

Sistema de Controle de Reservatórios – Fase 3: Água Quente e Controle Térmico

10 Pontos Possíveis

Adicionar comentário

Detalhes

Especificação de Projeto – Atividade de Programação 3

Sistema de Controle de Reservatórios – Fase 3: Água Quente e Controle Térmico

1. Introdução e Contexto

Esta especificação apresenta os requisitos para a terceira e última fase do projeto de automação predial. Com o sistema de abastecimento entre a cisterna (t1) e o reservatório superior (t2) já operacional, esta etapa adiciona um terceiro reservatório (t3) dedicado ao fornecimento de água quente.

O reservatório t3, também localizado no topo do edifício ao lado de t2, funciona como um **boiler** para água quente. Esta fase introduz dois novos desafios: o controle hidráulico através de uma **válvula bidirecional** (v2) que conecta t2 e t3, e o controle térmico através de uma **resistência elétrica** (r1).

O desenvolvimento requer a implementação de duas novas máquinas de estados: uma para o controle de nível (sm3) e outra para o controle de temperatura (sm4), expandindo ainda mais a arquitetura HAL e introduzindo conceitos de controle térmico e histerese.

2. Objetivos de Aprendizagem

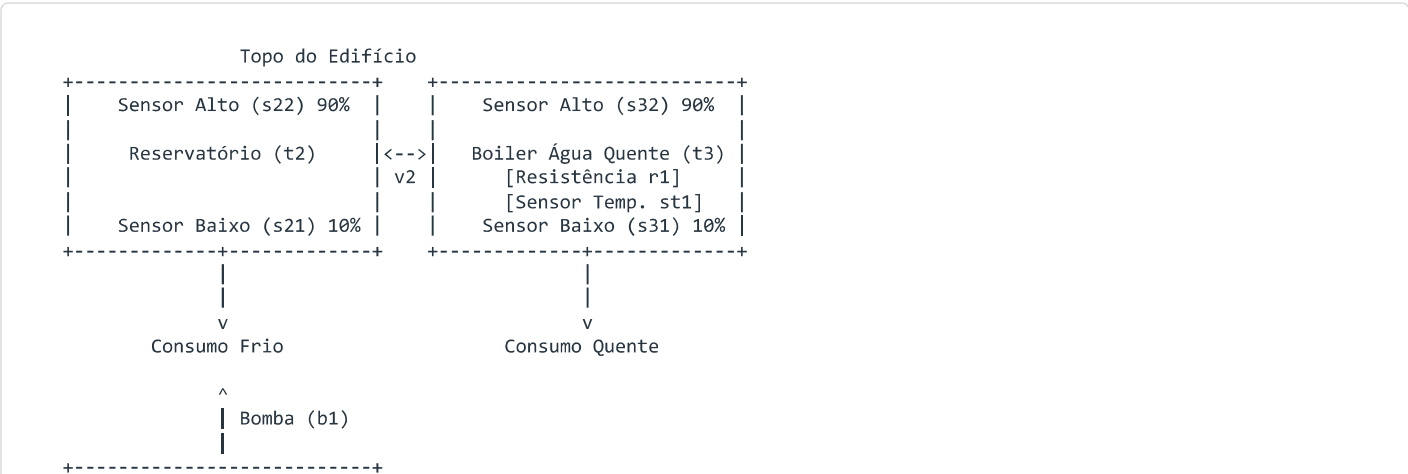


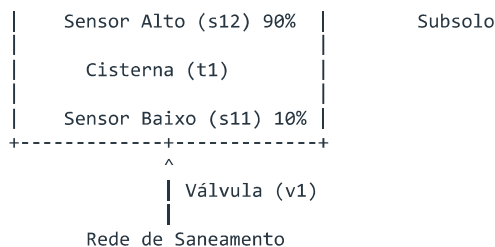
Ao final desta atividade, o estudante deverá ser capaz de:

- Implementar controle hidráulico bidirecional, considerando princípios de vasos comunicantes.
- Projetar máquinas de estados que operam com informações parciais e devem tomar decisões baseadas em inferências.
- Implementar controle térmico com histerese para evitar ciclagem excessiva.
- Integrar múltiplas máquinas de estados interdependentes em um sistema único.
- Simular processos térmicos incluindo aquecimento e perda de calor.
- Aplicar conceitos de segurança em sistemas críticos (prevenção de aquecimento a seco).

3. Descrição do Sistema

O sistema completo agora possui três reservatórios interconectados:





4. Requisitos Funcionais

4.1. Características Físicas do Reservatório t3

- **Dimensões:** O reservatório t3 possui:
 - Metade da altura de t2
 - Metade da largura de t2
 - Mesma profundidade de t2
 - Volume total: 1/4 do volume de t2
- **Posicionamento:** As bases de t2 e t3 estão na mesma altura, permitindo comunicação direta através da válvula v2.
- **Sensores de Nível:**
 - **Sensor Baixo (s31):** Posicionado a 10% da altura. Retorna 1 se nível \geq 10%.
 - **Sensor Alto (s32):** Posicionado a 90% da altura. Retorna 1 se nível \geq 90%.
- **Sensor de Temperatura (st1):** Retorna a temperatura da água em °C como valor decimal (float).

4.2. Novos Atuadores

- **Válvula Bidirecional (v2):**
 - Conecta as bases de t2 e t3.
 - Quando aberta, permite fluxo em ambas as direções (vasos comunicantes).
 - Tempo de resposta: **15 segundos** para abertura/fechamento completo.
- **Resistência Elétrica (r1):**
 - Atuador binário (ligada/desligada).
 - **Sem atraso** no acionamento (resposta instantânea).
 - Taxa de aquecimento: 2°C por segundo quando ligada.
 - Taxa de resfriamento natural: 0,5°C por segundo quando desligada.



4.3. Máquina de Estados sm3 (Controle de Nível do Boiler)

A sm3 controla a válvula v2 com o objetivo de manter t3 cheio, respeitando as seguintes regras:

- **Condições para Abertura de v2:**
 - O sensor s32 está desativado (nível de t3 abaixo de 90%), E
 - O sensor s21 está ativado (há água suficiente em t2).
- **Condições para Fechamento de v2:**
 - O sensor s32 é ativado (nível de t3 atinge 90%), OU
 - O sensor s21 é desativado (nível baixo em t2).
- **Princípio de Operação:** Devido às limitações dos sensores, a sm3 deve:
 - Priorizar o enchimento de t3 sempre que possível.
 - Evitar situações onde t3 possa esvaziar para t2.
 - Aceitar que, em algumas situações, não é possível determinar com certeza os níveis exatos.

4.4. Máquina de Estados sm4 (Controle de Temperatura)

A sm4 controla a resistência r1 para manter a água em t3 a 50°C, implementando:

- **Setpoint:** 50°C

- **Histerese:** $\pm 1^\circ\text{C}$ (2% do setpoint)
 - Liga **r1** quando temperatura $\leq 49^\circ\text{C}$
 - Desliga **r1** quando temperatura $\geq 51^\circ\text{C}$
- **Proteção contra Aquecimento a Seco:**
 - **r1** nunca deve ser ligada se **s31** estiver desativado (sem água).
 - Se **s31** for desativado com **r1** ligada, desligar **imediatamente**.

4.5. Simulação do Processo Físico (Expansão)

- **Dinâmica Hidráulica com v2:**
 - Quando **v2** está aberta, os reservatórios **t2** e **t3** funcionam como vasos comunicantes.
 - A água flui até o equilíbrio das colunas d'água (mesma altura de nível).
 - A taxa de transferência pode ser constante (para efeitos de simulação).
- **Simulação Térmica:**
 - Temperatura inicial: 25°C (ambiente).
 - Aquecimento: $+2^\circ\text{C/s}$ quando **r1** ligada.
 - Resfriamento: $-0,5^\circ\text{C/s}$ quando **r1** desligada.
- **Consumo:** Adicionar drenos independentes e controláveis para **t2** e **t3**.

4.6. Requisitos de Interface (Expansão Final)

A interface gráfica deve incluir:

- Representação visual dos três reservatórios com níveis proporcionais.
- Indicadores para todos os sensores (**s11**, **s12**, **s21**, **s22**, **s31**, **s32**).
- Estado de todos os atuadores (**v1**, **v2**, **b1**, **r1**).
- **Display de Temperatura:** Widget numérico mostrando a temperatura em **t3** com uma casa decimal.
- **Indicador Visual de Temperatura:** Barra colorida ou termômetro gráfico que muda de cor:
 - Azul: $< 49^\circ\text{C}$
 - Verde: $49^\circ\text{C} - 51^\circ\text{C}$
 - Vermelho: $> 51^\circ\text{C}$
- Controles para ativar/desativar consumo em **t2** e **t3**.
- Rótulos mostrando o estado atual de cada Máquina de Estado.



5. Cenários de Validação

5.1. Cenário A - Enchimento Completo

- **Inicial:** **t2** = 100%, **t3** = 0%, Temp = 25°C , drenos desligados
- **Esperado:** **v2** abre, água flui para **t3** até **s32** ativar, **r1** liga quando **s31** ativar
- **Final:** **t2** $\approx 77,5\%$, **t3** = 90%, Temp oscilando entre $49-51^\circ\text{C}$

5.2. Cenário B - Equilíbrio Parcial

- **Inicial:** **t2** = 50%, **t3** = 0%, Temp = 25°C , drenos desligados
- **Esperado:** **v2** abre, fluxo até equilíbrio, **r1** liga quando houver água
- **Final:** **t2** $\approx 33,3\%$, **t3** $\approx 66,6\%$, Temp oscilando entre $49-51^\circ\text{C}$

5.3. Cenário C - Proteção contra Refluxo

- **Inicial:** **t2** = 0%, **t3** = 100%, Temp = 25°C , drenos desligados
- **Esperado:** **v2** permanece fechada, **r1** liga, pois existe água em **t3**
- **Final:** Níveis inalterados, Temp oscilando entre $49-51^\circ\text{C}$

5.4. Cenário D - Decisão com Informação Limitada

- **Inicial:** **t2** = 10%, **t3** = 89%, Temp = 25°C , drenos desligados
- **Esperado:** **v2** abre (sm3 não pode garantir que **t2** < **t3**)
- **Final:** Equilíbrio em **t2** $\approx 21,5\%$, **t3** $\approx 43\%$, Temp oscilando entre $49-51^\circ\text{C}$

5.5. Cenário E - Proteção contra Aquecimento a Seco

- **Inicial:** $t_2 = 50\%$, $t_3 = 15\%$, Temp = 50°C , dreno de t_3 ligado
- **Esperado:** Quando t_3 cair abaixo de 10% , r_1 deve desligar imediatamente
- **Final:** t_3 vazio, r_1 desligada, temperatura diminuindo

6. Requisitos de Arquitetura

6.1. Expansão da HAL

- Adicionar interfaces para o sensor de temperatura `st1` (retorno float).
- Adicionar controle para a válvula bidirecional `v2`.
- Adicionar controle para a resistência `r1` (sem delays).
- Manter compatibilidade com componentes das fases anteriores.

6.2. Organização do Código

- **Separação em Camadas:**
 - Camada de Controle: `sm1`, `sm2`, `sm3`, `sm4`
 - Camada HAL: Abstração de sensores e atuadores
 - Camada de Simulação: Física hidráulica e térmica
 - Camada GUI: Visualização e controles

6.3. Tratamento de Erros

- Manter o sistema de detecção de inconsistências de sensores implementado nas fases anteriores.
- Adicionar verificação de temperatura fora de faixa ($<0^\circ\text{C}$ ou $>100^\circ\text{C}$) como indicativo de erro de sensor.
- Em caso de erro, desligar todos os atuadores e sinalizar na interface.

8. Considerações Finais

Esta atividade consolida todos os conceitos trabalhados nas fases anteriores, adicionando complexidade através do controle térmico e da necessidade de tomar decisões com informações parciais. A implementação bem-sucedida demonstrará domínio sobre:



- Projeto de sistemas embarcados em camadas
- Abstração de hardware
- Máquinas de estados complexas e interdependentes
- Controle de processos com histerese
- Simulação de processos físicos múltiplos
- Desenvolvimento de interfaces homem-máquina



(<https://pucpr.instructure.com/courses/57884/modules/items/1398887>).

(<https://pucpr.instructure.com/courses/57884/modules/items/1398887>).