

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PHILADELPHO GOUVÊA NETTO
Técnico em Eletroeletrônica

Raony Gabriel Silva da Costa
Miguel de Araújo Seleguini
Moises dos Santos Lopes
Ueberson Fernandes

AUTOMAÇÕES DE DORNAS VIA ESP32

São José do Rio Preto

2026

**Raony Gabriel Silva da Costa
Miguel de Araújo Seleguini
Moises dos Santos Lopes
Ueberson Fernandes**

AUTOMAÇÕES DE DORNAS VIA ESP32

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Técnico em Eletroeletrônica da Etec
Philadelpho Gouvêa Netto, orientado pelo Prof.
Mario Kenji Tamura, como requisito parcial para
obtenção do título de Técnico em Eletroeletrônica.

São José do Rio Preto

2026

DEDICATÓRIA

Primeiramente, agradecemos a Deus, por ter permitido a realização deste trabalho e por nos conceder capacidade, força e discernimento para superarmos mais esta etapa de nossas vidas, vencendo os desafios encontrados ao longo do curso.

Dedicamos, igualmente, este trabalho às nossas famílias, pelo apoio incondicional, incentivo constante e compreensão ao longo de toda a nossa trajetória acadêmica, sendo fundamentais para que permanecêssemos firmes e perseverantes na busca pelos nossos objetivos.

AGRADECIMENTOS

Aos professores da instituição Etec Philadelpho Gouvêa Netto, expressamos nossa sincera gratidão pelos ensinamentos, conselhos, dedicação e paciência ao longo do processo de formação, contribuindo significativamente para o nosso desenvolvimento acadêmico e profissional.

Por fim, agradecemos aos colegas de classe, pela convivência, parceria e apoio mútuo ao longo dessa jornada.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de automação para dornas em usinas sucroalcooleiras, aplicando a plataforma de prototipagem ESP32. O cenário de estudo é a Usina Central Energético Moreno de Monte Aprazível (CEMMA), onde se identificou que a operação puramente manual de tais válvulas acarreta lentidão operacional. O foco principal reside na automatização dos processos de liberação de entrada e saída do fermento nas dornas de fermentação para a produção de etanol. A metodologia envolveu a análise do processo atual e o design de um circuito eletropneumático controlado logicamente, visando substituir a intervenção humana pelo monitoramento em tempo real. A arquitetura de hardware implementada integra o microcontrolador ESP32 a uma rede de sensores e atuadores, utilizando: módulos relés para o acionamento de duas válvulas pneumáticas de 5/2 vias; atuadores pneumáticos (lineares e rotativos); inversores de frequência CFW09 para o controle de motores; sensores de temperatura Pt100 acoplados a transmissores; conversores de sinal de corrente para tensão (4–20 mA para 0–3.3V); e transmissores de pressão para a segurança do fluido de processo. Os testes de bancada do protótipo validaram a lógica de programação desenvolvida, demonstrando eficiência na leitura das variáveis e precisão no controle das linhas produtivas. Conclui-se que a tecnologia proposta oferece à indústria de bioenergia uma alternativa de baixo custo, alta conectividade (via Wi-Fi/Bluetooth do chip) e robustez, garantindo padronização, redução de custos e otimização do ciclo de produção de álcool de forma limpa e segura.

Palavras-chave: Automação, Atuador, ESp32, Eletropneumática e Fermentação.

ABSTRACT

This study presents the development of an automation system for fermentation vats in sugar and ethanol mills, utilizing the ESP32 prototyping platform. The case study was conducted at the Central Energético Moreno de Monte Aprazível (CEMMA) mill, where it was identified that the purely manual operation of valves leads to operational delays. The primary focus lies on automating the yeast inlet and outlet release processes within the fermentation vats for ethanol production. The methodology involved analyzing the current process and designing a logically controlled electropneumatic circuit, aiming to replace human intervention with real-time monitoring. The implemented hardware architecture integrates the ESP32 microcontroller into a network of sensors and actuators, using: relay modules to trigger two 5/2-way pneumatic valves; pneumatic actuators (linear and rotary); CFW09 frequency inverters for motor control; Pt100 temperature sensors coupled with transmitters; current-to-voltage signal converters (4–20 mA to 0–3.3V); and pressure transmitters to ensure process fluid safety. Bench testing of the prototype validated the developed programming logic, demonstrating efficiency in variable reading and accuracy in production line control. In conclusion, the proposed technology offers the bioenergy industry a low-cost, highly connected (via the chip's Wi-Fi/Bluetooth capabilities), and robust alternative, ensuring standardization, cost reduction, and optimization of the alcohol production cycle in a clean and safe manner.

Keywords: Automation, Actuator, ESP32, Electropneumatic and Fermentation.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 01 - Cilindro de ar do compressor Dubois-Francois ano de 1876.	12
Figura 2 - Circuito Pneumático	14
Figura 3 - Fluxo do Circuito Eletropneumático	16
Figura 4 - Circuito Eletropneumático	17
Figura 5 - Recirculação das dornas (válvula manual)	19
Figura 6 - Sistema de resfriamento	19
Figura 7 - Válvula de água manual	20
Figura 8 - Válvula de alimentação manual	20
Figura 9 - Dorna derramando	21
Figura 10 - Onde liga os motores para resfriamento das dornas	21
Figura 11 - Onde fica o nível e temperatura de cada dornas	22
Figura 12 - Protótipo	22
Figura 13 - Fluxograma	23
Figura 14 - Circuito Elétrico	23
Figura 15 - Diagrama elétrico	24
Figura 16 - Lógica de Programação	24
Figura 17 - Aplicativo Controle Reservatório	25
Figura 18 - Funcionamento do aplicativo	25
Figura 19 - ESP32	28
Figura 20 - Inversor de Frequência CFW09	31
Figura 21 - Módulo Relé 2 Canais 3v com Borne KRE	32
Figura 22 - Módulo de automação industrial (Wirebus, modelo WTC-211)	33
Figura 23 - Dimensões PT100 Sensor de Temperatura Tipo Sonda 10 cm 3 Fios	34
Figura 24 - Atuadores Pneumáticos	35
Figura 25 - Válvula de esfera automatizada	35
Figura 26 - Conversor de corrente 4 a 20ma para 0 a 3v	37
Figura 27 - Transmissor de pressão - CTP	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	Erro! Nenhum nome foi dado ao indicador.
2. JUSTIFICATIVA	9
3. OBJETIVOS	9
OBJETIVO GERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
MATERIAIS	9
4. METODOLOGIA DA PESQUISA	10
1. Análise do processo atual:	10
2. Desenvolvimento do sistema de controle:	10
3. Programação e testes do sistema com ESP32:	10
5. DESENVOLVIMENTO	11
Pneumática, Contexto Histórico	11
Pneumática: O que é?	12
Circuito Pneumático	13
Eletropneumática: O que é?	14
Circuito Eletropneumático	15
Válvula pneumática	17
Origem das válvulas pneumáticas na indústria (incluindo usinas de cana)	17
Fermentação em uma usina de etanol e açúcar	18
6. Desenvolvimento do Projeto	19
Microcontrolador	25
ESP32	25
O que é diferente?	27
Web Server (ou servidor web) no ESP32	28
Inversor de Frequência CFW09	29
Módulo Relé 2 Canais 3v com Borne KRE	30
Transmissor de Temperatura Pt100	31
Sensor de Temperatura Pt100	32
Atuador Pneumático	33
Conversor de corrente 4 a 20ma para 0 a 3v	37
Transmissor de pressão	38
7. ORÇAMENTO	42
8. CONCLUSÃO	43
9. REFERÊNCIA	44

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro exerce um papel estratégico na matriz energética e no mercado global de alimentos, destacando-se como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Historicamente voltado para a produção de açúcar e etanol, o segmento evoluiu para o conceito de setor sucroenergético, caracterizado pela diversificação de seu portfólio, o qual inclui atualmente a bioeletricidade, leveduras e biocombustíveis avançados.

Nesse cenário, a usina sucroalcooleira transforma a matéria-prima bruta por meio de processos físico-químicos e biológicos. O ciclo inicia-se com a extração do caldo rico em sacarose, seguido pelas etapas de tratamento e purificação. A partir dessa fase, o processo ramifica-se: a cristalização do xarope resulta na produção de diferentes tipos de açúcar, enquanto a fermentação e a destilação do melaço geram o etanol. Adicionalmente, a queima do bagaço nas caldeiras permite a cogeração de energia elétrica, garantindo a autossuficiência da planta industrial e a viabilidade de venda do excedente para o Sistema Interligado Nacional (SIN).

Para a eficiência dessas etapas, as válvulas eletropneumáticas são componentes essenciais na indústria, sendo responsáveis pelo acionamento de atuadores e cilindros pneumáticos. Contudo, observa-se que algumas usinas ainda operam essas válvulas de forma puramente manual ou sem um controle lógico integrado. Essa ausência de automação resulta em lentidão no processo operacional, perda de repetibilidade, elevação do risco de acidentes e alto consumo de ar comprimido. Diante da dependência da intervenção humana e da falta de integração com Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) ou sensores, torna-se inviável o monitoramento em tempo real, o que impede uma resposta rápida a eventuais falhas do sistema.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema de automação de dornas (tanques de fermentação) com microcontroladas por meio da plataforma ESP32, aplicado à indústria sucroalcooleira. O projeto visa ao desenvolvimento de módulos de controle para os atuadores responsáveis pela abertura e pelo fechamento das linhas do processo produtivo. Como foco principal, busca-se a automação do processo de liberação de entrada e saída do fermento para a produção de etanol, proporcionando maior agilidade, praticidade operacional, controle centralizado e monitoramento das variáveis em tempo real.

2. JUSTIFICATIVA

A indústria sucroalcooleira busca constantemente alternativas para aumentar a eficiência de seus processos produtivos. Nesse contexto, este trabalho propõe a automação do processo de produção de álcool, com o objetivo de otimizar a produtividade, reduzir custos operacionais e minimizar erros humanos.

Serão empregadas técnicas de automação utilizando a plataforma Arduino para o controle das válvulas eletropneumáticas, garantindo maior precisão, padronização e confiabilidade na produção. A implementação desse sistema contribuirá para um processo mais eficiente e tecnologicamente atualizado.

3. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal a automação do processo de fermentação, utilizando técnicas modernas de controle e automação para melhorar seu desempenho. A automação proporcionará diversos benefícios, como aumento da produtividade, redução de custos operacionais e garantia de qualidade consistente do produto final.

OBJETIVO GERAL

Automatizar o processo de fermentação para a produção de álcool.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Implementar um sistema de controle para garantir o funcionamento eficiente das válvulas;
2. Minimizar erros humanos e reduzir o tempo de ciclo de produção;
3. Melhorar a precisão e a qualidade do álcool produzido;

MATERIAIS

1. 01 ESP32;
2. Inversor de frequência CFW09;
3. 02 Conversor de 4 a 20 ma para 0 a 3.3v ;
4. 02 Atuadores pneumáticos;
5. Transmissor de pressão;
6. Sensor de Temperatura Pt100;

- 7. Módulo Relé 2 Canais 3v com Borne KRE ;
- 8. 02 Válvulas pneumática 5/2 vías;
- 9. Fonte de 24 volts
- 10. Fonte de 12 volts
- 11. Fonte de 5 volts

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

A automação do processo de fermentação será realizada em etapas, conforme descrito a seguir:

1. Análise do processo atual:

Será realizada uma análise detalhada do processo de alimentação das dornas, identificando pontos críticos, possíveis falhas e oportunidades de automação.

2. Desenvolvimento do sistema de controle:

Será projetado e implementado um sistema de controle responsável pela abertura e fechamento das válvulas, conforme a necessidade de alimentação e turbação das dornas.

3. Programação e testes do sistema com ESP32:

O software de controle foi desenvolvido para automatizar as operações de alimentação das dornas. Serão realizados testes práticos para verificar a confiabilidade, estabilidade e segurança do sistema.

5. DESENVOLVIMENTO

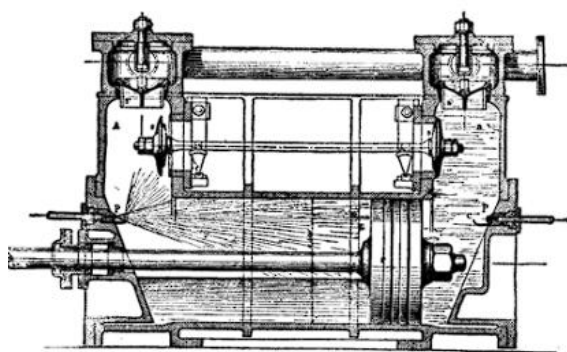
Esse projeto está sendo desenvolvido para a Usina Central Energético Moreno de Monte Aprazível (CEMMA).

Pneumática, Contexto Histórico

O primeiro registro do uso de pneumática remonta ao século I, quando o matemático grego Heron de Alexandria descreveu o uso do vento para gerar energia e transportar objetos. O compressor de ar composto, que comprime o ar em uma série de cilindros, patenteado pela primeira vez em 1829;

- Os cilindros revestidos com água, criados em 1829 a partir com base na observação de que o resfriamento com essa substância refletia, ganhou evidência no século XVI, com a invenção da primeira bomba de vácuo a utilizar pressão do ar pelo físico alemão Otto von Guericke.
- O século XIX é emblemático na evolução da pneumática. Seguindo o trabalho de Guericke, muitos estudiosos passaram a aplicar o ar comprimido para diversas funcionalidades.
- O primeiro trem de metrô pneumático, criado em Nova Iorque pelo inventor americano Alfred Beach no ano de 1867;
- O final do século XIX viu John Wanamaker, um comerciante americano ilustre, tornar-se o primeiro a introduzir tubos pneumáticos no Correio dos Estados Unidos para transportar rapidamente cartas de uma área do edifício para outro;
- A broca pneumática, inventada em 1871 por Samuel Ingersoll, e o martelo pneumático, criado em 1890 por Charles Brady.
- Em 1872 se viu uma forma de tecnologia de compressão melhorar ainda mais à medida que os cilindros eram resfriados pela água para melhorar a eficiência.

Figura 01 - Cilindro de ar do compressor Dubois-Francois ano de 1876.



Fonte: <https://manutencaoemfoco.com.br/servicos/pneumatica-historia-e-sua-evolucao/>

A virada do século XX marca uma nova evolução da pneumática, com o uso dos componentes, pela primeira vez, em motores a jato sob a forma de compressores centrífugos e de fluxo axial. Novos desenvolvimentos ocorreram ao longo desse período com avanços em dispositivos de economia de trabalho na forma de máquinas que ajudariam, e até reduziriam, a necessidade de mão de obra (como máquinas, ferramentas e sistemas de controles automáticos).

No final da década de 60, os primeiros componentes pneumáticos controlados digitalmente começaram a entrar no mercado, revolucionando novamente a forma como este equipamento altamente eficaz desempenha um papel importante na vida cotidiana.

Pneumática: O que é?

Derivada do grego Pneuma ou Pneumos, que significa sopro ou respiração, o termo pneumático corresponde à área da Física que faz estudos de dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados aos gases e vácuos.

É também o uso dos gases e do ar pressurizado, convertendo essa energia pneumática em energia mecânica através dos seus elementos de trabalho.

A área de aplicação da pneumática é muito vasta, tendo diversos usos como por exemplo:

- Em clínicas
- Em freios de ônibus e caminhões
- Em criações de movimentos mecânicos rotativos, angulares e lineares
- Em pinturas

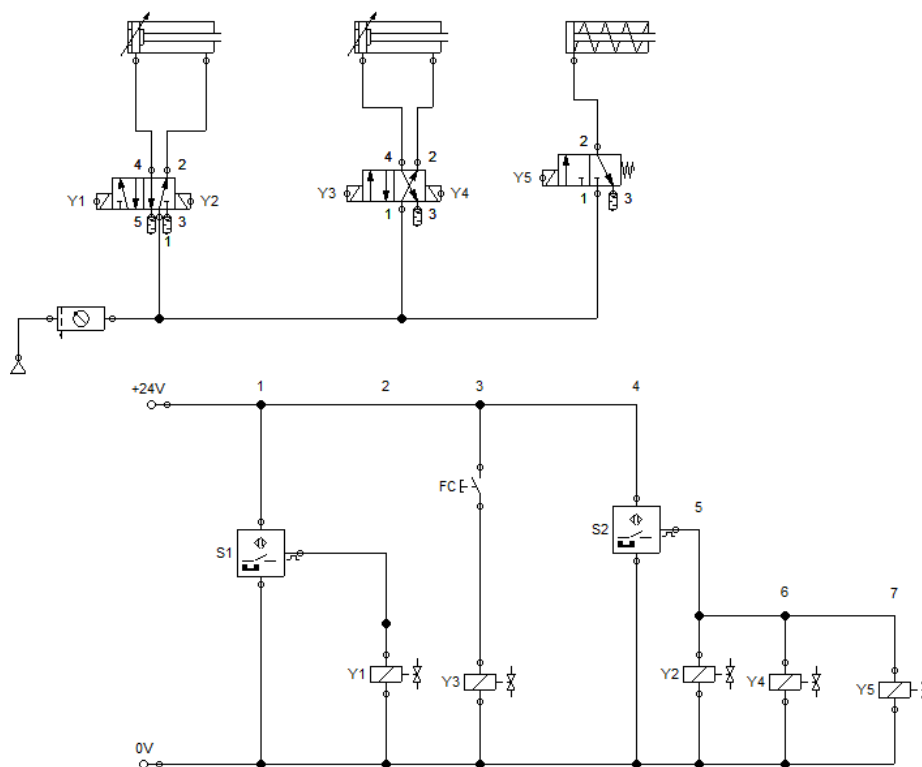
- Em sistemas pneumáticos

Além de ser uma opção mais simples, segura e mais barata do que os sistemas hidráulicos e sistemas elétricos, a pneumática usada em muitas áreas do meio industrial possui um sistema bem fácil de se entender.

Circuito Pneumático

Na maioria das vezes o ar pressurizado é o escolhido para se aplicar a pneumática nas indústrias, sendo comprimido pelo compressor. Um sistema ou circuito pneumático é dividido em três partes:

- **Geração:** Acumulado e comprimido através do compressor, o ar pressurizado passa também por um secador para eliminar o excesso de umidade.
- **Distribuição:** Através de tubulações (que podem ser de plástico ou metal), esse ar comprimido é conduzido por todo o caminho e é distribuído entre os seus locais de uso. Uma importante observação, é que os sistemas pneumáticos podem ser controlados por meio de válvulas solenoides ou manuais.
- **Aplicação:** No fim de seu percurso, o ar comprimido é usado na realização de tarefas como por exemplo, automação de movimentos, em cilindros, motores ou na alimentação de ferramentas pneumáticas.

Figura 2 - Circuito Pneumático

Fonte: Própria autor

Eletropneumática: O que é?

A eletropneumática, que combina o controle elétrico com a força do ar comprimido, surgiu e começou a se desenvolver de forma mais consistente na segunda metade do século XX, especificamente ganhando força na indústria a partir da década de 1950 e 1960.

Caracterizada como uma grande evolução e refinamento da pneumática, a eletropneumática tem como base a energia elétrica e a própria energia pneumática. A eletropneumática também é uma área importantíssima no meio industrial, seja no hospital com os equipamentos hospitalares e clínicos, na área automotiva ou em qualquer outra que compartilhe deste sistema eletropneumático.

A eletropneumática pode ser definida como uma tecnologia ligada à geração, controle e distribuição de potência, que faz uso de fluidos comprimidos/pressurizados como “combustível”.

Ou seja, o sistema eletropneumático é uma “fusão” da eletricidade e da pneumática, duas grandezas essenciais para a área industrial, permitindo o controle de movimentos e forças através da interação dessas grandezas.

Vantagens

- Resistência a ambientes hostis
- Redução dos custos operacionais
- Segurança e redução no número de acidentes
- Incremento da produção com investimentos relativamente pequenos
- Robustez dos componentes pneumáticos
- Simplicidade de manipulação
- Facilidade de implantação

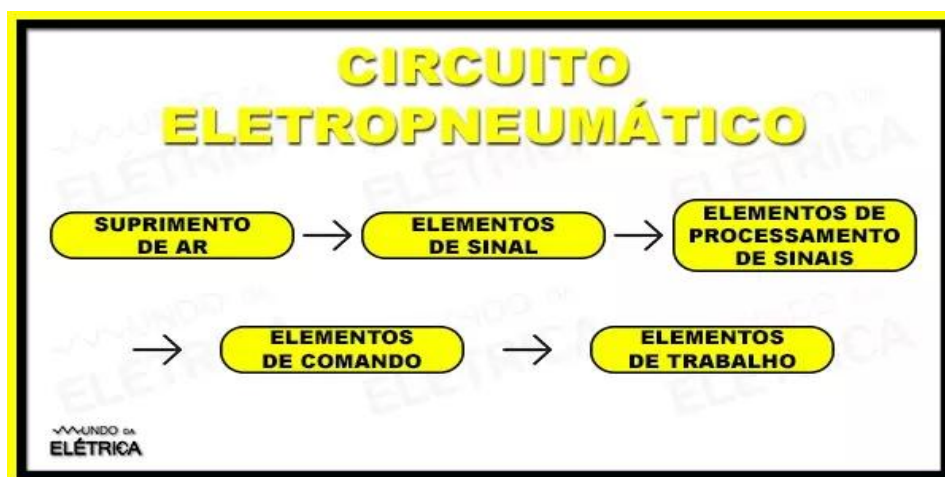
Desvantagens

- Velocidades muito baixas são difíceis de serem obtidas com o ar comprimido devido às suas propriedades físicas.
- O ar comprimido necessita de uma boa preparação para realizar o trabalho proposto.
- O ar é um fluido altamente compressível, portanto, é impossível se obter paradas intermediárias e velocidades uniformes.
- A pressão máxima de trabalho dos componentes pneumáticos é de 1723,6 Kpa, portanto, as forças envolvidas são pequenas comparadas a outros sistemas.

Circuito Eletropneumático

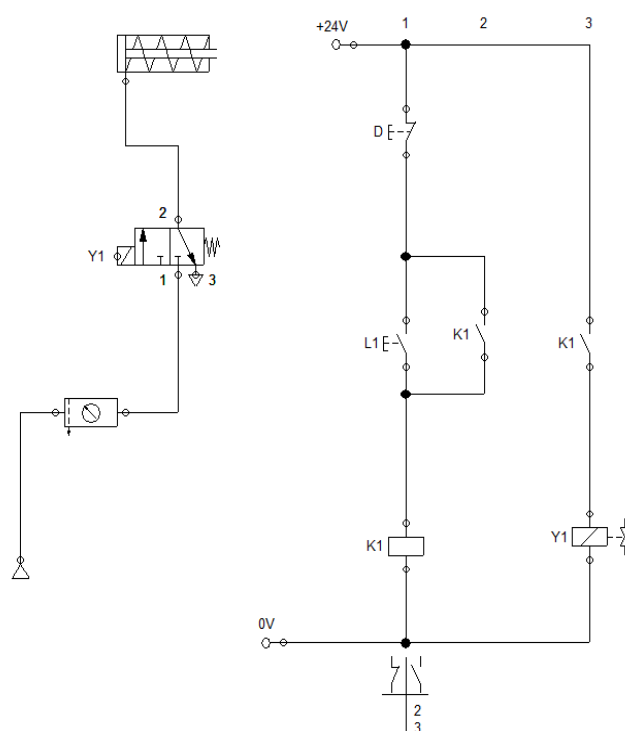
O sistema eletropneumático possui um circuito, que basicamente segue o fluxo da imagem abaixo e é composto por:

Figura 3 - Fluxo do Circuito Eletropneumático



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-eletropneumatica-conceitos-aplicacoes/>

- **Suprimento de Ar:** O ar pressurizado ou comprimido é acumulado, na maioria das vezes, por um compressor e passa por um secador, a fim de reduzir a sua umidade.
- **Elementos de Sinal:** Fornecem informações contínuas sobre o andamento das operações que estão sendo realizadas para os elementos de processamento de sinais.
- **Elementos de Processamento de Sinais (EPS):** Recebem as informações dos sensores elétricos e as combinam com a sequência de operação, produzindo o acionamento elétrico para a próxima etapa.
- **Elementos de Comando:** Recebem o acionamento elétrico e o executam, acionando os elementos de trabalho. Contatores, válvulas pneumáticas e relés são exemplos de elementos de comando.
- **Elementos de Trabalho:** Acionados pelos elementos de comando, transformam a energia pneumática e a energia elétrica em outros tipos de energia como a energia mecânica por exemplo. Motores pneumáticos, motores elétricos e cilindros são exemplos de elementos de trabalho.

Figura 4 - Circuito Eletropneumático**Fonte: Própria autor**

Válvula pneumática

A válvula pneumática é um componente essencial na indústria, sendo responsável pelo acionamento de atuadores, cilindros, entre outros dispositivos. No entanto, seu funcionamento ainda depende, em grande parte, da intervenção humana, o que pode gerar falhas operacionais, atrasos e inconsistências no processo produtivo. Dessa forma, surge a necessidade de aprimorar esse sistema por meio da automação e do acionamento remoto.

Este trabalho tem como objetivo principal a automação do processo de liberação de entrada e saída do fermento na produção de álcool, proporcionando maior agilidade e praticidade. Com isso, o operador poderá ter controle total das válvulas e realizar o monitoramento em tempo real, aumentando a eficiência e a segurança do processo.

Origem das válvulas pneumáticas na indústria (incluindo usinas de cana)

As válvulas pneumáticas não surgiram diretamente nas usinas de cana-de-açúcar. Elas são resultado da evolução da automação industrial, que começou a se desenvolver no século XX.

Inicialmente, as válvulas eram operadas manualmente, sendo abertas e fechadas por operadores para controlar o fluxo de líquidos e gases. Com o avanço da indústria, isso se tornou ineficiente e sujeito a erros.

A grande mudança ocorreu a partir da década de 1940, com o surgimento da instrumentação pneumática, que permitiu o controle automático das válvulas por meio de ar comprimido.

Esse avanço trouxe benefícios como:

- Maior precisão no controle de processos
- Redução de erros humanos
- Aumento da produtividade industrial

Fermentação em uma usina de etanol e açúcar

Na indústria, a cana-de-açúcar passa por diversas etapas até se transformar nos produtos finais de etanol, açúcar VHP e energia elétrica limpa e renovável. Entre elas estão os processos de extração, tratamento e evaporação de seu caldo. Como resultado, temos o mosto, uma mistura com alto teor de açúcar que seguirá para a próxima etapa, a fermentação.

Com duração média de oito horas, a fermentação é essencial no processo industrial, pois é quando microrganismos chamados de leveduras transformam o açúcar do caldo da cana-de-açúcar em etanol, gás carbônico e alguns subprodutos.

Esse processo ocorre em reatores, mais conhecidos como fermentadores, e pode ser conduzido de três formas: batelada, semi-batelada ou contínua. O produto da fermentação é denominado 'vinho' e tem uma concentração de etanol de aproximadamente 10% (dependendo da quantidade de açúcares disponíveis no mosto). O etanol é um rejeito da célula da levedura, pois, em grandes concentrações, ele se torna tóxico para ela.

Após esta etapa de fermentação, inicia-se o processo de centrifugação, que tem como objetivo principal separar a levedura do vinho. Este vinho segue para a destilaria, onde ocorre a produção de etanol anidro e hidratado. Já a levedura passa por um tratamento para retornar ao processo de fermentação.

6. Desenvolvimento do Projeto

Figura 5 - Recirculação das dornas (válvula manual)



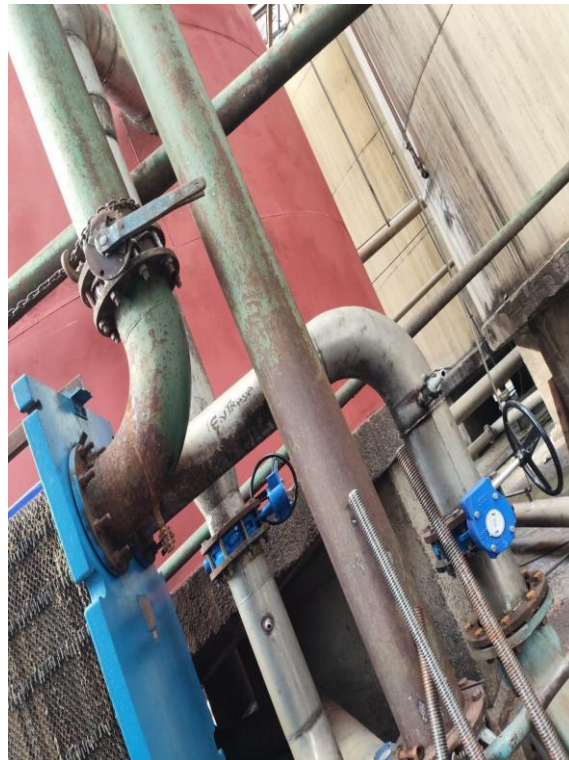
Fonte: Própria autor

Figura 6 - Sistema de resfriamento



Fonte: Própria autor

Figura 7 - Válvula de água manual



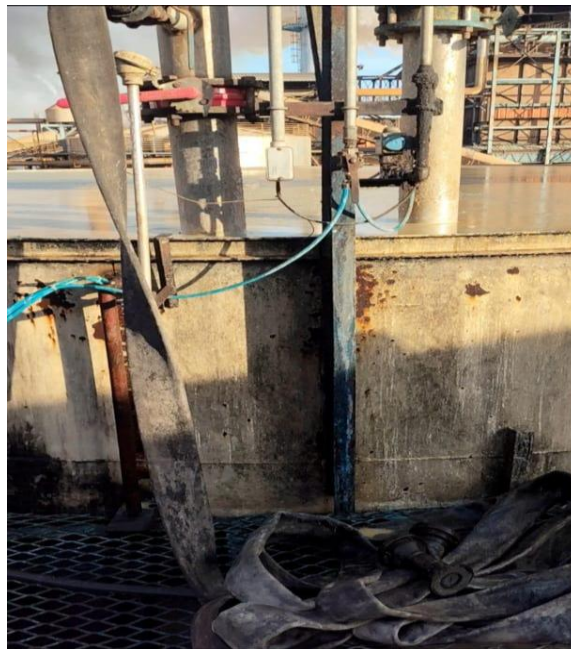
Fonte: Própria autor

Figura 8 - Válvula de alimentação manual



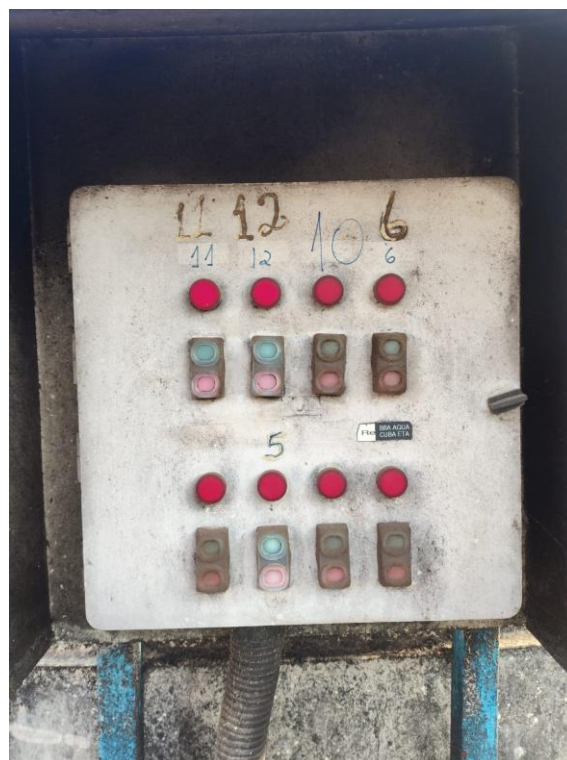
Fonte: Própria autor

Figura 9 - Dorna derramando



Fonte: Própria autor

Figura 10 - Onde liga os motores para resfriamento das dornas



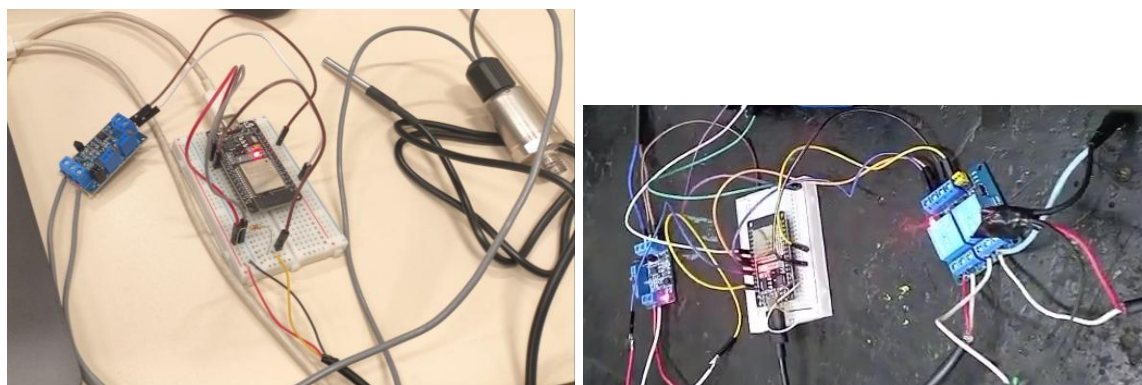
Fonte: Própria autor

Figura 11 - Onde fica o nível e temperatura de cada dornas



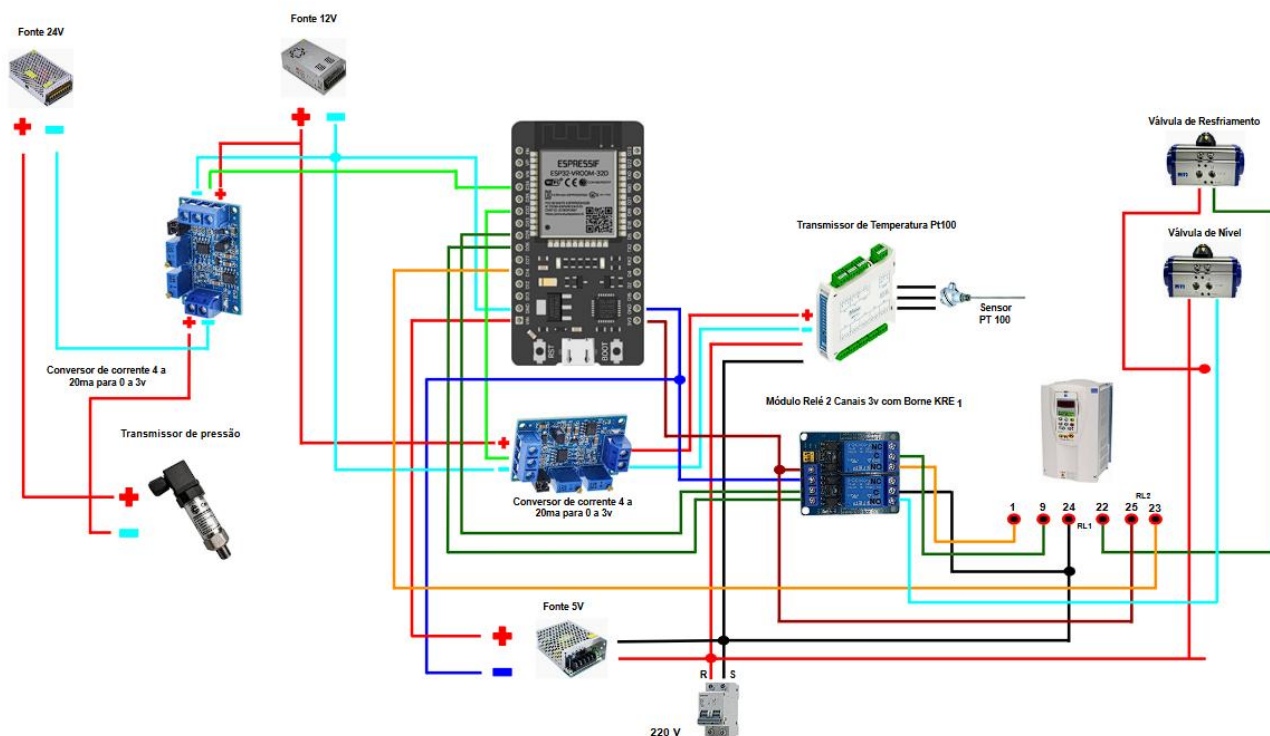
Fonte: Própria autor

Figura 12 - Protótipo



Fonte: Própria autor

Figura 13 - Fluxograma



Fonte: Própria autor

Figura 16 - Lógica de Programação

```
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>

// --- CONFIG WIFI ---
const char* ssid = "teste";
const char* password = "541026811";

// --- PINOS - CANAIS ADC MAIS DISTANTES ---
const int PIN_NIVEL = 36; // GPIO36 = VP = ADC1
const int PIN_TEMP = 33; // GPIO33 = ADC1_CH5
const int PIN_SAIDA_NIVEL = 25;
const int PIN_SAIDA_RESF = 26;
const int PIN_SAIDA_LIMP = 27;
const int PIN_ENT_FALHA = 14;

// --- PARAMETROS DE CONTROLE ---
const float NIVEL_MAX = 25.0;
const float TEMP_MAX = 100.0;
const float NIVEL_LIGA = 0.5;
const float NIVEL_DESLIGA = 7.0;
const float TEMP_LIGA = 28.0;
const float TEMP_DESLIGA = 26.0;
const unsigned long INTERVALO_SERIAL = 2000; //

// --- PARAMETROS HISTÓRICO ---
const int PONTOS_GRAFICO = 288;
const unsigned long INTERVALO_HISTORICO = 30000;

WebServer server(80);

// --- VARIÁVEIS GLOBAIS ---
float nivelAtual = 0.0;
//
```

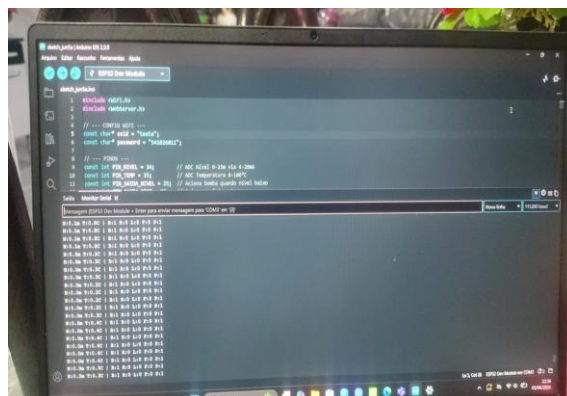
Fonte: Própria autor

Figura 17 - Aplicativo Controle Reservatório



Fonte: Própria autor

Figura 18 - Funcionamento do aplicativo



Fonte: Própria autor

Microcontrolador

O microcontrolador é um circuito único e integrado que possui, em sua composição, o núcleo processador, suas memórias (voláteis e não voláteis) e qualquer tipo de periférico de entrada e de saída de dados. Resumidamente, é um computador em miniatura com alta capacidade de realização de tarefas programadas — não à toa, está presente nos segmentos tecnológicos que citamos na introdução deste artigo.

Arduino é uma plataforma que possibilita o desenvolvimento de projetos eletrônicos. Em outras palavras, é uma plataforma de prototipagem eletrônica.

O Arduino é constituído de hardware e software, tornando assim possível a realização de diversos projetos tecnológicos. A placa tem como principal componente o microcontrolador, que é um tipo de processador bem menor do que o convencional. O microcontrolador executa os programas e avalia qualidade das entradas e saídas, ou seja, dos canais pelos quais é possível a comunicação entre mundo externo e digital.

O Arduino é uma placa open-source. Sendo assim, toda a propriedade intelectual é compartilhada entre os usuários. Os usuários então compartilham soluções em códigos para aprimoramentos da plataforma.

ESP32

Em 2015, a empresa chinesa Espressif Systems, líder mundial no campo de desenvolvimento de microcontroladores. Com sede em Xangai, China, eles têm promovido seus chips, módulos e placas de desenvolvimento das séries Microcontrolador Esp8266 e Esp32 em todo o mundo desde 2008.

O produto foi uma inovação tecnológica na época, pois já vinha com os circuitos de WIFI embutidos no próprio chip e com preço bem acessível. O uso do ESP8266 foi muito difundido devido à essas versatilidades. Com a bagagem tecnológica adquirida e com a garantia do sucesso do ESP8266, a Espressif lançou em 2016 um outro Microcontrolador com mais recursos além do WIFI, com Bluetooth também – o ESP32.

ESP32 é um chip microcontrolador dual-mode WiFi e Bluetooth de baixo custo, baixo consumo de energia e altamente integrado desenvolvido pela Espressif Systems.

Ele é programado em linguagens como C/C++ e é compatível com a Arduino IDE e o ESP-IDF da Espressif, o que torna o ESP32 uma escolha popular entre desenvolvedores.

Características do Chip ESP32

Esse ESP32 é um super chip! Ele possui dois Microprocessadores Xtensa® 32-bit LX6 com até 600 DMIPS (velocidade de processamento). A frequência do clock pode ser de até 240 MHz, dependendo do modelo. A frequência mais comum é 160 MHz (10 vezes o clock do Arduino Uno).

- Memória ROM interna de 448K Bytes (para Boot e Core).
- Memória RAM estática interna de 520K Bytes.
- Memória externa (total 4) – suporte para até 16M Bytes Flash e 16M Bytes SRAM.
- 1 K Bit de Fusíveis eletrônicos (para segurança e criptografia).
- Real Time Clock com 16K Bytes de SRAM.
- Interface WIFI 802.11 b/g/n – 802.11 n (2.4 GHz), até 150 Mbps.
- Interface Bluetooth v4.2 BR/EDR e Bluetooth LE (low energy).
- Dois grupos de Timers – 4 timers de 64 Bits.
- Aceleradores de hardware (criptografia) – AES, SHA, RSA e ECC.
- Alimentação VCC de 2,3V a 3,6V CC.
- Consumo de corrente max com WIFI – 240 mA.
- Processador dual-core: Equipado com dois núcleos de microprocessador Tensilica Xtensa LX6 de alto desempenho.
- Funcionalidade sem fio integrada: Suporta Wi-Fi (802.11 b/g/n) e Bluetooth (BLE e Bluetooth clássico).
- Suporte para múltiplas linguagens de programação: Suporta programação C/C++/Python.
- Modos de baixo consumo de energia: suporta vários modos de espera para reduzir o consumo de energia, adequado para dispositivos alimentados por bateria.
- Comparação de parâmetros entre Arduino Uno e ESP32.

O que é diferente?

Parâmetros Técnicos	Arduino Uno	ESP32
Subcontratante	ATmega8P de 328 bits	Processador dual-core Tensilica Xtensa LX6
Memória	2 KB de RAM	520 KB de RAM

Portas I / O	14 pinos de E/S digitais e 6 pinos de entrada analógicos	36 pinos GPIO, suportando sinais analógicos, SPI, I2C e UART, etc.
Bluetooth	nenhum	BLE e Bluetooth clássico
Wi-fi	nenhum	2.4G WiFi
Tensão operacional	5V	3.3V
Linguagem de Programação	C / C ++	C/C++/MicroPython

Ao escolher qual microcontrolador usar para um projeto, é essencial considerar os requisitos do projeto de forma abrangente. As placas de desenvolvimento ESP32 são adequadas para projetos avançados que exigem maior poder de processamento e conectividade, como aplicações de casa inteligente, automação industrial e dispositivos IoT.

A simplicidade das placas Arduino as torna adequadas para fins educacionais, projetos de hobby e instalações artísticas. Enquanto as placas ESP32 oferecem recursos altamente avançados e processamento poderoso, tornando-as adequadas para aplicações complexas, as placas Arduino e sua abordagem acessível serão usadas por iniciantes e na educação.

Figura 19 - ESP32



Fonte: <https://acebott.com/pt/stem-blogs/esp32-vs-arduino-what-is-different/>

Web Server (ou servidor web) no ESP32

Um Web Server (ou servidor web) no ESP32 é um sistema em que o microcontrolador se conecta a uma rede Wi-Fi e hospeda seu próprio site ou página de controle. Isso permite que você acesse o dispositivo diretamente pelo navegador de um celular ou computador.

Como funciona

1. **Conexão:** O ESP32 atua como um pequeno servidor conectado à mesma rede que seus outros dispositivos.
2. **Endereço IP:** Ele recebe um endereço IP local (ex: 192.168.1.15) ou cria sua própria rede (Access Point).
3. **Navegação:** Ao digitar esse IP no seu navegador, ele exibe uma página com botões, gráficos ou dados.

O que você pode fazer com isso?

- **Automação residencial:** Ligar/desligar luzes, relés e trancas inteligentes diretamente por uma página web.
- **Monitoramento de sensores:** Ler temperatura, umidade ou presença em tempo real.
- **Configurações sem fio:** Criar interfaces para o usuário digitar a senha do Wi-Fi sem precisar mudar o código da placa.

Principais Bibliotecas Utilizadas

- WiFi.h: Usada nativamente para conectar o ESP32 à rede.
- WebServer.h: Biblioteca padrão do Arduino IDE para criar servidores HTTP de forma simples.
- ESPAsyncWebServer: Biblioteca voltada para sistemas assíncronos, permitindo que a página atualize dados e receba comandos rapidamente (muito usada com *WebSockets*) sem travar o processamento.

Inversor de Frequência CFW09

O inversor de frequência Weg é um aparelho utilizado em motores elétricos trifásicos para acionamento, variação da frequência e tensão para controle da velocidade de giro e potência consumida. Os inversores de frequência CFW09 são destinados para o acionamento de motores trifásicos. Na faixa de potência de 1,5 a 1500cv.

Aplicações

Bombas centrífugas, bombas dosadoras de processo, ventiladores, exaustores, agitadores, misturadores, extrusoras, esteiras transportadoras, mesas de rolos, granuladores, peletizadoras, secadores, fornos rotativos, filtros rotativos, bobinadores, desbobinadores, máquinas de corte e solda, elevadores, sistemas multibombas, etc.

Características

- Potência: 1,5 a 1500cv
- Tensão: 220 a 230V, 380 a 480V e 500 a 600/690V
- Vectrue Technology®: Tecnologia de controle desenvolvida pela WEG apresenta respostas dinâmicas e muitas vantagens: controle escalar e vetorial programáveis no mesmo produto, controle vetorial sensorless e opcionalmente com encoder, controle vetorial sensorless com alto torque e rapidez na resposta, mesmo em velocidades muito baixas e na partida, e auto-ajuste adaptando automaticamente o controle vetorial ao motor e a carga
- Optimal Braking®: Tecnologia WEG para frenagens rápidas e com elevados torques frenantes, além da grande vantagem de dispensar o resistor de frenagem.
- Sistema de comissionamento passo-a-passo (start-up orientado), simplificando seu start-up e parametrização.

- Inversor Regenerativo
- Filtros EMC (opcional)
- Redes: Profibus DP, DeviceNet, DeviceNet Drive Profile, METASYS N2 Johnson Controls, EtherNet / IP (opcionais) e Modbus RTU (incorporado)
- Cartão opcional com funções de CLP e posicionamento (PLC02)
- Ride-through: Aproveita a energia cinética do motor para manter o mesmo girando durante a falta de rede. Processo não para
- Multi-speed: Através da combinação de 3 entradas digitais o motor pode ser acionado em até 8 velocidades pré-programadas.

Figura 20 - Inversor de Frequência CFW09



Fonte: <https://www.rrmotores.com.br/inversor-weg-cfw09>

Módulo Relé 2 Canais 3v com Borne KRE

É um componente eletrônico utilizado para ativar e desativar cargas podendo ser conectado diretamente a portas de microcontroladores que trabalhem com tensão de 3V como ESP8266 e ESP32.

O seu funcionamento é simples. Quando uma corrente circula pela bobina do relé, ele gera um campo eletromagnético que atrai o contato para fechar o circuito. Quando a corrente elétrica é interrompida, não tem mais o campo magnético para atrair o contato e assim o circuito abre.

O relé é essencial em diversos projetos eletrônicos por auxiliar o microcontrolador a acionar cargas DC e AC. Um ESP32, por exemplo, sozinho não consegue acionar uma lâmpada, mas quando o relé é adicionado ao projeto, isso se torna possível.

Figura 21 - Módulo Relé 2 Canais 3v com Borne KRE



Fonte: <https://www.smartprojectsbrasil.com.br/modulo-rele-2-canais-3v-10a-com-borne-kre?srsItid=AfmBOorOkNb6Bvq76pILGY-WZ02iWWTeiskQhhUF-3SYCCygk76F9pvY>

Transmissor de Temperatura Pt100

A Remota Modbus 5 Canais WTC-211 é destinada a estabelecer a interface entre sensores de temperatura, Pt-100 e termopares, com o protocolo Modbus RTU. Com o recurso de comunicação, pode ser feita toda a configuração via software Wireconfig. A WTC-211 possui dois relés SPDT que podem ser associados a alarme e fixação através de trilho DIN 35 mm.

Aplicações

O WTC-211 é um equipamento de alto desempenho, destinado aos diversos tipos de aplicações industriais, facilitando a concentração dos dados das variáveis de campo em pontos distribuídos.

As topologias utilizadas nas aplicações com a WTC-211 demonstram uma grande otimização nas aquisições remotas das variáveis antes relacionadas aos controladores. Desta forma é garantido um aumento na escalabilidade do processo e diminuição dos custos da planta.

A Remota Modbus 5 Canais WTC-211 possui os dados das variáveis de campo tratados e confiáveis para os sistemas de supervisão e controle, sendo assim, podem ser amplamente utilizadas para colher os dados de qualquer ponto de chão de fábrica.

Figura 22 - Módulo de automação industrial (Wirebus, modelo WTC-211)



Fonte: <https://www.wirebus.com.br/produto/remota-modbus-5-canais-wtc-211/>

Sensor de Temperatura Pt100

O Sensor de Temperatura Pt100 é um termopar do tipo sonda que pode ser utilizado para fazer a medição da temperatura em diversos ambientes, permitindo trabalhar com escalas entre -20°C e 200°C, apresentando resultados confiáveis e muito precisos de forma rápida e prática.

A medição das altas temperaturas protagonizadas pelo Sensor de Temperatura Pt100 é possível graças à blindagem que a sonda possui em sua ponta, sendo revestida inteiramente em aço inox.

Muito preciso o Sensor de Temperatura Pt100 possui 3 terminais para conexão com um controlador ou leitor de temperatura, possuindo aproximadamente 2 metros de cabo revestidos em aço totalmente flexível, o que evita que a umidade ou o extremo calor possam causar interferências na medição.

Figura 23 - Dimensões PT100 Sensor de Temperatura Tipo Sonda 10 cm 3 Fios



Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-temperatura/pt100-sensor-de-temperatura-tipo-sonda-10cm-3-fios-20-a-200c-4825.html>

Para maior praticidade na instalação, o Sensor de Temperatura PT100 conta com rosca do tipo M8 para fixação nos mais diversos locais, como, por exemplo, fornos, congeladores, ambientes de esterilização etc.

Atuador Pneumático

O atuador pneumático é uma das soluções mais eficientes e amplamente utilizadas na automação industrial.

Este guia aborda as principais características, tipos e aplicações dos atuadores pneumáticos, com destaque especial para o atuador pneumático rotativo, amplamente aplicado em válvulas industriais e sistemas automatizados.

O que é um atuador pneumático

Um atuador pneumático é um dispositivo usado para converter ar comprimido em um movimento e/ou força. Eles promovem movimento a sistemas de automação em máquinas e processos. O atuador pneumático é uma opção relativamente mais simples e barata se comparada com os atuadores elétricos ou mesmo atuadores hidráulicos.

Os atuadores lineares se dividem em dois grupos de aplicações distintas, os rotativos para automatizar válvulas de processo e os lineares para aplicações de automação industrial.

Figura 24 - Atuadores Pneumáticos



Fonte: <https://mtibrasil.com.br/blog/pneumatica-geral/guia-completo-do-atuador-pneumatico/>

O atuador pneumático é limpo e fácil de ser instalado e por isso ainda muito utilizado em uma grande variedade de aplicações em todo tipo de indústria.

Atuador pneumático rotativo

O atuador rotativo é utilizado, principalmente, para automação de válvulas de processo de ¼ de volta, como válvulas borboleta ou válvulas de esfera.

Os atuadores pneumáticos são uma maneira segura e com baixo custo para automatizar o acionamento de válvulas de processo.

Figura 25 - Válvula de esfera automatizada



Fonte: <https://mtibrasil.com.br/blog/pneumatica-geral/guia-completo-do-atuador-pneumatico/>

Atuador pneumático linear

O atuador linear, também conhecido como cilindro ou pistão pneumático, vai realizar um deslocamento linear.

O deslocamento é chamado de curso (ou extensão) do cilindro. Existem vários diâmetros de cilindros pneumáticos para atingir diversas forças de sua atuação.

Vantagens

- Eficiência Energética: Utiliza ar comprimido, recurso disponível em quase todas as plantas industriais.
- Confiabilidade: Baixa chance de falhas devido à simplicidade do mecanismo.
- Custo-benefício: Custos de instalação e manutenção mais acessíveis em comparação com outros tipos de atuadores.

Vantagens Específicas do Atuador Pneumático Rotativo

- Controle preciso de válvulas de processo.
- Alta durabilidade em ambientes agressivos.
- Adequado para sistemas que demandam torque constante.

Aplicações Comuns dos Atuadores Pneumáticos

Os atuadores pneumáticos estão presentes em uma ampla gama de indústrias, incluindo:

- Automotiva: Sistemas de montagem automatizados.
- Alimentícia: Controle de fluxo em tubulações e linhas de produção.
- Petroquímica: Automação de válvulas em plantas de refino.
- Farmacêutica: Equipamentos de precisão para envase e manipulação.

O atuador pneumático rotativo, em particular, é indispensável para o controle de válvulas borboleta, esfera e guilhotina, devido ao seu torque ajustável e operação rápida.

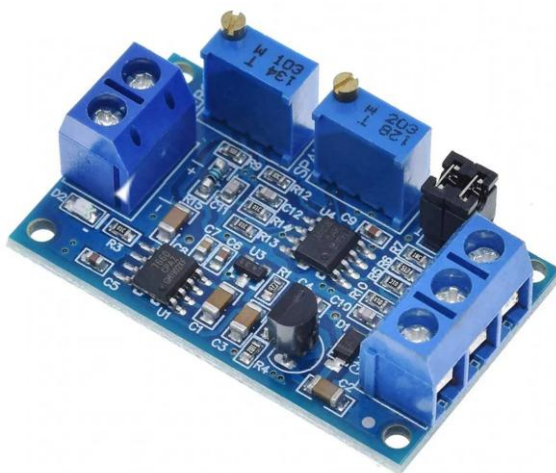
Conversor de corrente 4 a 20ma para 0 a 3v

Conversor Corrente para Tensão 4-20mA para 0-3.3V/5V/10V. O Conversor de Corrente para Tensão XY10 é um dispositivo eletrônico de grande usabilidade, capaz de possibilitar a comunicação de sensores e atuadores industriais que operam com sinais

de corrente na saída com microcontroladores arduino, PIC e outros que trabalham com leituras de sinais de tensão.

Ele recebe sinais de corrente 4mA (valor inicial) e 20mA (valor máximo) e transforma esses valores em sinais de tensão de 0 a 10V, possibilitando que o projetista defina por meio do potenciômetro ZERO a tensão de saída para 0V na corrente inicial desejada (4mA, por exemplo) e na sequência por meio do trimpot SPAN defina a tensão de saída conforme a corrente final.

Figura 26 - Conversor de corrente 4 a 20ma para 0 a 3v



Fonte: <https://www.casadarobotica.com/sensores-modulos/modulos/conversores/modulo-conversor-de-corrente-para-tensao-4-a-20ma-para-0-3v-5v-10v?srsItd=AfmBOoqgCw3NMAefY7NARKvY2lxOj-NRXPtsoVTFpphSA1qXacHB3G2j>

Transmissor de pressão

Um transmissor de pressão é um dispositivo essencial na automação industrial, é projetado para medir a pressão do ambiente ou de fluidos e convertê-la em um sinal elétrico legível. Esta conversão é fundamental para uma vasta gama de aplicações industriais, permitindo que sistemas de controle e monitoramento recebam dados precisos em tempo real sobre condições críticas de processo.

Diferente de simples indicadores de pressão, que apenas mostram valores localmente, os transmissores de pressão enviam informações a sistemas centrais, permitindo uma gestão e análise de dados à distância. Isso não apenas melhora a eficiência dos processos através de ajustes automáticos e em tempo real, mas também eleva significativamente os padrões de segurança.

Em ambientes onde a pressão deve ser mantida dentro de limites específicos para evitar riscos de explosão, vazamento ou outros perigos, o papel do transmissor de pressão é insubstituível. Além disso, a robustez desses transmissores permite que operem de forma confiável em condições adversas, como temperaturas extremas, vibrações e presença de químicos corrosivos.

Eles são projetados para oferecer precisão excepcional, confiabilidade a longo prazo e resistência, garantindo que as operações industriais possam ser conduzidas de forma segura e eficaz.

Figura 27 - Transmissor de pressão - CTP



Fonte: <https://contemp.com.br/produto/transmissor-de-pressao-ctp-contemp>

Como funciona um transmissor de pressão?

O princípio de funcionamento de um transmissor de pressão baseia-se na conversão da pressão mecânica em um sinal elétrico. Isso é feito através de um sensor (também conhecido como transdutor) de pressão, que detecta a pressão e a transforma em um sinal elétrico proporcional.

O segredo por trás da capacidade do transmissor de pressão de realizar essa conversão reside na utilização de princípios físicos e tecnologia incorporada ao sensor de pressão. O tipo do sinal elétrico gerado pelo sensor irá variar dependendo do seu princípio de operação: sensores do tipo piezo resistivo convertem a deformação mecânica causada pela pressão em um valor de resistência elétrica.

Sensores do tipo capacitivo, por outro lado, convertem a pressão em um valor de capacitância, enquanto sensores piezoelétricos em um valor de tensão. Por fim, sensores do tipo ressonante convertem a pressão em um sinal de frequência.

Esse sinal elétrico gerado pelo sensor de pressão é lido por um circuito eletrônico dentro do transmissor e convertido em um sinal de saída padronizado, permitindo uma leitura precisa e remota da pressão. O sinal de saída mais comum em sistemas de controle industrial é o padrão 4 a 20 mA, que permite que o sinal do transmissor seja sobreposto ao par de fios de alimentação, economizando cabos. Outros padrões como 0 a 10 V, 1 a 5 V e 10 a 50 mA também são utilizados, porém em menor escala.

Além do sinal elétrico de saída, muitos transmissores de pressão integram o protocolo de comunicação analógico + digital HART. O protocolo HART é considerado um protocolo “híbrido”, pois ele combina o padrão analógico 4 a 20 mA com um sinal digital de comunicação modulado de 1200 bits/segundo no mesmo par de fios. Dessa forma, os transmissores HART mantêm a compatibilidade com sistemas de controle 4 a 20 mA, ao mesmo tempo que permitem a sua configuração e monitoração remota através do protocolo HART sem necessitar cabos extra.

Alguns transmissores dispensam totalmente o sinal analógico de saída, e utilizam apenas um protocolo de comunicação digital para fins de monitoração, configuração e controle. Os protocolos industriais completamente digitais mais utilizados por transmissores de pressão são os protocolos PROFIBUS PA e FOUNDATION Fieldbus (FF).

Apesar de facilitarem a configuração dos transmissores, possuem um grau de complexidade muito maior do que sinais analógicos ou mesmo o protocolo híbrido HART, e, portanto, requerem não só ferramentas adequadas para comissionamento e configuração dos equipamentos. Mas também uma mão de obra qualificada para lidar com a manutenção dos equipamentos e das malhas de controle onde são utilizados.

A conversão de pressão em um sinal de saída analógico ou a utilização de um protocolo de comunicação digital proporciona integração com sistemas de controle modernos. Facilitando uma gama ampla de funções, desde o simples monitoramento até o controle complexo de processos, otimizando operações e melhorando a segurança em ambientes industriais.

Tipos de transmissores de pressão

Transmissores de pressão são essenciais para diversas aplicações industriais, e sua escolha depende diretamente do propósito específico. Conheça os tipos mais comuns:

- Absolutos: ideal para medições que exigem independência das variações atmosféricas, medindo a pressão em relação ao vácuo perfeito. São cruciais em ambientes controlados, como laboratórios e indústrias farmacêuticas.
- Relativos: também chamados de manométricos, comparam a pressão com a atmosfera local. Usados em aplicações onde as mudanças ambientais afetam a medição, como em sistemas de água.
- Diferenciais: medem a diferença entre duas pressões. Indispensáveis em processos de filtragem e sistemas que requerem monitoramento de pressão cruzada para segurança ou eficiência.

Componentes de um transmissor de pressão

Os transmissores de pressão são instrumentos vitais em diversas aplicações industriais, construídos a partir de componentes-chave que trabalham harmoniosamente para realizar medições precisas

Sensor ou transdutor de pressão

- Função: detecção direta da pressão, convertendo-a em um sinal elétrico.
- Princípios de operação: utiliza tecnologias como piezoresistência, capacitância, ou piezoelectricidade, dependendo da aplicação.
- Importância: representa o ponto inicial no processo de medição, sendo crucial para a precisão das leituras de pressão.

Circuito eletrônico

- Função: converte o sinal elétrico gerado pelo sensor em um sinal elétrico padronizado (ex.: 4 a 20mA) ou em um sinal digital.
- Componentes: inclui amplificadores, conversores analógico-digitais, modems de comunicação e circuitos de calibração.
- Importância: garante que o sinal possa ser transmitido com precisão e confiabilidade para o sistema de controle.

Corpo

- Função: protege os componentes internos e fornece a interface para instalação e conexão.
- Material: comumente construído em alumínio, ou quando aplicado em ambientes adversos, com materiais resistentes à corrosão como aço inoxidável ou ligas especiais.
- Importância: assegura a durabilidade e integridade operacional do transmissor em diversas condições de processo. Protege contra ingresso de poeira e água (grau IP65, IP66, IP67, IP68 ou IP69). Também pode contar com certificação à prova de explosão (“Ex d”) para utilização do transmissor em atmosferas explosivas.

Cada um desses componentes é essencial para o funcionamento eficiente de um transmissor de pressão, garantindo que as medições de pressão sejam realizadas de forma precisa, confiável e segura.

Aplicações de transmissores de pressão

Os transmissores de pressão desempenham um papel crucial em diversos setores, graças à sua capacidade de fornecer medições precisas de pressão para controle e monitoramento.

Aqui estão algumas das suas aplicações mais significativas:

Monitoramento de processos industriais

- Fundamental para garantir operações seguras e eficientes.
- Crucial em plantas químicas, farmacêuticas, alimentícias e outras.
- Controlar a pressão em reatores pode prevenir sobrepressões perigosas, um exemplo prático na indústria química.

Controle de sistemas HVAC

- Essencial para manter o conforto e a eficiência energética.
- Importante em edifícios comerciais e residenciais.
- Utilizado para manter a pressão adequada nos sistemas de ventilação, otimizando o fluxo de ar e a qualidade do ar interior.

Setor de petróleo e gás

- Vital para a segurança e eficiência na exploração, produção e transporte.
- Monitora a pressão em poços e pipelines.
- Ajuda a prevenir vazamentos e garantir a integridade das instalações.

Cada um desses subtópicos destaca uma aplicação específica dos transmissores de pressão, demonstrando sua importância em uma variedade de contextos industriais e comerciais.

Benefícios da utilização de transmissores de pressão

Os transmissores de pressão oferecem vários benefícios, como:

- Melhoria da segurança: prevenindo condições perigosas de pressão.
- Aumento da eficiência: otimizando processos industriais
- Redução de custos: minimizando desperdícios e melhorando o controle de processo.

Transmissores de pressão são componentes cruciais na indústria moderna, fornecendo dados essenciais para o controle e monitoramento de processos.

Compreender seus tipos, funcionamento, e aplicações é fundamental para qualquer profissional envolvido na operação e manutenção de sistemas industriais. Ao escolher, manter e calibrar esses dispositivos adequadamente, as indústrias podem garantir operações seguras, eficientes e econômicas.

7. ORÇAMENTO

Componentes	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total
Fonte 24v Weg	242,00	1	R\$ 242
Fonte 12v proauto	90,00	1	R\$ 90,00
Fonte 5 v hilink	30,00	1	R\$30,00
Válvula pneumática 5/2	391,00	2	R\$782,00
Sensor PT 100	162,00	1	R\$ 162,00

Sensor pressão	450,00	1	R\$ 450,00
Atuador pneumático	800,00	2	R\$1.600,00
Relé	30,00	2	R\$60,00
Conversor de 4 a 20ma	36,00	2	R\$72,00
Esp 32	40,00	1	R\$ 40,00
Inversor Weg CFW09	9.240,00	1	R\$ 9.240,00
Transdutor de sinal.	560,00	1	R\$. 560,00
Custo de instalação			R\$ 9.000,00
Total			R\$ 22.328,00

8. CONCLUSÃO

O presente trabalho cumpriu com êxito o objetivo de desenvolver e implementar um sistema eletropneumático automatizado para o controle e resfriamento de dornas de fermentação na Usina CEMMA, utilizando a plataforma microcontrolada ESP32.

O principal resultado obtido foi a automação completa da dorna, contemplando tanto o controle da alimentação quanto o gerenciamento do processo de resfriamento. O sistema implementado com ESP32 demonstrou-se eficiente no monitoramento e acionamento dos componentes, garantindo maior precisão no controle de temperatura e redução da necessidade de intervenção manual.

Conclui-se que a utilização do ESP32 para automação de dornas é viável e traz ganhos significativos em eficiência operacional e padronização do processo. Desse modo, o projeto contribui para a modernização de processos industriais de fermentação, reduzindo custos com mão de obra e minimizando erros humanos.

9. REFERÊNCIA

- Disponível em: <https://casadasvalvulasmg.com.br/como-surgiu-a-pneumatica-e-como-ela-ajuda-nos-processos-atuais/#:~:text=As%20>. Acesso em: 5 abr. 2026.
- Disponível em: <https://hidrominas.com.br/valvulas-no-setor-sucroenergetico>. Acesso em: 8 abr. 2026.
- Disponível em: <https://www.canaonline.com.br/conteudo/voce-sabe-o-que-e-a-fermentacao-em-uma-usina-de-etanol-acucar-e-energia-limpa.html>. Acesso em: 8 abr. 2026.
- Disponível em: <https://mtibrasil.com.br/blog/pneumatica-geral/guia-completo-do-atuador-pneumatico/>. Acesso em: 25 abr. 2026.
- Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-conversor-corrente-para-tensao-xy10#:~:text=M%C3%B3dulo%20Conversor%20Corrente%20para%20Tens%C3%A3o%20de%2020mA%20para,defina%20a%20tens%C3%A3o%20de%20sa%C3%ADa%20conforme%20a>. Acesso em: 25 abr. 2026.
- Disponível em: <https://sensycal.com.br/blog/transmissor-de-pressao/>. Acesso em: 25 abr. 2026.
- Disponível em: <https://www.rrmotores.com.br/inversor-weg-cfw09>. Acesso em: 10 jun. 2026.
- Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-eletropneumatica-conceitos-aplicacoes/>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 05 mai. 2026.
- Disponível em: <https://ai.thestempedia.com/docs/getting-started-with-esp32-on-arduino-ide/>. Acesso em: 05 mai. 2026.
- Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/placa-esp32/>. Acesso em: 05 mai. 2026.
- Disponível em: <https://acebott.com/pt/stem-blogs/esp32-vs-arduino-what-is-different/>. Acesso em: 8 mai. 2026.
- Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/conhecendo-o-esp32-introducao-1/>. Acesso em: 8 mai. 2026.

- Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/conversores-de-sinal/transmissor-de-temperatura-pt100-conversor-50200c-saida-0-a-10v-8186.html?srsId=AfmBOorQK79RYEblc5k5EGoyc4yQ8sK082Rc8UW2tdHGLkCgtqek9vw0>. Acesso em: 15 mai. 2026.
- Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-temperatura-pt100-sensor-de-temperatura-tipo-sonda-10cm-3-fios-20-a-200c-4825.html>. Acesso em: 15 mai. 2026.
- Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/microcontrolador/>. Acesso em: 22 mai. 2026.
- Disponível em: <https://www.wirebus.com.br/produto/remota-modbus-5-canais-wtc-211/>. Acesso em: 17 jun. 2026.
- Disponível em: <https://projecthub.arduino.cc/cetech11/implementing-web-server-on-esp32-5c24be>. Acesso em: 17 jun. 2026.