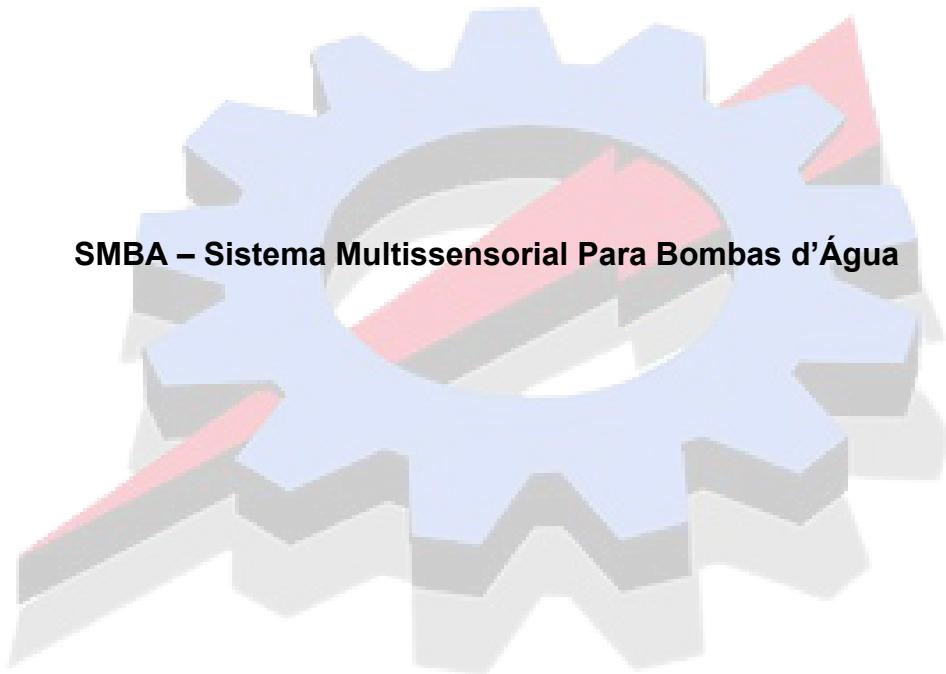


ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT**TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA**

**CAUÃ MATTEI SILVEIRA
JOÃO PEDRO CALEAL
LUIZ HERMANO BERNARDES**

**SÃO LEOPOLDO
2025**

CAUÃ MATTEI SILVEIRA
JOÃO PEDRO CALEAL
LUIS HERMANO BERNARDES

SMBD – SISTEMA MULTISENSORIAL PARA BOMBAS D’ÁGUA

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso
Técnico apresentado ao Curso de
Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual
Frederico Guilherme Schmidt como requisito
para aprovação nas disciplinas do curso sob
orientação do professor Thiago Lucena
Schmidt e coordenação do professor André
Vigano de Oliveira.

SÃO LEOPOLDO
2025

RESUMO

O projeto propõe desenvolver um sistema multisensorial para o monitoramento de motobombas, com foco em instalações que necessitam de controle simples e eficiente do equipamento. O protótipo consiste em um painel equipado com sensores, indicadores visuais e sonoros, além de uma fonte interna para garantir a operação mesmo durante quedas de energia. A finalidade do projeto é oferecer uma solução acessível que reduza riscos de falhas, prejuízos financeiros e paralisações inesperadas em locais onde o monitoramento convencional é limitado. Essa necessidade se justifica pelo fato de muitas bombas estarem instaladas em áreas remotas ou de difícil acesso, exigindo um sistema prático que possa ser interpretado por qualquer operador. O sistema conta com sensores de tensão (ZMPT101B) e corrente (ACS712) para detectar anomalias elétricas, além de sensor de nível, LEDs e sinalizador sonoro para indicar situações críticas ou normais de funcionamento. Esses componentes permitem acompanhar a condição do equipamento com clareza, sem a necessidade de profissionais altamente especializados. Para o desenvolvimento do projeto foram realizadas pesquisas bibliográficas, consultas a docentes e testes práticos, seguindo normas como NBR 5410, IEC 60417 e IEC 60617. A aplicação dessas normas orientou desde a disposição dos elementos no painel até a adoção de símbolos padronizados, garantindo segurança elétrica e conformidade técnica.

Palavras chave: Motobomba, Painel, Monitoramento, Sensores.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Operador usando o sistema de operação virtual	16
Figura 2 – Diagrama esquemático do modelo de dispositivo de bomba e pontos de medição de vibração	17
Figura 3 – Experimentos de campo da bomba centrífuga	18
Figura 4 – SMBA	19
Figura 5 – Bomba centrífuga monofásica Schneider BC-98 0.33hp cor verde 60Hz	21
Figura 6 – Bomba Dágua Autoaspirante Motobomba Água Claw 1.5cv 1100W 220V Wma150h Até 40 Metros Azul	21
Figura 7 – Bomba D'Água Periférica 1/2 Cv 370w 60hz Monofásica Foxlux	22
Figura 8 – Bomba D'água Submersível 1CV 750W 220V Foxlux	22
Figura 9 – Bomba De Engrenagem Transferência Óleo Matsuri 3.2gpm*	23
Figura 10 – Bomba Elétrica de Diafragma 12V 2,9l/min 4,5bar Kawashima	23
Figura 11 - Caixas de MDF coladas formando o painel do protótipo	29
Figura 12 – Botão pulsador verde	30
Figura 13 – Botão pulsador vermelho	30
Figura 14 – Arduíno UNO	31
Figura 15 – Protoboard	31
Figura 16 – Disjuntor trifásico	32
Figura 17 – Relé térmico 4 canais	32
Figura 18 - Relé Térmico De Sobrecarga	34
Figura 19 - Sinaleiro LED Verde	34
Figura 20 - Sinaleiro LED Amarelo	34
Figura 21 - Sinaleiro LED Vermelho	35
Figura 22 – Sinaleiro LED Buzzer Red	35
Figura 23 – Sensor Medidor Tensão Ac Voltímetro	35
Figura 24 – Sensor De Corrente	36
Figura 25 - Sensor De Distância Ultrassônico	36
Figura 26 - Esquema elétrico de força do protótipo	41
Figura 27 - Esquema elétrico de comando do protótipo	42
Figura 28 - Programação do circuito eletrônico Primeira Versão	43

Figura 29 - Protótipo do SMBA aberto	46
Figura 30 - Testes realizados nas bancadas	47
Figura 31 - Dados da simulação	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estado da Arte	14
Tabela 2 – Cronograma	44
Tabela 3 – Recursos	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MDF	Fibra de Média Densidade
Comp.	Complemento
Ex.	Exemplo
ABNT	Associação Brasileira de Normas técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
CV	Cavalo - Vapor
NR	Norma Regulamentadora
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
LED	Diodo Emissor de Luz
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado

LISTA DE SÍMBOLOS

W – Watt
V – Volt
Hz – Hertz
rpm – Rotações por Minuto
A - Ampère
CV - Cavalo Vapor
mm² - Milímetro Quadrado
m - Metros
VA - Volt Ampère

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	13
1.2 PROBLEMA	13
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivos Específicos	13

1.4 JUSTIFICATIVA	14
2 ESTADO DA ARTE	15
2.1 VIRTUAL INSPECTION SYSTEM FOR PUMPING STATIONS WITH MULTIMODAL FEEDBACK	16
2.2 A NOVEL INTELLIGENT CONDITION MONITORING FRAMEWORK OF ESSENTIAL SERVICE WATER PUMPS	17
2.3 RESEARCH ON FAULT DETECTION AND AUTOMATIC DIAGNOSIS TECHNOLOGY OF WATER HAMMER IN CENTRIFUGAL PUMP	18
2.4 SMBA – SISTEMA MULTISENSORIAL PARA BOMBAS D’ÁGUA	18
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1 ONDE AS BOMBAS ESTÃO PRESENTES	19
3.2 MOTOBOMBAS	20
3.2.1 Motobomba Autoescorvante	21
3.2.2 Motobomba Periférica	21
3.2.3 Motobomba Submersível	22
3.2.4 <i>Motobomba De Engrenagem</i>	22
3.2.5 Motobomba de Diafragma	23
3.3 PRINCÍPIOS DE MONITORAMENTO EM INSTALAÇÕES COM BOMBAS D’ÁGUA	23
3.3.1 Disjuntor Motor	24
3.3.2 Relé Térmico	24
3.3.3 Relé de Nível	24
3.3.4 Termistor (PTC/NTC ou Termostato)	25
3.3.4.1 Coeficiente de Temperatura Positivo (PTC)	25
3.3.4.2 Coeficiente de Temperatura Negativo	25
3.3.5 Inversor de Frequência	25
3.4 AVALIAÇÃO DOS RISCOS E CONSEQUÊNCIAS DA AUSÊNCIA DE MONITORAMENTO EM MOTOBOMBAS	26
3.4.1 Sobrecorrente	26
3.4.1.1 Sobrecarga	26
3.4.1.2 Curto-Círcuito	27
3.4.2 Sobretensão	27
3.4.3 Subtensão	27
3.4.4 Falta de Fase	27
3.4.5 Cavitação	28
3.4.6 Desvio De Vazão	28
3.5 COMPONENTES DO PROJETO	28
3.5.1 Caixas de MDF	28
3.5.2 Botões pulsadores Verde e Vermelho	29
3.5.3 Placa Compatível Uno Atmega328 Ch340 + Cabo Usb	30
3.5.4 Protoboard 400 Jumper Macho-Macho	31
3.5.5 Disjuntor trifásico	31

3.5.6 Módulo Relé Relé 4 Canais 5v 10a	32
3.5.7 Relé Térmico De Sobrecarga	32
3.5.8 Sinais LED Verde, Vermelho, Amarelo e Buzzer Red	33
3.5.9 Sensor Medidor Tensão Ac Voltímetro Zmpt101b Para Arduino	34
3.5.10 Módulo Sensor De Corrente Acs712 5a 20a 30a Serve Arduino	34
3.5.11 Sensor De Distância Ultrassônico Hc-sr04	35
3.6 ABNT NBR 5410	35
3.7 IEC 60417	36
3.8 IEC 60617	36
4 METODOLOGIA	36
4.1 TIPO DE PESQUISA	37
4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES	37
4.2.1 2 Caixas de MDF	37
4.2.2 Botão Pulsador Verde NA	37
4.2.3 Botão Pulsador Vermelho NF	37
4.2.4 Protoboard 400 Jumper Macho-Macho Macho-Fêmea	37
4.2.5 Disjuntor trifásico	38
4.2.6 Relé Térmico De Sobrecarga	38
4.2.7 Sinal LED Verde	38
4.2.8 Sinal LED Amarelo	38
4.2.9 Sinal LED Vermelho	38
4.2.10 Sinal LED Buzzer Red	38
4.2.11 Placa Compatível Uno Atmega328 Ch340 + Cabo Usb	38
4.2.12 Contador Elétrico	39
4.2.13 Módulo Relé 4 Canais 5v 10a Para Arduino Pic Automação	39
4.2.14 2 Sensores Medidores de Tensão Ac Voltímetro Zmpt101b Para Arduino	39
4.2.15 Módulo Sensor De Corrente Acs712 5a 20a 30a Serve Arduino	39
4.2.16 Sensor De Distância Ultrassônico Hc-sr04	39
4.3 ESQUEMA ELÉTRICO	40
4.4 PROGRAMAÇÃO	42
4.4.1 Explicação Linha a Linha do Código	42
4.4.1.1 Declaração de Pinos e Constantes	42
4.4.1.2 Função `setup()`	43
4.4.1.3 Função `loop()`	43
4.4.1.4 Leitura de Sensores	43
4.5 PROTÓTIPO	45
4.5.1 Testes realizados no protótipo	46
4.5.1.1 Programação usada durante os testes	47
5 CRONOGRAMA	52
6 RECURSOS	53
7 RESULTADOS	55

8 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as bombas d'água são equipamentos fundamentais para o transporte de líquidos em aplicações que vão da irrigação agrícola e saneamento básico até processos industriais e sistemas prediais. Utilizando o princípio de conversão de energia mecânica em pressão hidráulica, elas permitem o escoamento e a distribuição controlada de água e outros fluidos, garantindo o suprimento contínuo em diversas etapas produtivas e de consumo. Em razão de sua importância, falhas por sobrecorrente, sobretensão, cavitação ou queda de energia, podem provocar paradas não planejadas, danos ao motor e acréscimo significativo nos custos de manutenção. No ambiente industrial, essas interrupções refletem diretamente na produtividade, na segurança operacional e até na disponibilidade de recursos hídricos para etapas vitais da produção. Ciente desses riscos, pesquisadores têm desenvolvido diferentes abordagens de monitoramento e diagnóstico. Contudo, parte dessas soluções exige infraestrutura complexa, alto investimento em hardware e softwares que dificultam sua adoção por empresas de pequeno e médio porte. Nesse contexto de limitação ao acesso a tecnologias avançadas, cresce a demanda por uma alternativa intermediária, simples, de baixo custo e fácil instalação, capaz de proteger motobombas e tornar possível uma resposta imediata a condições adversas sem depender de redes de comunicação ou servidores externos. Este projeto surge para atender essa necessidade. Em um painel compacto, ele reúne sensores de tensão, corrente e vazão, acionando LEDs e sinalizador sonoro sempre que algum parâmetro ultrapassa limites seguros de operação. O sistema oferece também uma fonte de alimentação interna para operação contínua, assim, impedindo que o monitoramento seja cessado por adversidades externas, como queda de energia. A interface intuitiva e lógica do SMBA possibilita que qualquer operador, mesmo sem formação especializada, acompanhe em tempo real o estado da motobomba e tome ações corretivas imediatas.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Desenvolvimento de um painel multissensorial com sinalizadores visuais para monitoramento em tempo real de bombas d'água.

1.2 PROBLEMA

É possível desenvolver um sistema de monitoramento local capaz de sinalizar continuamente o estado operacional de bombas d'água em ambientes industriais?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Projetar um painel multisensorial que sinalize o estado operacional de bombas d'água, garantindo visibilidade imediata mesmo em locais remotos.

1.3.2 Objetivos Específicos

Desenvolver a interface de comunicação entre os sensores (tensão, corrente e vazão) e o microcontrolador Arduino.

Projetar e construir a caixa/painel contendo LEDs, botões e display.

Implementar fonte de alimentação interna para garantir funcionamento contínuo do painel durante falhas de energia.

1.4 JUSTIFICATIVA

Em aplicações industriais, prediais e agrícolas, as motobombas são responsáveis pelo transporte contínuo de líquidos em processos como irrigação, drenagem e abastecimento. Quando há falhas elétricas (sobretensão, sobrecorrente) ou hidráulicas (variações abruptas de vazão), além de desligamentos súbitos por queda de energia, podem ocorrer danos críticos ao ativo, resultando em paradas não programadas e altos custos de manutenção.

De acordo com Shao et al., (2025):

“[...] as estações de bombeamento geralmente estão localizadas em locais remotos, o que dificulta o monitoramento e a gestão eficaz [...]”

Essa distância impede inspeções frequentes e torna mais lenta a identificação de problemas emergentes.

Outro aspecto crucial é a redução do quadro técnico especializado.

Segundo Techplus (2025):

“A cada ano, o número de pessoas com experiência para diagnosticar e reparar as principais falhas que afetam as bombas, diminui.”

Diante desse cenário, o SMBA — Sistema Multissensorial para Bombas d'Água, propõe um sistema com painel local, de baixo custo e fácil instalação, que implementa sensores de tensão, corrente e vazão, alarmes visuais (LEDs) e sonoro, além de fonte de alimentação interna para operação ininterrupta. Com lógica simples e resposta imediata, qualquer operador é capaz de interpretar rapidamente o estado da bomba, reduzindo o tempo de resposta e eliminando a necessidade de infraestrutura complexa ou formação especializada.

2 ESTADO DA ARTE

Tabela 1 - Estado da Arte

Pesquisa	Autoria	Ano de publicação
Virtual Inspection System for Pumping Stations with Multimodal Feedback	Shao, Z.; Liu, T.; Jingwei, L.; Tang, H. et al.	30 de julho de 2024
A Novel Intelligent Condition Monitoring Framework of Essential Service Water Pumps	Liu, Y.; Huang, Q.; Li, H.; Li, Y.; Zhu, R.; Fu, Q. et al.	19 de julho de 2024
Research on Fault Detection and Automatic Diagnosis Technology of Water Hammer in Centrifugal Pump	Chen, L.; Li, Z.; Shi, W.; Li, W. et al.	27 de junho de 2024

Fonte: os autores (2025).

2.1 VIRTUAL INSPECTION SYSTEM FOR PUMPING STATIONS WITH MULTIMODAL FEEDBACK

De acordo com (Shao et al. 2025), o Virtual Inspection System for Pumping Stations combina sensores de vazão, pressão e corrente com um ambiente de realidade virtual. Os dados coletados na estação de bombeamento são projetados em um modelo 3D, onde o operador vê em tempo real o funcionamento da bomba e recebe alertas visuais, sonoros e táteis quando alguma anomalia é detectada.

Figura 1 - Operador usando o sistema de operação virtual

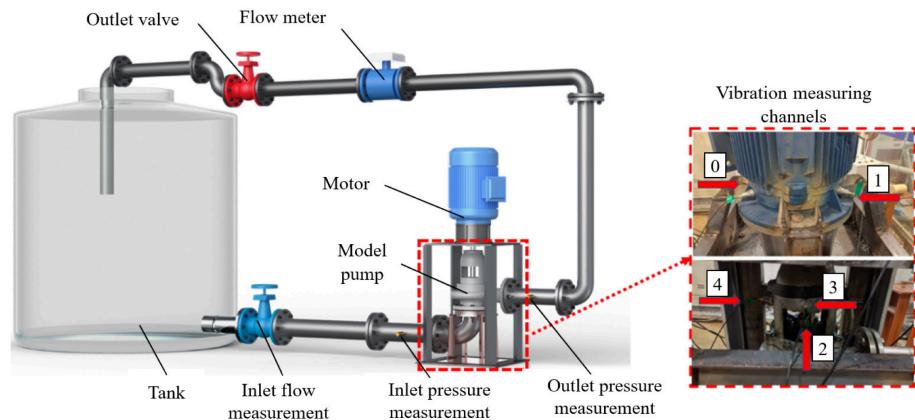


Fonte: Shao, Z. et al. (2025).

2.2 A NOVEL INTELLIGENT CONDITION MONITORING FRAMEWORK OF ESSENTIAL SERVICE WATER PUMPS

Conforme (Liu et al. 2025), o Intelligent Monitoring Framework for Water Pumps integra sensores de corrente, tensão e vibração a um sistema que analisa as medições automaticamente. O sistema detecta valores fora dos limites esperados, classificando o tipo de anomalia e acionando um alarme no painel local.

Figura 2 - Diagrama esquemático do modelo de dispositivo de bomba e pontos de medição de vibração



Fonte: Liu, Y. et al. (2025)

2.3 RESEARCH ON FAULT DETECTION AND AUTOMATIC DIAGNOSIS TECHNOLOGY OF WATER HAMMER IN CENTRIFUGAL PUMP

Segundo (Chen et al. 2025), o Fault Detection of Water Hammer in Centrifugal Pumps monitora a pressão no interior das tubulações para identificar choques de pressão que ocorrem quando a bomba para ou a válvula fecha abruptamente. O sistema capta as variações súbitas de pressão e emite um alerta antes que essas oscilações causem danos ao motor, vedações ou mesmo às tubulações.

Figura 3 - Experimentos de campo da bomba centrífuga



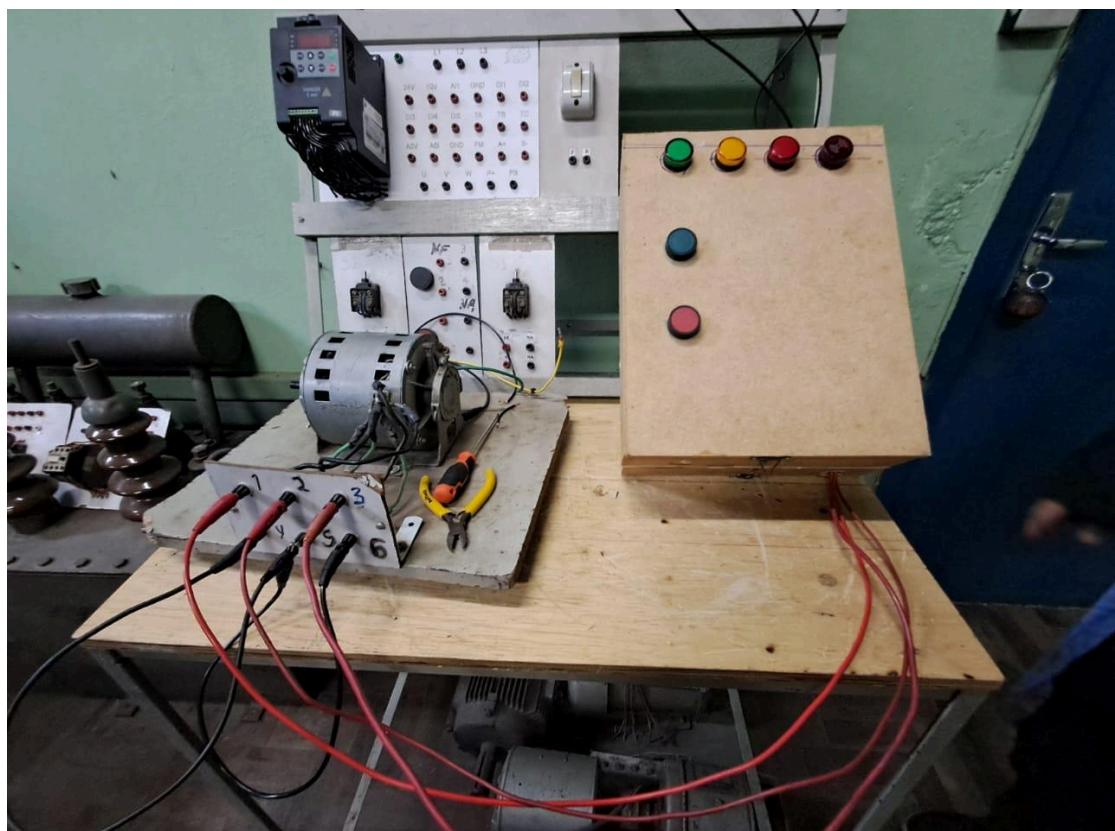
Fonte: Chen, L. et al. (2025)

2.4 SMBA – SISTEMA MULTISENSORIAL PARA BOMBAS D’ÁGUA

Este projeto desenvolve um sistema multissensorial para o monitoramento de bombas d’água. Os projetos listados na tabela apresentam elevada complexidade operacional e não são acessíveis a empresas de pequeno e médio porte, que necessitam de um sistema que auxilie na segurança de motobombas instaladas em locais remotos ou de difícil acesso. A proposta é a implementação de um painel simples e intuitivo, priorizando a praticidade e dispensando profissionais altamente especializados para interpretar os diagnósticos. O SMBA é composto por

componentes eletrônicos de baixo custo, incluindo botões pulsadores, LEDs e sinalizadores sonoros. Todos de uso comum e fácil compreensão para operadores.

Figura - 4 SMBA



Fonte: Os autores (2025)

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ONDE AS BOMBAS ESTÃO PRESENTES

Nas indústrias, as bombas são utilizadas com a intenção de fazer o transporte de líquidos. Em âmbitos mais específicos, elas podem ser utilizadas também em:

Sistemas de refrigeração; Processos Industriais; Abastecimento de Água; Tratamento de água; Combate a Incêndios; Construção Civil, entre outros. Eduardo Secco (2023).

3.2 MOTOBOMBAS

Como já dito posteriormente neste arquivo, as motobombas possuem a serventia de conduzir líquidos de um ponto ao outro.

(A. M. Santos 2024) O funcionamento de uma bomba d'água centrífuga (mais utilizada) é simples e dividido em 4 fases:

Primeira: Sucção/Admissão, onde o líquido em questão é direcionado ao interior da bomba através da entrada.

Segunda: O eixo da bomba gira com a ligação do motor, girando o rotor (impulsionador) e fazendo com que suas pás apliquem força cinética ao líquido.

Terceira: Conforme a liberação do fluido das pás do impulsor, sua velocidade acaba por aumentar devido à força centrífuga, ao correr pela carcaça da bomba sua pressão aumenta em decorrência da velocidade em direção à saída.

Quarta: O fluido pressurizado é expelido pela bomba na saída.

Dependendo do tipo de líquido, da vazão, altura de sucção, entre outros, configuram a motobomba que será usada no processo.

Figura 5 - Bomba centrífuga monofásica Schneider BC-98 0.33hp cor verde 60Hz



Fonte: Mercado Livre (2025).

3.2.1 Motobomba Autoescorvante

Funcionam como as motobombas centrífugas mas absorve ar e inicia sozinha, é ideal onde há entrada de ar na tubulação.

Figura 6 - Bomba Dágua Autoaspirante Motobomba Água Claw 1.5cv 1100W 220V Wma150h Até 40 Metros Azul



Fonte: Mercado Livre (2025).

3.2.2 Motobomba Periférica

Possui maior pressão do que a centrífuga porém uma menor vazão, sendo voltada para residências ou locais com pouca demanda de água.

Figura 7 - Bomba D'Água Periférica 1/2 Cv 370w 60hz Monofásica Foxlux

220 V



Fonte: Mercado Livre (2025).

3.2.3 Motobomba Submersível

Tem a capacidade de ficar totalmente submersa, sendo usada em esgotos, poços ou fontes de drenagem.

Figura 8 - Bomba D'água Submersível 1CV 750W 220V Foxlux



Fonte: Amazon (2025).

3.2.4 Motobomba De Engrenagem

Possui engrenagens que aplicam mais torque ao giro do eixo, voltada para líquidos de maior viscosidade.

Figura 9 - Bomba De Engrenagem Transferência Óleo Matsuri 3.2gpm*



Fonte: Mercado Livre (2025)

3.2.5 Motobomba de Diafragma

Bombeia líquidos com sólidos em suspensão, conhecida por atuar em mineração, saneamento e construções.

Figura 10 - Bomba Elétrica de Diafragma 12V 2,9l/min 4,5bar Kawashima



Fonte: Mercado Livre (2025)

3.3 PRINCÍPIOS DE MONITORAMENTO EM INSTALAÇÕES COM BOMBAS D'ÁGUA

Itens como motores, ou mesmo motobombas são contados como itens valiosos que uma empresa possui e controla, e nomeados com o título de ativos, o

que representa que são de extrema necessidade para a tal empresa que os hospeda.

Na área da contabilidade, um ativo é descrito como bens, direitos e recursos que geram economia à empresa, conforme (Sage, 2025).

Tendo em vista o valor deste, é comum que na área que diz respeito aos motores haja sistemas para o monitoramento destes a fim de evitar perdas.

Para reduzir esses efeitos, é importante melhorar a ventilação, usar purificadores de ar, e adotar práticas de limpeza regulares, além de controlar a umidade do ambiente.

3.3.1 Disjuntor Motor

Para fazer a proteção de um motor, nas instalações é comum a presença de um disjuntor motor. Ele previne que haja no circuito uma sobrecarga ou um curto circuito, abrindo seus contatos rapidamente, impedindo que a máquina queime. O disjuntor, por sua vez, não precisa ser substituído. Basta armá-lo novamente e este protegerá outro circuito.

3.3.2 Relé Térmico

Este é outro componente bastante presente em ligações com motores. O relé térmico de sobrecarga é um equipamento elétrico que possui dois contatos NA/NO (Normalmente Aberto/ Normally Opened) ou NF/NC (Normalmente Fechado/ Normally Closed) o qual atua tanto na proteção do motor contra sobrecarga ou superaquecimento monitorando a corrente que passa no circuito, quanto como um contato a mais para acionar lâmpadas, leds, sinais intermitentes, etc.

3.3.3 Relé de Nível

Um relé de nível tem a mesma função de um Relé Térmico de Sobrecarga. Porém, ele pega como base o nível de líquidos em um reservatório ou tanque (neste caso, a carcaça da bomba) e permite ou impede o fluxo de corrente elétrico para impedir que haja transbordamentos, ou falta de líquidos (impedindo que a bomba queime ao ficar ligada à seco).

3.3.4 Termistor (PTC/NTC ou Termostato)

É um sensor/resistor que aumenta ou diminui sua resistência de acordo com a temperatura presente, permitindo ou impedindo a passagem de corrente elétrica.

3.3.4.1 Coeficiente de Temperatura Positivo (PTC)

É a configuração de Termistor usada para resfriamento, ou seja, no caso do PTC, a resistência aumenta (impede a passagem de corrente) conforme a temperatura aumenta.

3.3.4.2 Coeficiente de Temperatura Negativo

Esta versão do Termistor é mais voltada para medição de temperatura, já que abaixa sua resistência varia de acordo com o aumento de temperatura, o que caso fosse usado em um motor ou carga elétrica, poderia ser levado a um superaquecimento.

3.3.5 Inversor de Frequência

Nos circuitos atuais o inversor de frequência substitui alguns costumes antigos de instalação como a chave estrela-triângulo e os motores de 12 terminais. Mais do que isso, este dispositivo eletrônico, como o nome já diz, é usado para fazer o controle da frequência de uma instalação.

A corrente de alimentação do circuito CA é injetada no inversor (No Brasil com uma frequência de 60 Hz) e transformada em CC (Frequência nula), em seguida ela é redefinida no aparelho como CA, podendo ter sua frequência modelada de acordo com a programação dentro do inversor, permitindo ser usado para controlar a rotação do motor como desejado.

3.4 AVALIAÇÃO DOS RISCOS E CONSEQUÊNCIAS DA AUSÊNCIA DE MONITORAMENTO EM MOTOBOMBAS

A falta de um sistema de monitoramento e proteção expõe as motobombas a condições operacionais adversas que, se não detectadas precocemente, podem culminar em sérios danos ao equipamento e à continuidade dos processos industriais. Falhas elétricas ou fenômenos hidráulicos comprometem enrolamentos, circuitos de proteção, impulsores, selos mecânicos, entre outros equipamentos cruciais que garantem o funcionamento correto do motor.

"[...] caso haja alguma alteração em seus valores, uma possível incrustação (colmatação) na região filtrante do poço, ou um possível rebaixamento de níveis, ou desgaste do conjunto motobomba submerso, ou um vazamento em tubulação, ou ainda alguma obstrução hidráulica e estes fatos, se não observados a tempo, poderão causar a queima do equipamento, ou até, em uma situação extrema, levar a perda do poço." (Pereira, p.6, 2005)

Além de gerar paradas não programadas, esses eventos elevam custos de manutenção, reduzem a vida útil dos ativos e podem resultar em acidentes ambientais, especialmente em sistemas de tratamento de água ou indústrias químicas.

3.4.1 Sobrecorrente

A sobrecorrente ocorre quando há a passagem de uma corrente elétrica superior ao valor nominal no circuito de um equipamento. Ou seja, é toda corrente que excede a capacidade para a qual o dispositivo foi projetado. Esse fenômeno pode se manifestar na forma de sobrecarga ou curto-círcuito.

3.4.1.1 Sobrecarga

Sobrecarga elétrica é um fenômeno causado pelo excesso de carga em uma tomada ou circuito elétrico. Geralmente ocorre quando múltiplos aparelhos são conectados simultaneamente no mesmo ponto. O funcionamento conjunto desses

dispositivos faz com que a corrente que percorre os cabos e fios exceda a capacidade prevista da instalação elétrica.

3.4.1.2 Curto-Circuito

O curto-circuito ocorre quando a corrente elétrica em um circuito encontra um caminho direto, sem a presença de cargas ou dispositivos que a consumam. Como resultado, a diferença de potencial entre os pontos de entrada e saída da corrente torna-se nula. Nessas condições, o fluxo de corrente no condutor aumenta drasticamente e, devido ao efeito Joule (fenômeno físico em que a energia elétrica é convertida em calor), o aquecimento excessivo dos fios pode resultar em um incêndio.

3.4.2 Sobretensão

Sobretensão ocorre quando a tensão em um circuito elétrico ultrapassa o valor nominal para o qual ele foi projetado. Esse acréscimo de tensão pode ser provocado por diversos fatores, como descargas atmosféricas, falhas na rede de distribuição elétrica ou a energização abrupta de equipamentos de grande porte.

3.4.3 Subtensão

Subtensão ocorre quando a tensão elétrica cai abaixo do nível nominal de fornecimento. Essa redução pode ser insuficiente para alimentar corretamente os dispositivos elétricos e eletrônicos conectados à rede, resultando em mau funcionamento. Motores elétricos afetados pela subtensão podem sofrer superaquecimento devido à baixa rotação e ao esforço excessivo exigido para manter a operação.

3.4.4 Falta de Fase

A falta de fase ocorre quando uma das fases do sistema trifásico deixa de fornecer energia elétrica. Este fenômeno pode ocorrer devido a ruptura de condutores, falhas na rede de distribuição ou problemas em dispositivos de proteção. Essa condição provoca um desequilíbrio na alimentação dos equipamentos trifásicos, podendo causar mau funcionamento, aquecimento excessivo devido ao esforço adicional nos motores e, em casos mais graves, queima dos enrolamentos.

3.4.5 Cavitação

Cavitação é um fenômeno hidráulico que ocorre quando a pressão de um líquido cai abaixo de seu ponto de vapor em determinadas regiões de um sistema, formando bolhas de vapor. Essas bolhas colapsam rapidamente ao retornar a zonas de maior pressão, liberando energia suficiente para causar vibrações, ruídos e danos mecânicos às superfícies sólidas em contato com o fluido, como erosão e desgaste acelerado. Este fenômeno geralmente ocorre devido à energia insuficiente de NPSH, que é necessária para empurrar o líquido para dentro da bomba.

3.4.6 Desvio De Vazão

O desvio de vazão ocorre quando o fluxo de líquido se afasta do valor nominal do circuito, podendo se manifestar como vazão insuficiente ou excessiva. Variações na vazão podem ser decorrentes de entupimento na região filtrante do poço, rebaixamento de níveis estático ou dinâmico, desgaste dos componentes hidráulicos, vazamentos ou obstruções no próprio circuito.

3.5 COMPONENTES DO PROJETO

3.5.1 Caixas de MDF

Duas caixas de MDF. Figura 11 - Caixas de MDF coladas formando o painel do protótipo



Fonte: Os autores (2025)

3.5.2 Botões pulsadores Verde e Vermelho

Componente elétrico que envia um sinal elétrico temporário quando pressionado.

Figura 12 - Botão pulsador verde



Fonte: Mercado Livre (2025)

Figura 13 - Botão pulsador vermelho



Fonte: Mercado Livre (2025)

3.5.3 Placa Compatível Uno Atmega328 Ch340 + Cabo Usb

Placa de microcontrolador que pode ser programada via computador com o cabo USB para controlar uma variedade de dispositivos,

Figura 14 - Arduíno UNO

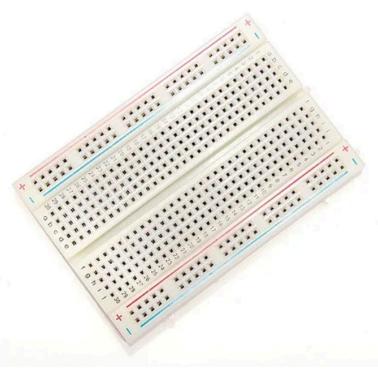


Fonte: Mercado Livre (2025)

3.5.4 Protoboard 400 Jumper Macho-Macho

Placa de ensaio usada para montar circuitos eletrônicos temporários. Não requer solda. Os jumpers macho-macho são fios que conectam diferentes pontos na Protoboard.

Figura 15 - Protoboard



Fonte: Mercado Livre (2025)

3.5.5 Disjuntor trifásico

É um dispositivo de proteção elétrica usado em sistemas que operam com três fases de corrente alternada.

Figura 16 - Disjuntor trifásico



Fonte: Eletrosul (2025)

3.5.6 Módulo Relé Relé 4 Canais 5v 10a

Dispositivo de proteção usado em circuitos eletrônicos para prevenir danos causados por sobrecarga ou superaquecimento. Ele funciona monitorando a corrente elétrica que passa pelo circuito. Se a corrente exceder um valor predeterminado ou se o dispositivo detectar um aumento excessivo de temperatura, o relé desliga o circuito automaticamente.

Figura 17 - Relé térmico 4 canais



Fonte: Eletrogate (2025)

3.5.7 Relé Térmico De Sobrecarga

Dispositivo de proteção usado em motores elétricos para evitar danos causados por excesso de corrente. Ele atua quando o motor consome mais energia do que deveria por um tempo prolongado.

Figura 18 - Relé Térmico De Sobrecarga



Fonte: Eletrosul (2025)

3.5.8 Sinaleiros LED Verde, Vermelho, Amarelo e Buzzer Red

São dispositivos elétricos de sinalização visual.

Figura 19 - Sinaleiro LED Verde



Fonte: Shopee (2025)

Figura 20 - Sinaleiro LED Amarelo



Fonte: leroy merlin (2025)

Figura 21 - Sinaleiro LED Vermelho



Fonte: Viewtech (2025)

Figura 22 - Sinaleiro LED Buzzer Red

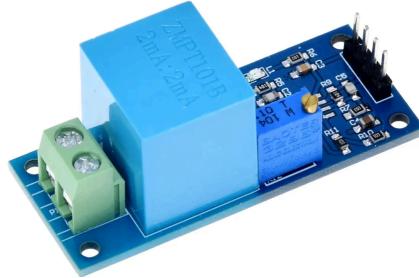


Fonte: Mercado Livre (2026)

3.5.9 Sensor Medidor Tensão Ac Voltímetro Zmpt101b Para Arduino

É um dispositivo eletrônico que detecta e mede a diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um circuito.

Figura 23 - Sensor Medidor Tensão Ac Voltímetro



Fonte: Mercado Livre (2025)

3.5.10 Módulo Sensor De Corrente Acs712 5a 20a 30a Serve Arduino

é um componente eletrônico que mede a quantidade de corrente elétrica que passa por um circuito.

Figura 24 - Sensor De Corrente



Fonte: Mercado Livre (2025)

3.5.11 Sensor De Distância Ultrassônico Hc-sr04

É um dispositivo eletrônico usado para medir distâncias com base na propagação do som.

figura 25 - Sensor De Distância Ultrassônico



Fonte: Mercado Livre(2025)

3.6 ABNT NBR 5410

Esta norma estabelece princípios e regras a respeito de instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e componentes elétricos.

São consideradas instalações elétricas de baixa tensão, os circuitos que operam com tensões de até 1kV em CA ou 1,5 kV em CC.

Esta norma está presente principalmente no que diz respeito ao projeto elétrico, em cálculos de dimensionamentos de condutores, com base em tabelas presentes no PDF publicado em 28 de setembro de 2004.

3.7 IEC 60417

A IEC 60417 contém símbolos gráficos usados para identificar equipamentos ou partes de equipamentos, indicar estados funcionais, designar conexões, fornecer informações sobre embalagens ou fornecer instruções para a operação do equipamento.

Ela rege todos os símbolos usados nos esquemas elétricos deste projeto.

3.8 IEC 60617

Esta norma internacional diz respeito a símbolos padronizados utilizados em esquemas elétricos ou eletrônicos, principalmente em diagramas de controle e força a fim de evitar enganos entre os diferentes países ao redor do mundo.

4 METODOLOGIA

Para elaborar este projeto, foram necessárias pesquisas tanto em websites, quanto presenciais, auxílio de professores da área técnica voltada para a eletricidade e profissionais com conhecimento no ramo da eletrônica.

As procura foram realizadas em sites informativos e acadêmicos, cobrindo uma área que inclui desde o reconhecimento do contexto atual dos sistemas de monitoramento e prevenção de falhas elétricas em motobombas, até o levantamento das principais falhas que afetam estes motores, bem como a conscientização das dificuldades técnicas enfrentadas por profissionais menos qualificados na detecção precoce desses eventos.

Grande parte do conhecimento sobre o Arduino e as peças agregadas a ele como sensores, foi adquirido através do auxílio de um profissional facultado no assunto, que explicou a importância de cada peça e sua função dentro do projeto.

Os demais componentes foram pesquisados na Internet, de maneira que podem ser encontrados por qualquer um, apenas requerendo comparações de preços e propriedades existentes. Para garantir o funcionamento operacional e facilitar a manutenção, foram selecionados módulos comerciais populares e consolidados, que oferecem boa durabilidade, suporte de fabricantes e disponibilidade de peças de reposição.

4.1 TIPO DE PESQUISA

O projeto apresenta uma abordagem qualitativa, de natureza exploratória. Com auxílio de sites da Internet, que fornecem informações sobre peças e derivados do projeto.

4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

4.2.1 2 Caixas de MDF

Armazenam o circuito. As duas caixas foram fixadas para serem o invólucro do sistema e foram adaptadas para implementar os sinalizadores, botões, e cabos, que vêm da rede e se direcionam para a motobomba.

4.2.2 Botão Pulsador Verde NA

Ao ser pressionado, energiza o circuito

4.2.3 Botão Pulsador Vermelho NF

Ao ser pressionado, desenergiza o circuito.

4.2.4 Protoboard 400 Jumper Macho-Macho Macho-Fêmea

É responsável por todas as ligações eletrônicas com o Arduino Uno, utilizando cabos unipolares com pinos.

4.2.5 Disjuntor trifásico

Sua função é proteger o circuito elétrico da bomba contra sobrecargas e curtos-circuitos, além de interromper automaticamente o fornecimento de energia quando uma falha é detectada.

4.2.6 Relé Térmico De Sobrecarga

Serve ao propósito de desligar o sistema em caso de emergências tais como sobrecargas, sobrecorrente e sobreaquecimento.

4.2.7 Sinaleiro LED Verde

Quando aceso, indica falha por superaquecimento.

4.2.8 Sinaleiro LED Amarelo

Com o auxílio do medidor de corrente, acende quando o circuito é desligado por sobrecorrente.

4.2.9 Sinaleiro LED Vermelho

Trabalha em conjunto ao sensor de tensão e quando acionado pode indicar sobretensão ou subtensão.

4.2.10 Sinaleiro LED Buzzer Red

Funciona junto a um sensor de nível e é acionada se a bomba estiver vazia.

4.2.11 Placa Compatível Uno Atmega328 Ch340 + Cabo Usb

O componente que permite a inserção de programação ao circuito

4.2.12 Contator Elétrico

Funciona como uma chave automática que liga ou desliga o motor conforme as condições do sistema.

4.2.13 Módulo Relé 4 Canais 5v 10a Para Arduino Pic Automação

Garante proteção contra sobrecarga para cada um dos componentes eletrônicos.

4.2.14 2 Sensores Medidores de Tensão Ac Voltímetro Zmpt101b Para Arduino

O primeiro medidor é responsável por desligar o circuito e acionar o sinaleiro amarelo em caso de sobretensão. O segundo medidor realiza a mesma ação, porém em caso de subtensão.

4.2.15 Módulo Sensor De Corrente Acs712 5a 20a 30a Serve Arduino

É responsável por desligar o circuito e acionar o sinal de alerta vermelho em caso de sobrecorrente.

4.2.16 Sensor De Distância Ultrassônico Hc-sr04

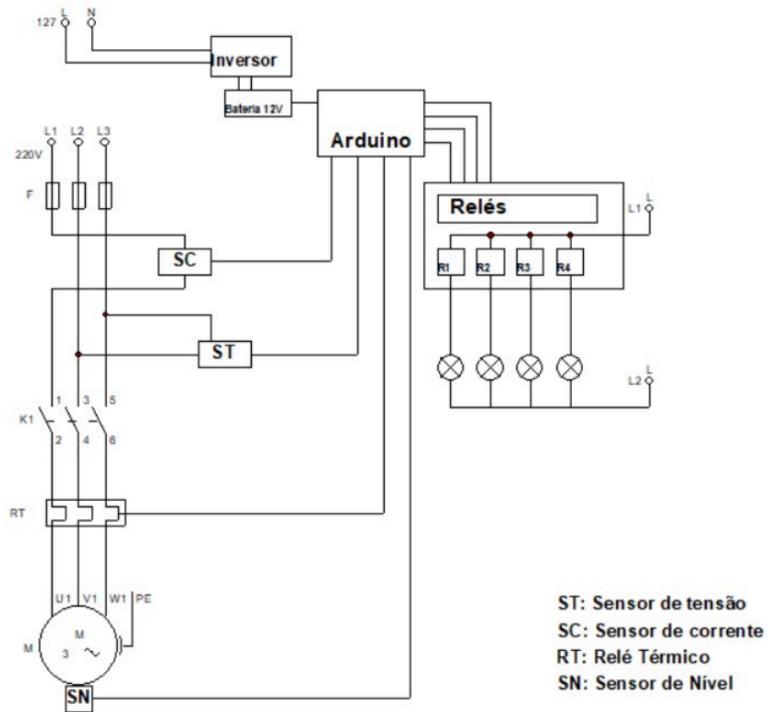
Monitora o nível de água da bomba e envia um sinal elétrico para o desligamento do motor e acionamento do buzzer red quando o nível estiver abaixo do mínimo de funcionamento, evitando que o motor sofra desgaste ao operar a seco (sem presença de água).

4.2.17 Bateria 12V

Mantém a sinalização funcionando mesmo que a rede pare de fornecer energia.

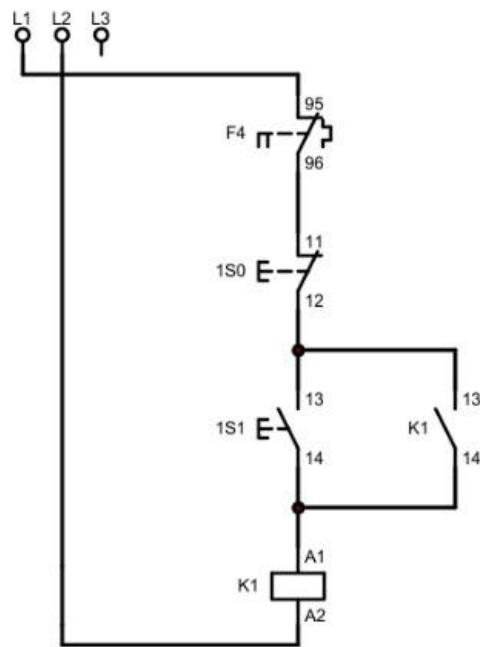
4.3 ESQUEMA ELÉTRICO

Figura 26 - Esquema elétrico de força do protótipo



Fonte: Os autores (2025)

Figura 27 - Esquema elétrico de comando do protótipo



Fonte: Os autores (2025)

4.4 PROGRAMAÇÃO

Figura 28 - Programação do circuito eletrônico Primeira Versão

```

1  const int pinoTensao = A3;
2  const int pinoCorrente = A2;
3  const int pinoNivelAgua = 7; // Ajuste conforme necessário
4  const int rele1 = 4;
5  const int rele2 = 5;
6  const int rele3 = 6;
7
8  void setup() {
9    pinMode(rele1, OUTPUT);
10   pinMode(rele2, OUTPUT);
11   pinMode(rele3, OUTPUT);
12   pinMode(pinoNivelAgua, INPUT);
13   Serial.begin(9600);
14 }
15
16 void loop() {
17   float tensao = analogRead(pinoTensao) * (250.0 / 1023.0);
18   float corrente = analogRead(pinoCorrente) * (20.0 / 1023.0);
19   bool nivelAgua = digitalRead(pinoNivelAgua);
20
21   Serial.print("Tensão: "); Serial.println(tensao);
22   Serial.print("Corrente: "); Serial.println(corrente);
23   Serial.print("Nível de Água: "); Serial.println(nivelAgua);
24
25   if (tensao < 220.0) {
26     digitalWrite(rele1, HIGH);
27   } else {
28     digitalWrite(rele1, LOW);
29   }
30
31   if (corrente > 1.0) {
32     digitalWrite(rele2, HIGH);
33   } else {
34     digitalWrite(rele2, LOW);
35   }
36
37   if (nivelAgua == LOW && corrente == 0) {
38     digitalWrite(rele3, HIGH);
39   } else {
40     digitalWrite(rele3, LOW);
41   }
42
43   delay(500); // Pequeno delay para evitar leituras excessivas
44 }
```

Fonte: Os autores (2025)

4.4.1 Explicação Linha a Linha do Código

4.4.1.1 Declaração de Pinos e Constantes

Nesta seção são definidas constantes que associam nomes aos pinos do Arduino utilizados para leitura de sensores e acionamento de relés.

- `const int pinoTensao = A3;` define A3 como entrada analógica para leitura da tensão.

- `const int pinoCorrente = A2;` define A2 como entrada analógica para leitura da corrente.
- `const int pinoNivelAgua = 7;` define o pino digital 7 como entrada para sensor de nível de água.
- `const int rele1 = 4;` define o pino digital 4 para controle do relé 1.
- `const int rele2 = 5;` define o pino digital 5 para controle do relé 2.
- `const int rele3 = 6;` define o pino digital 6 para controle do relé 3.

4.4.1.2 Função `setup()`

A função `setup()` executa apenas uma vez ao ligar ou resetar o Arduino. Nela configuramos os modos dos pinos e iniciamos a interface serial.

- `pinMode(rele1, OUTPUT);` configura o pino do relé 1 como saída digital.
- `pinMode(rele2, OUTPUT);` configura o pino do relé 2 como saída digital.
- `pinMode(rele3, OUTPUT);` configura o pino do relé 3 como saída digital.
- `pinMode(pinoNivelAgua, INPUT);` configura o pino do sensor de nível de água como entrada digital.
- `Serial.begin(9600);` inicia a comunicação serial a 9600 bauds, permitindo enviar dados ao computador.

4.4.1.3 Função `loop()`

A função `loop()` executa em ciclo contínuo, lendo sensores, exibindo valores no Monitor Serial e acionando relés conforme condições definidas.

4.4.1.4 Leitura de Sensores

- `float tensao = analogRead(pinoTensao) * (250.0 / 1023.0);`
lê o valor bruto (0–1023) de A3 e converte para tensão em volts (0–250 V).
- `float corrente = analogRead(pinoCorrente) * (20.0 / 1023.0);`
lê o valor bruto (0–1023) de A2 e converte para corrente em ampères (0–20 A).

- `bool nivelAgua = digitalRead(pinoNivelAgua);`

Lê o estado HIGH (nível presente) ou LOW (nível ausente) no pino 7.

4.4.1.5 Envio de Dados para o Monitor Serial

- `Serial.print("Tensão: "); Serial.println(tensao);` envia o rótulo e o valor de tensão.
- `Serial.print("Corrente: "); Serial.println(corrente);` envia o rótulo e o valor de corrente.
- `Serial.print("Nível de Água: "); Serial.println(nivelAgua);` envia o rótulo e o estado do sensor.

4.4.1.6 Lógica de Acionamento dos Relés

- `if (tensao < 220.0) { digitalWrite(rele1, HIGH); } else { digitalWrite(rele1, LOW); }`

ativa o relé 1 se a tensão for inferior a 220 V; caso contrário desliga-o.

- `if (corrente > 1.0) { digitalWrite(rele2, HIGH); } else { digitalWrite(rele2, LOW); }`

ativa o relé 2 se a corrente ultrapassar 1 A; caso contrário desliga-o.

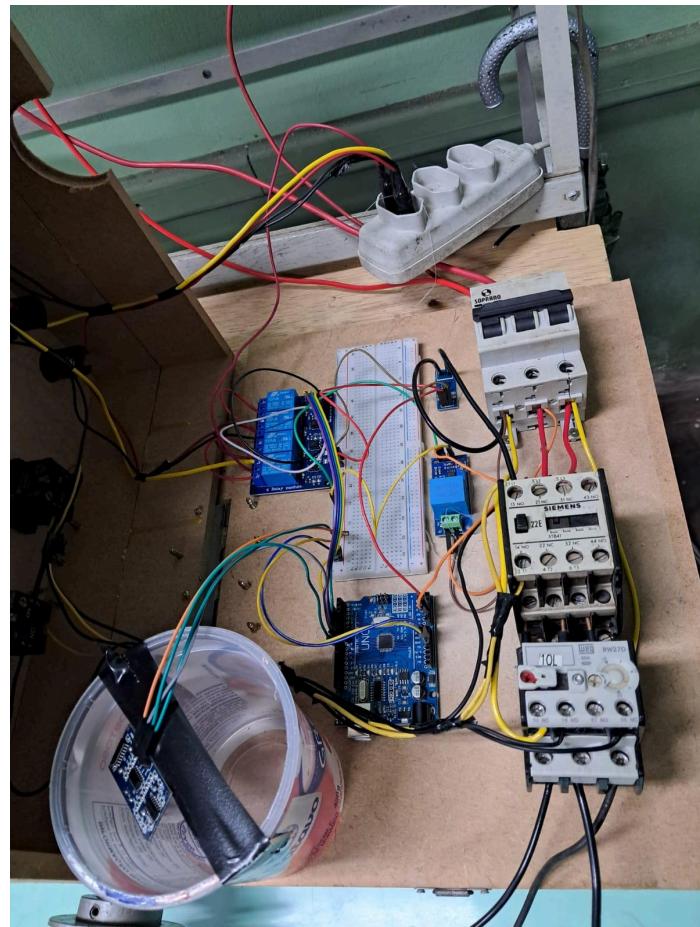
- `if (nivelAgua == LOW && corrente == 0) { digitalWrite(rele3, HIGH); } else { digitalWrite(rele3, LOW); }`

ativa o relé 3 quando não há água (LOW) e a corrente estiver em zero, indicando possivelmente bomba sem líquido.

- `delay(500);` adiciona uma pausa de 500 ms para estabilizar leituras e evitar excesso de comunicação.

4.5 PROTÓTIPO

Figura 29 - Protótipo do SMBA aberto



Fonte: Os autores(2025)

Figura 30 - Testes realizados nas bancadas



Fonte: Os autores(2025)

4.5.1 Testes realizados no protótipo

Os testes do protótipo foram realizados no pavilhão da instituição, sala 53. Com auxílio do professor Adriano Santos, avaliamos a comunicação entre os relés correspondentes às sinalizações e a placa Arduino, verificando assim se os sensores de nível, tensão, corrente e temperatura executam suas funções de acordo com os parâmetros pré programados.

Os instrumentos utilizados para os testes foram em suma recursos oferecidos pela própria instituição de ensino, assim, o painel foi ligado à uma bancada de testes, em rede trifásica para a alimentação do contator e carga (motor trifásico e lâmpada incandescente). O circuito eletrônico foi alimentado pelo notebook no qual realizamos a revisão da programação e avaliação dos dados obtidos pelos sensores.

Figura 31 - Dados da simulação



Fonte: Os autores (2025)

4.5.1.1 Programação usada durante os testes

```
// Pinos dos sensores
const int pinTensao = A3;
const int pinCorrente = A2;
const int trigPin = 8;
const int echoPin = 9;

// Pinos dos relés
const int releFase = 4;
const int releCondutor = 5;
const int releCaixa = 6;
const int releBomba = 7;

// Constantes de calibração
const float fatorTensao = 456.0;
const float fatorCorrente = 30.0;

bool subtensaoAtivada = false;
bool sobrecorrenteAtivada = false;
bool nivelBaixoAtivado = false;
```

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600);  
  
    pinMode(trigPin, OUTPUT);  
    pinMode(echoPin, INPUT);  
  
    pinMode(releFase, OUTPUT);  
    pinMode(releCondutor, OUTPUT);  
    pinMode(releCaixa, OUTPUT);  
    pinMode(releBomba, OUTPUT);  
  
    // Relés desligados (lógica inversa)  
    digitalWrite(releFase, HIGH);  
    digitalWrite(releCondutor, HIGH);  
    digitalWrite(releCaixa, HIGH);  
    digitalWrite(releBomba, HIGH);  
}  
  
void loop() {  
    float tensao = lerTensao();  
    float corrente = lerCorrente();  
    float distancia = lerNivelAgua();  
  
    Serial.print("Tensão: "); Serial.print(tensao); Serial.println(" V");  
    Serial.print("Corrente: "); Serial.print(corrente); Serial.println(" A");  
    Serial.print("Distância: "); Serial.print(distancia); Serial.println(" cm");  
  
    // Subtensão  
    if (tensao < 210.0 && !subtensaoAtivada) {  
        digitalWrite(releFase, LOW); // Liga lâmpada de subtensão  
        digitalWrite(releBomba, LOW); // Desliga bomba  
        Serial.println("Desligamento por SUBTENSÃO");  
    }  
}
```

```
subtensaoAtivada = true;
}

// Sobrecorrente
if (corrente > 1.0 && !sobrecorrenteAtivada) {
    digitalWrite(releCondutor, LOW); // Liga lâmpada de sobrecorrente
    digitalWrite(releBomba, LOW); // Desliga bomba
    Serial.println("Desligamento por SOBRECORRENTE");
    sobrecorrenteAtivada = true;
}

// Nível da água baixo
if (distancia < 2.0 && !nivelBaixoAtivado) {
    digitalWrite(releCaixa, LOW); // Liga lâmpada de nível baixo
    digitalWrite(releBomba, LOW); // Desliga bomba
    Serial.println("NÍVEL DA ÁGUA COMPLETO (caixa vazia)");
    nivelBaixoAtivado = true;
}

delay(1000);
}

// Função para ler tensão média do ZMPT101B
float lerTensao() {
    long soma = 0;
    const int numAmostras = 500;

    for (int i = 0; i < numAmostras; i++) {
        int leitura = analogRead(pinTensao);
        soma += abs(leitura - 512);
        delayMicroseconds(50);
    }
}
```

```
float media = soma / (float)numAmostras;
return media * (5.0 / 1023.0) * fatorTensao;
}

// Função para ler corrente média do ACS712
float lerCorrente() {
    long soma = 0;
    const int numAmostras = 500;

    for (int i = 0; i < numAmostras; i++) {
        int leitura = analogRead(pinCorrente);
        soma += abs(leitura - 512);
        delayMicroseconds(50);
    }

    float media = soma / (float)numAmostras;
    return media * (5.0 / 1023.0) * fatorCorrente;
}

// Função para ler nível da água com HC-SR04
float lerNivelAgua() {
    float soma = 0;
    int leiturasValidas = 0;

    for (int i = 0; i < 5; i++) {
        digitalWrite(trigPin, LOW);
        delayMicroseconds(2);
        digitalWrite(trigPin, HIGH);
        delayMicroseconds(10);
        digitalWrite(trigPin, LOW);

        long duracao = pulseIn(echoPin, HIGH, 30000);
        float distancia = duracao * 0.034 / 2;
    }
}
```

```
if (distancia > 2 && distancia < 400) {  
    soma += distancia;  
    leiturasValidas++;  
}  
  
delay(50);  
}  
  
return (leiturasValidas > 0) ? soma / leiturasValidas : 999.0;  
}
```

5 CRONOGRAMA

Tabela 2 – cronograma

2025	MA R	ABR	MAI	JUL	JUL	AG O	SET	OU T	NO V
Escolha do tema	X								
Levantamento de literatura científica	X								
Introdução				X					
Tema		X							
Problema		X							
Objetivos		X							
Justificativa				X					
Estado da Arte					X				
Fundamentação teórica						X			
Metodologia						X			
Cronograma					X				
Recursos					X				
Resultados esperados ou parciais						X			
Referências							X		
Avaliação do CRC								X	
Produção do Banner								X	
26 ^a Exposchmidt									X

Fonte: os autores (2025)

6 RECURSOS

Estes são todos os materiais que constituem o protótipo:

Tabela 3 – recursos

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
Placa Compatível Uno Atmega328 Ch340 + Cabo Usb	R\$ 37,99	1	R\$ 37,99	Mercado Livre	2025
Caixa de MDF		2		Doação	2025
Módulo Sensor De Corrente Acs712 5a 20a 30a Serve Arduino	R\$ 23,95	1	R\$ 23,95	Shopee	2025
2x Sensor Medidor Tensão Ac Voltímetro Zmpt101b Para Arduino	R\$ 39,49	1	R\$ 39,49	Mercado Lvre	2025
Módulo Relé Rele 4 Canais 5v 10a Para Arduino Pic Automação	R\$ 28,90	1	R\$ 28,90	Mercado Lvre	2025
Protoboard 400 jumper macho-macho	R\$ 9,90	1	R\$ 9,90	Eletrônico ômega	2025
Sensor De Distância Ultrassônico Hc-sr04		1		Doação	2025
Rele termico de Sobrecarga		1		Doação	2025

Botão Pulsador		2		Doação	2025
Sinalheiro LED		4		Doação	2025
Disjuntor Trifásico		1		Doação	2025
Fita Dupla face	R\$ 18,90	1	R\$ 18,90	Mano Materiais e construções	2025
Contadora Tripolar		1		Doação	2025
Bateria 12V		1		Doação	2025
Valor final: R\$ 159,54					

Fonte: os autores (2025)

7 RESULTADOS

Os resultados mais atualizados sobre o protótipo (29/10/2025) apresentam um funcionamento regular dos componentes. Utilizando o software IDE Arduino para desenvolver a programação é possível simular situações como sobrecorrente, sobretensão, subtensão, nível, entre outros. Dentro do simulador foi possível obter os resultados de quando os sensores detectam suas respectivas anomalias, comunicando o Arduino, porém, houve presença de interferência eletromagnética no sistema, prejudicando o funcionamento ideal do sensor de nível, o que acabou por distorcer a informação recebida pelo Arduino, indicando em alguns casos mais de um problema (o programa relatou falha por sobrecorrente e subtensão simultaneamente). Referente ao controle do acionamento e desligamento do motor via Arduino, o sistema respondeu normalmente.

8 CONCLUSÃO

O projeto, com os recursos disponíveis, não atendeu plenamente às expectativas. Apesar do baixo custo inicial de R\$ 159,54, apresenta falhas decorrentes de interferência eletromagnética, um problema comum em circuitos eletrônicos que ocorre quando são integrados a um sistema operando em corrente alternada sem o devido isolamento. Essa interferência poderia ser mitigada por meio de cabos blindados, cujos recursos não estavam disponíveis. Em determinadas ocasiões, a programação funcionou conforme o esperado e indicou o problema de forma precisa. Ainda assim, a presença de um painel em instalações industriais para uma motobomba continua sendo uma pauta relevante no contexto atual, e esta pesquisa demonstra que projetar um painel multissensorial utilizando materiais e componentes eletrônicos de baixo custo é uma realidade que requer apenas adaptações para otimizar o funcionamento do circuito eletrônico exposto às variações magnéticas da corrente alternada.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão . São Paulo: **ABNT**. 2004. 209 p.

ADDTERM. Sensores de temperatura NTC e PTC. São Paulo: Addterm, 2025. Disponível em: <https://addterm.com.br/sensores-de-temperatura-ntc-e-ptc/>. Acesso em: 9 jul. 2025.

AMAZON. Bomba elétrica diafragma 5bar Kawashima. São Paulo: Amazon, 2025. Disponível em:
<https://www.amazon.com.br/Bomba-El%C3%A9trica-Diafragma-5bar-Kawashima/dp/B0CNS6F145>. Acesso em: 10 jul. 2025.

FAMAC. O uso de bombas e motobombas nas indústrias. São Paulo: Famac, 2025. Disponível em:
<https://www.famac.ind.br/o-uso-de-bombas-e-motobombas-nas-industrias/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

GOOGLE DRIVE. Documento compartilhado. São Paulo: Google, 2025. Disponível em: <https://share.google/DN9yK32MNkGFYEQuC>. Acesso em: 10 jul. 2025.

IMC RESISTÊNCIAS. Cuidado com a sobrecarga elétrica na indústria. São Paulo: IMC Resistências, 2025. Disponível em:
<https://www.imcresistencias.com.br/post/cuidado-com-a-sobrecarga-eletrica-na-industria-veja-aqui-quando-pode-ocorrer-e-como-evita-la>. Acesso em: 9 jul. 2025.

MDPI. Energy Efficiency in Industrial Motor Systems. Basel: MDPI, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/16/3066>. Acesso em: 10 jul. 2025.

MERCADOLIVRE. Bomba centrífuga monofásica Schneider BC-98 0.33HP cor verde 60Hz. São Paulo: MercadoLivre, 2025. Disponível em:
<https://www.mercadolivre.com.br/bomba-centrifuga-monofasica-schneider-bc-98-033-hp-cor-verde-60hz/p/MLB16213753>. Acesso em: 10 jul. 2025.

MERCADOLIVRE. Placa compatível UNO ATMEGA328 CH340 + cabo USB. São Paulo: MercadoLivre, 2025. Disponível em:
https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3697545915-placa-compativel-uno-atmega328-ch340-cabo-usb-_JM. Acesso em: 10 jul. 2025.

MÉRITO COMERCIAL. Bomba centrífuga. São Paulo: Mérito Comercial, 2025. Disponível em: <https://blog.meritocomercial.com.br/bomba-centrifuga/>. Acesso em: 9 jul. 2025.

MPROSEG. Relé de nível inferior RNI. São Paulo: Mproseg, 2025. Disponível em: <https://www.mproseg.com.br/reles-de-automacao/nivel/rele-de-nivel-inferior-rni-acao-a-contadora-protectao-circuito-eletronico>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SAGE. O que é um ativo? Lisboa: Sage, 2025. Disponível em: <https://www.sage.com/pt-pt/blog/dicion%C3%A1rio-termos-empresariais/o-que-e-um-ativo/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

TECHPLUS. As 5 principais falhas em bombas e como detectá-las. São Paulo: Techplus, 2025. Disponível em: <https://www.techplus.com.br/as-5-principais-falhas-em-bombas-e-como-detecta-las/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

TRANSMAQ. O que é inversor de frequência e quando utilizá-lo. São Paulo: Transmaq, 2025. Disponível em: <https://transmaq.com.br/o-que-e-inversor-de-frequencia-e-quando-utiliza-lo/>. Acesso em: 9 jul. 2025.

TRIDAN. Disjuntor motor: para que serve? Macaé: Tridan, 2025. Disponível em: <https://tridan.com.br/blog/disjuntor-motor-para-que-serve-tridan-material-eletrico-maca/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

WEG. Relés de sobrecarga térmico RW. Jaraguá do Sul: WEG, 2025. Disponível em: https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Controls/Partida-e-Prote%C3%A7%C3%A3o-de-Motores/Rel%C3%A9s-de-Sobrecarga/Rel%C3%A9s-de-Sobrecarga-T%C3%A9rmico-RW/RW---Rel%C3%A9s-de-Sobrecarga-T%C3%A9rmico/p/MKT_WDC_BRAZIL_THERMAL_OVERLOAD_RELAYS_RW. Acesso em: 10 jul. 2025.