



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia de Sistemas e Computação
Controle de Processos por Computador

Projeto Final
Parte 1

Professor: Luigi Maciel Ribeiro

Aluno: Mariana Florido Robaina

Rio de Janeiro
2025

1. Funcionalidade

O projeto consiste em uma incubadora com controle de temperatura, onde o objetivo é manter o interior da incubadora em um valor térmico definido, utilizando um controlador PID responsável por ativar aquecimento ou resfriamento conforme necessário. O sistema realiza monitoramento contínuo, executando decisões de controle localmente no ESP32 e envia dados para o Django, que pode ajustar o setpoint remoto.

O sistema funciona controlando automaticamente a temperatura interna da incubadora através de um algoritmo PID, tomando decisões baseadas na leitura contínua de um sensor de temperatura e no estado das entradas digitais. De acordo com a condição do ambiente, o sistema ativa aquecimento, resfriamento ou permanece estável. O sistema vai ser simulado no Wokwi que se comunicará com o backend em Django usando o PythonAnywhere.

1.1. Entrada analógica

A leitura do termistor gera valores analógicos que simulam a temperatura interna da incubadora. Esses valores são usados como base para o cálculo do erro do PID, onde, quanto maior o erro, maior a necessidade de aquecimento, e se o erro for negativo, ocorre resfriamento.

Entrada analógica	Tipo	Função
Temperatura	Sensor	Indica temperatura da incubadora

1.2. Entradas digitais

Entrada	Tipo	Função
Modo automático/Manual	Switch	Decide se o PID atua ou se o usuário controla
Manual - Aquecer	Botão	Enquanto pressionado aumenta temperatura
Manual - Esfriar	Botão	Enquanto pressionado diminui temperatura
Desligar/Liga	Switch	Desliga a incubadora imediatamente
Tampa aberta/fechada	Switch	Simula se tampa aberta ou fechada

O controle manual foi adicionado, pois permite que o operador assuma a decisão sobre o aquecimento ou resfriamento da incubadora sem depender do PID. Ele é útil para testes, calibrações e situações em que a resposta automatizada pode não ser desejável.

1.3. Saídas digitais

Saída	Função
LED vermelho	Indica que a temperatura está aumentando
LED azul	Indica que a temperatura está diminuindo
LED verde	Indica que está na temperatura desejada
Buzzer	Indica tampa aberta

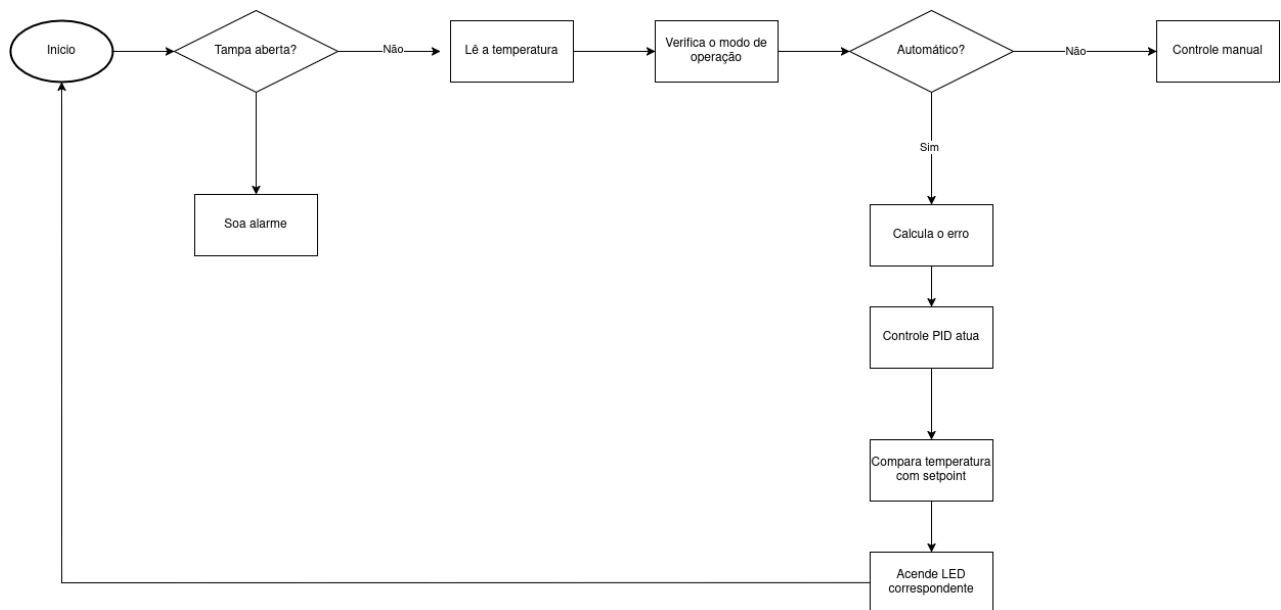
1.4. Fluxo do funcionamento

Segue o detalhamento do fluxo do sistema e também o diagrama do mesmo (figura 1).

- Ciclo inicia
 - ESP32 executa o loop principal do controle
 - Estado do sistema é avaliado continuamente
- Verificação de segurança
 - O sistema verifica se a tampa está aberta
 - Se estiver aberta:
 - O buzzer é ativado
 - A operação é bloqueada
 - Nenhum controle é executado
 - O loop reinicia e monitora novamente
 - Se estiver fechada → segue o processo normal
- Leitura da temperatura
 - O ESP32 lê o valor do sensor NTC (entrada analógica)
 - A temperatura atual é armazenada para decisão de controle
- Identificação do modo de operação
 - O sistema verifica a entrada digital que define o modo
 - Se a chave indicar modo manual, o usuário controla
 - Se indicar automático, o PID assume o controle
- Modo automático:
 - O ESP32 recebe o setpoint do backend via API
 - Calcula o erro: $\text{erro} = \text{setpoint} - \text{temperatura_atual}$
 - O erro entra no controlador PID
 - O PID decide se deve aquecer, resfriar ou manter estável

- Resultado do controle é indicado pelas saídas
- Modo manual:
 - O usuário assume controle direto do sistema
 - Botões determinam se aquece ou resfria
 - O PID é ignorado enquanto manual estiver ativo
 - LEDs indicam exatamente o que o usuário escolher

Figura 1 - Diagrama do fluxo



Fonte: O autor (Ferramenta: Draw.io)

2. Desempenho

O sistema será projetado para operar com eficiência e estabilidade mesmo em ambiente distribuído, ou seja, onde temos mais de uma incubadora. O controlador PID roda diretamente no ESP32, permitindo atuação contínua sem depender da rede, enquanto o backend faz supervisão e registro dos dados.

2.1. Requisitos de Tempo de Resposta

Propriedade	Valor esperado
Taxa de controle PID	1 leituras por segundo
Envio de dados ao Django	1 atualização por 5s

A taxa de controle PID representa quantas vezes por segundo o controlador é executado.

2.2. Capacidade de Processamento

O ESP32 possui poder computacional suficiente para realizar leitura de sensores, cálculo do erro e execução do PID em tempo real, sem sobrecarga perceptível. Paralelamente, o Django registra medições e recebe atualizações frequentes, podendo armazenar histórico por longos períodos de operação. A comunicação é leve, permitindo operação simultânea de várias unidades.

2.3. Escalabilidade

A estrutura do projeto vai permitir expansão, podendo evoluir sem grandes mudanças de arquitetura e o mesmo backend pode supervisionar múltiplos controladores ou sensores.

3. Segurança

A segurança é um aspecto essencial no desenvolvimento de sistemas de controle e automação, especialmente quando envolvem interação com o ambiente físico. No projeto da incubadora, foram aplicadas medidas que abrangem segurança física, segurança de dados, operação segura e gestão de riscos, garantindo funcionamento confiável mesmo em condição de falha.

No que diz respeito à segurança de dados, o sistema utiliza comunicação estruturada entre ESP32 e servidor Django. Os dados trafegados são transmitidos em formato JSON para manter integridade e evitar interpretações incorretas. O protocolo HTTPS será adotado para garantir comunicação segura entre o ESP32 e o backend. Ele utiliza criptografia TLS para proteger os dados transmitidos, garantindo confidencialidade, autenticidade e integridade das informações, evitando interceptação e modificação indevida do tráfego.

Além disso, os possíveis riscos durante a operação foram analisados, incluindo situações como a tampa da incubadora permanecer aberta, a necessidade de intervenção manual ou a interrupção imediata do funcionamento. Para cada um desses cenários foram implementados mecanismos de proteção que permitem mitigar o problema rapidamente. Assim, caso a tampa não esteja devidamente fechada, o sistema bloqueia o aquecimento e aciona o alerta sonoro; se for necessária ação direta do operador, o modo manual possibilita controle total do sistema; e, em cenários críticos, o botão de parada imediata permite desligamento completo do processo. Dessa forma, as ocorrências de risco possuem meios de resposta definidos, garantindo operação segura e contínua. O modo manual também contribui para a segurança operacional em casos do PID não funcionar.