

Análise de Resultados - Projeto Sistema de Controle Fuzzy MISO para Refrigeração em Centros de Dados

Lanna C. e S., Lucas L. Gadbem, Virgínia L. A.

Introdução

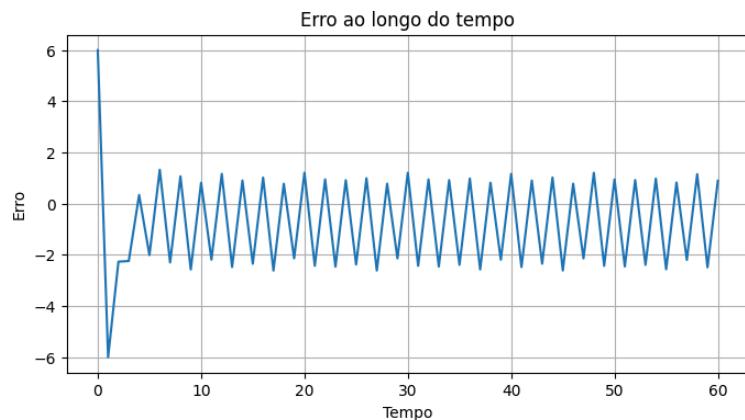
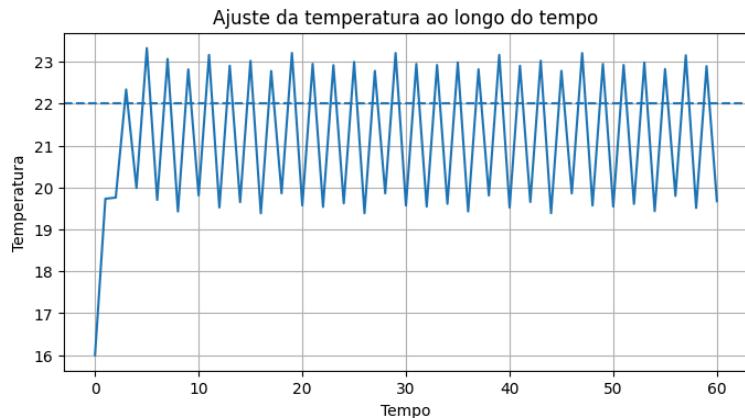
O presente documento tem como objetivo analisar os resultados obtidos, realizando testes de validação do sistema, análise de resposta ante a diferentes cenários, comparação com controladores tradicionais e avaliação de robustez e estabilidade.

Testes de Validação do Sistema

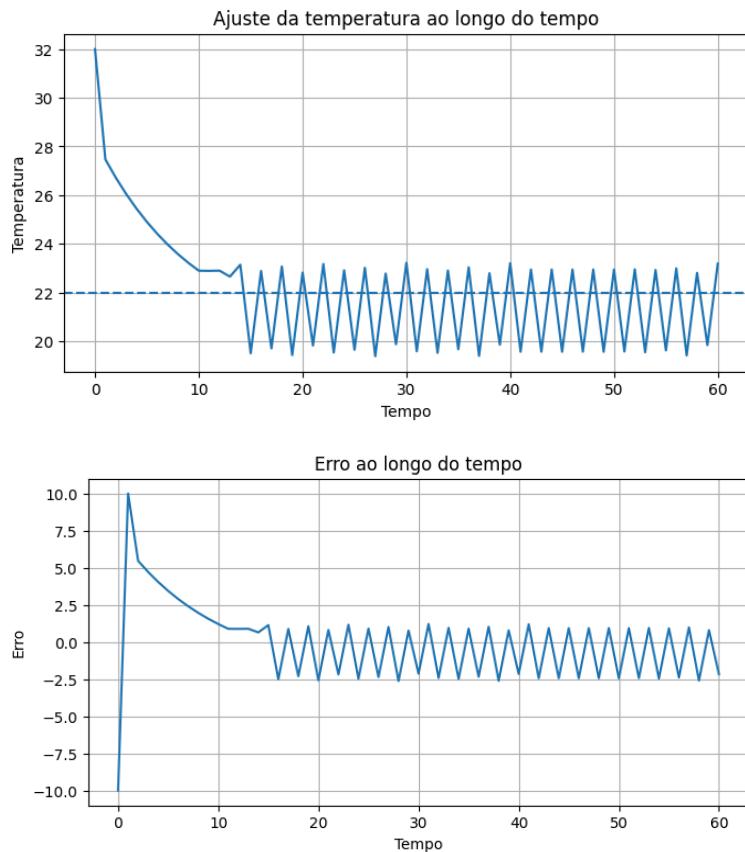
Após a projeção do Sistema de Controle Fuzzy MISO, apresentada na documentação “Relatório de Design”, foram executados alguns testes com valores definidos para o sistema.

Para todos os testes, foram utilizados uma carga térmica típica (40%) e temperatura externa igual à temperatura ambiente (25°C). Os testes executados foram:

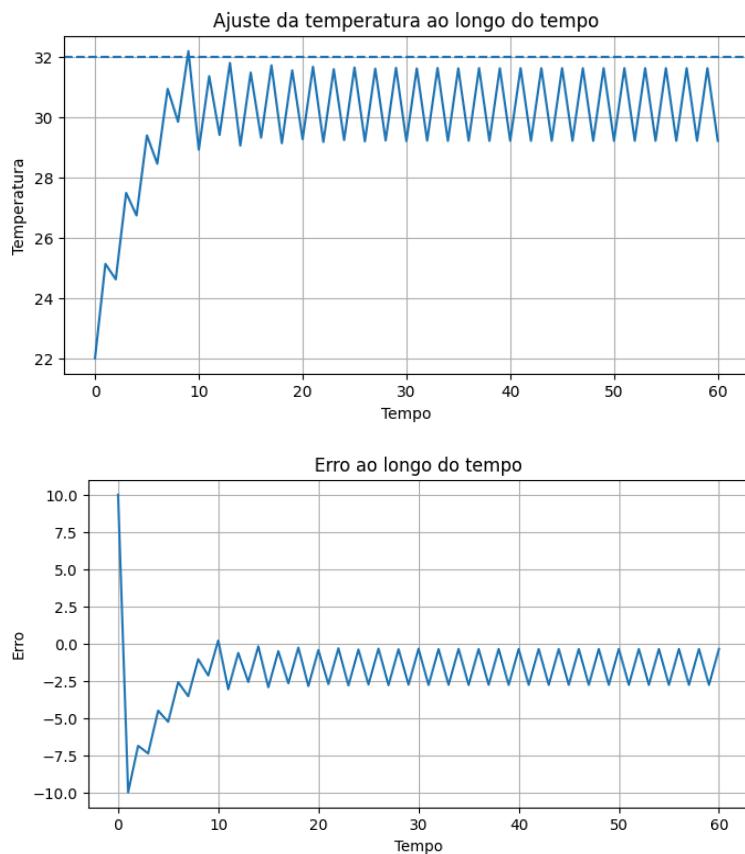
- Setpoint igual a 22°C e temperatura inicial igual a 16°C:



- Setpoint igual a 22°C e temperatura inicial igual a 32°C:

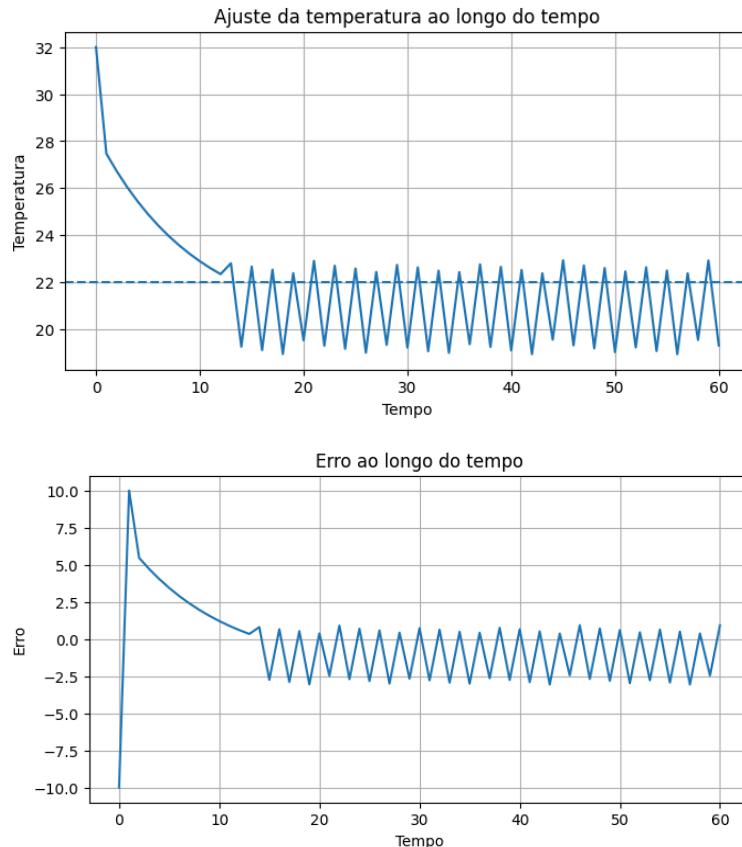


- Setpoint igual a 32°C e temperatura inicial igual a 22°C:

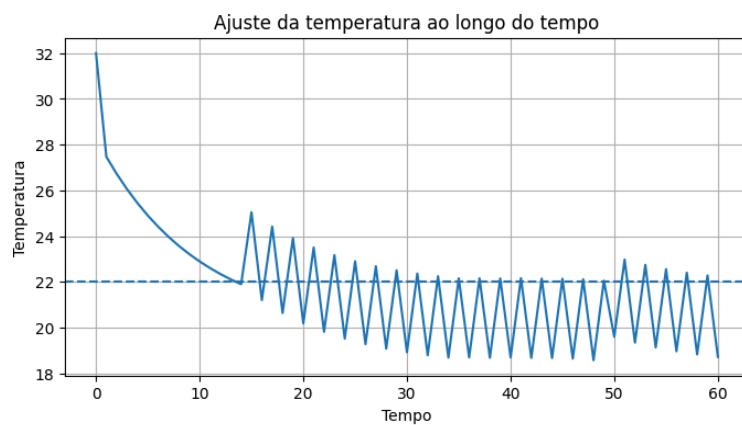


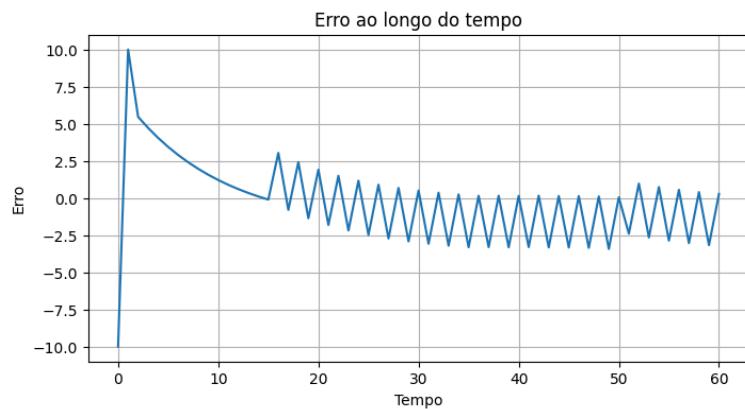
Todos os testes resultaram em uma temperatura de saída com alta variação e com a média diferente do setpoint definido. Dessa forma, foi necessário realizar ajustes na tolerância do erro e realizar novos testes.

Com isso, inicialmente foi diminuída a tolerância para $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$:

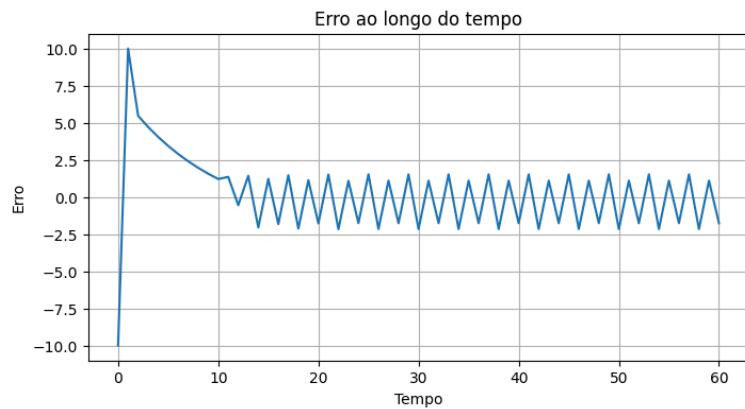
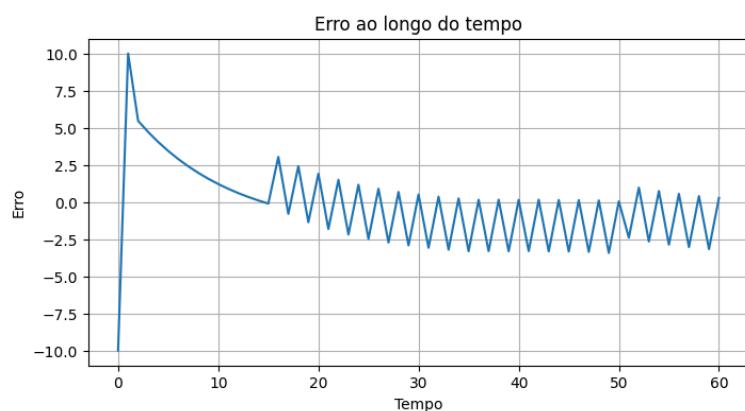


Houve uma diminuição da variação, mas não de forma significativa. Então, foi alterada mais uma vez, diminuindo a tolerância para $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$:

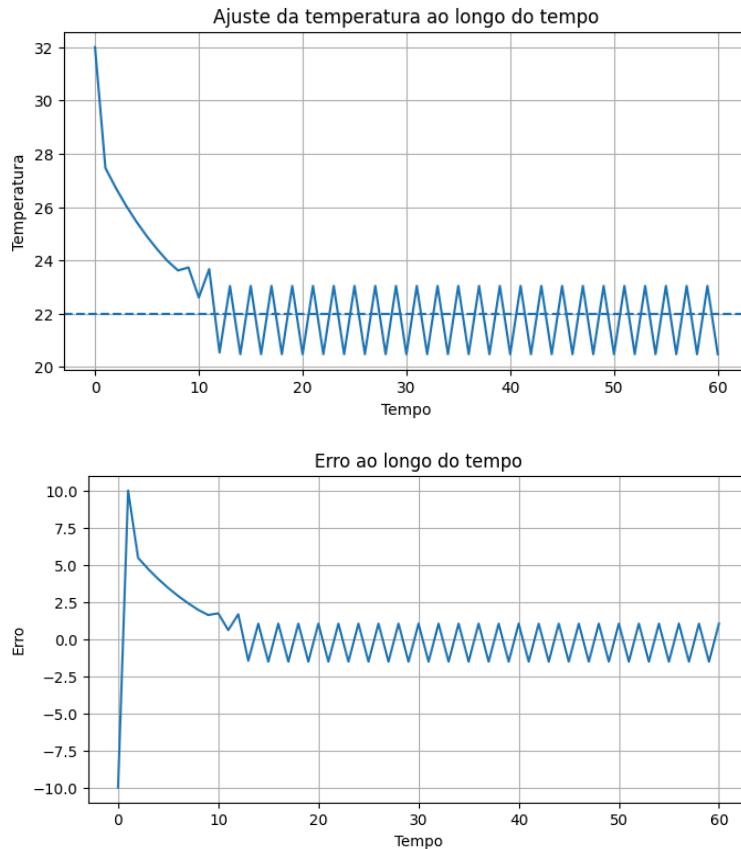




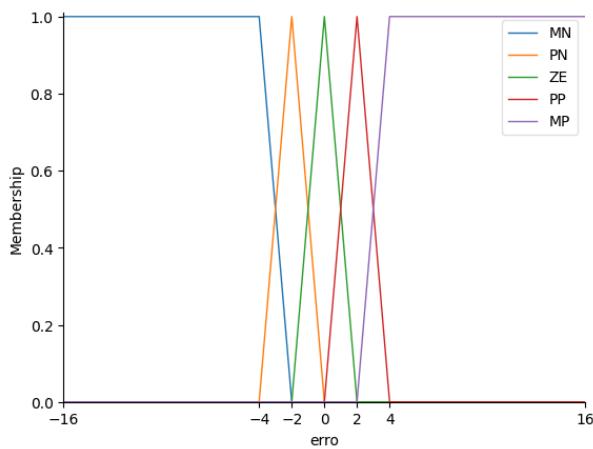
Houve uma grande diminuição da variação, porém resultou em uma instabilidade. Dessa forma, foi decidido aumentar a tolerância para $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$:



Houve uma pequena variação, mas a média se aproximou do setpoint. Então, foi alterada mais uma vez, aumentando a tolerância para $\pm 2^{\circ}\text{C}$:



Com isso, foi conseguido um sistema com uma pequena variação e a média próxima ao setpoint. Sendo assim, o sistema final utilizado possui uma tolerância de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ para o erro, estabelecendo o seguinte gráfico para a variável de entrada Erro:



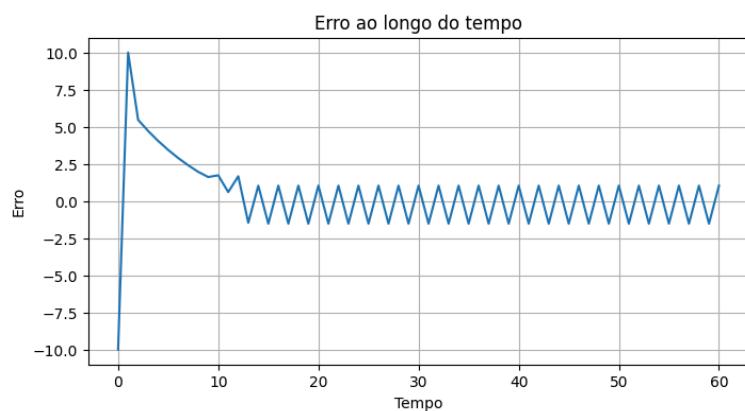
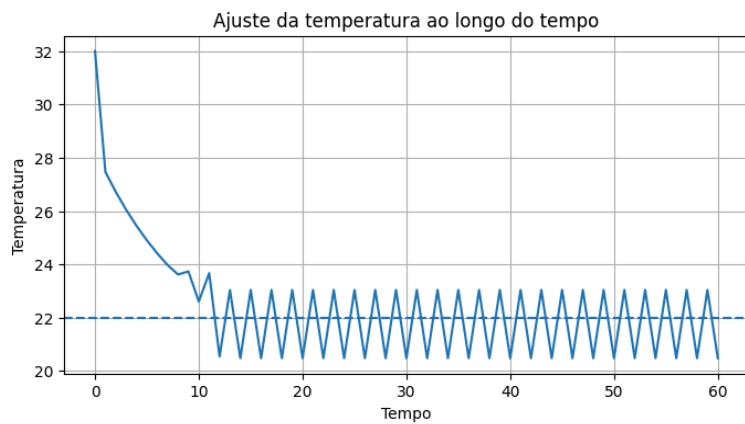
Análise de Resposta Ante a Diferentes Cenários

Após o ajuste na tolerância ao erro, foram realizados novos testes para análise de resposta ante a diferentes cenários:

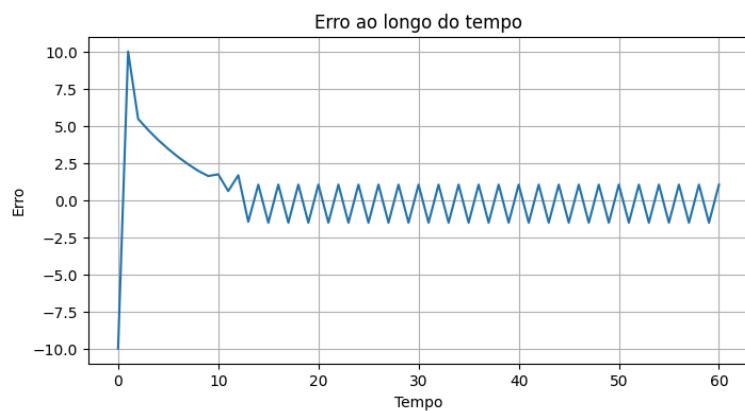
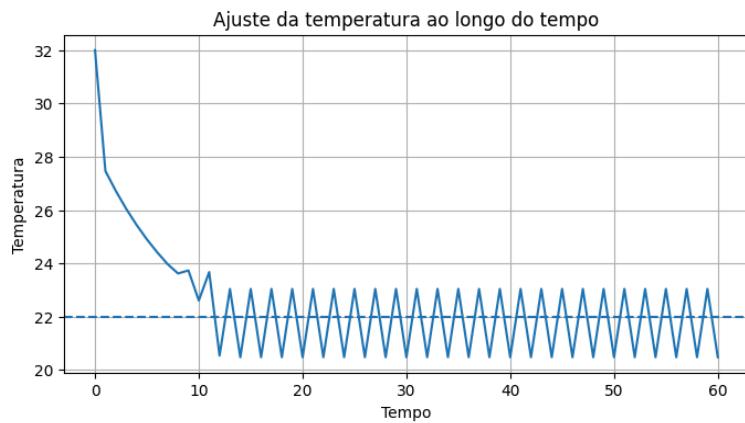
- **Cenário 1** - Dia Comum - temperatura ambiente ($T_{\text{ext}} = 25^{\circ}\text{C}$) e carga típica ($Q_{\text{est}} = 40\%$).

Foram realizados testes em 2 situações:

- Setpoint igual a 22°C e temperatura inicial igual a 16°C :



- Setpoint igual a 22°C e temperatura inicial igual a 32°C

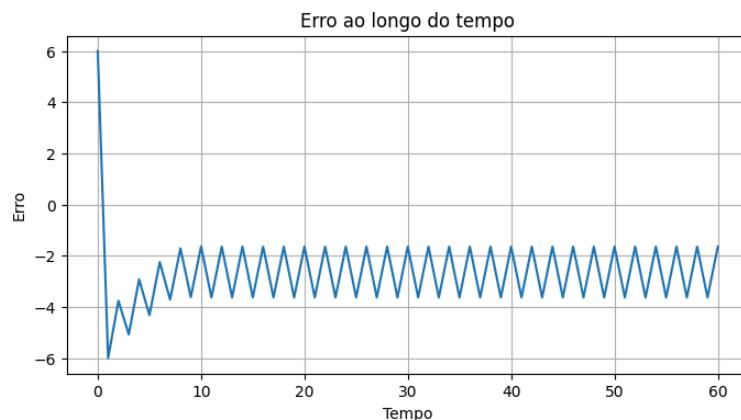
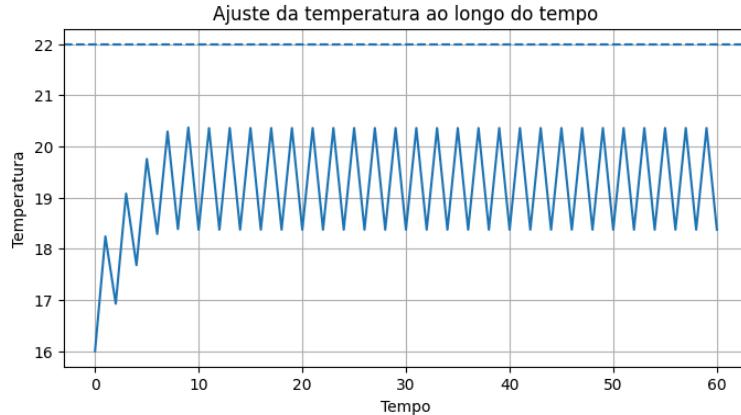


Nesse é o cenário mais comum e o sistema apresenta ótimos resultados.

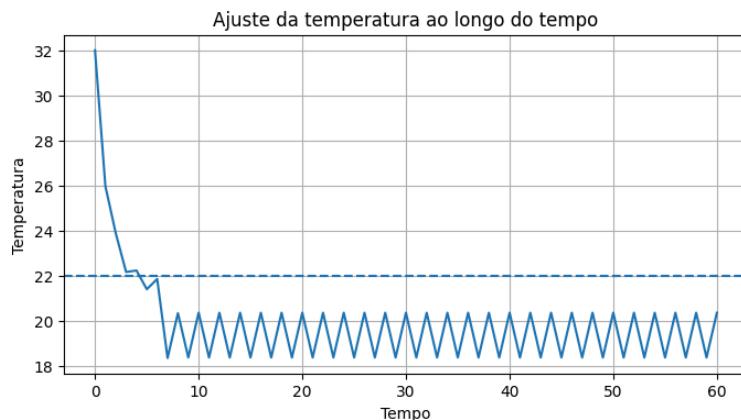
- **Cenário 2 - Madrugada Comum** - temperatura externa mais fria ($T_{ext} = 13^{\circ}\text{C}$) e baixíssimo uso computacional ($Q_{est} = 15\%$).

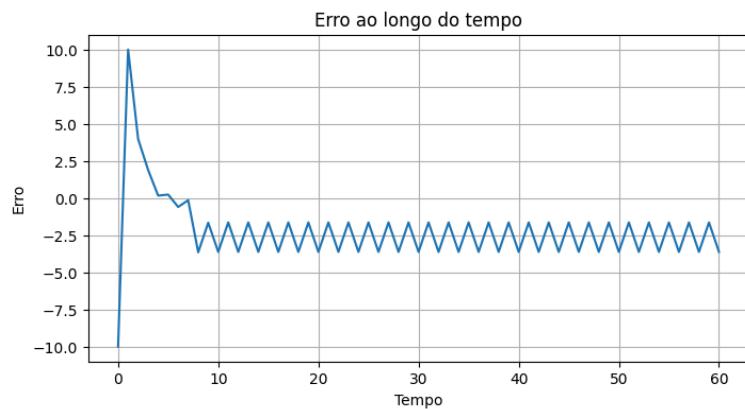
Foram realizados testes em 2 situações:

- Setpoint igual a 22°C e temperatura inicial igual a 16°C :



- Setpoint igual a 22°C e temperatura inicial igual a 32°C :



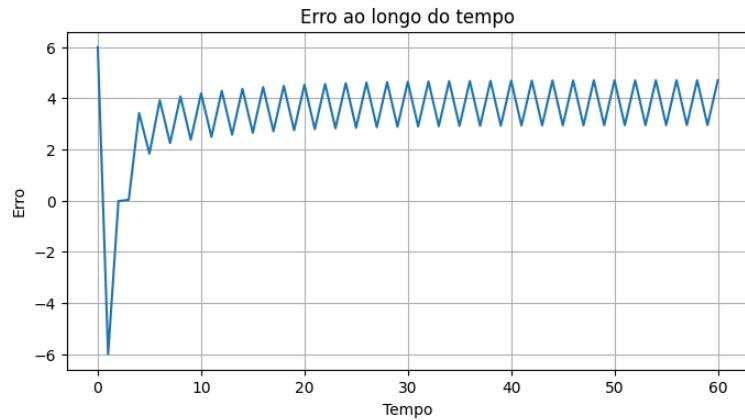
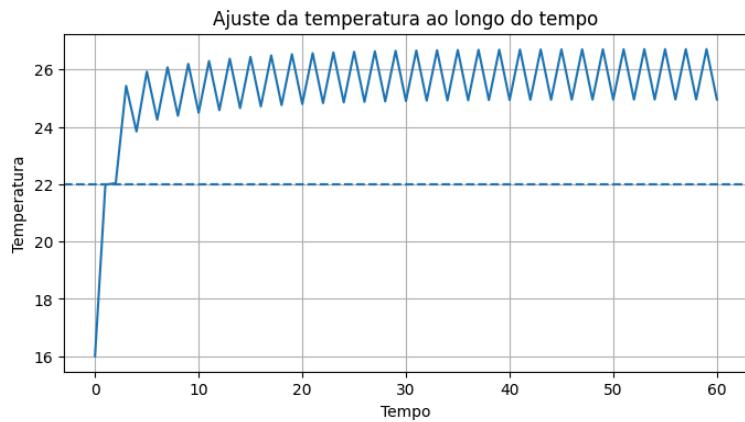


Nesse cenário, por possuir uma temperatura externa muito baixa, a temperatura média fica abaixo do setpoint.

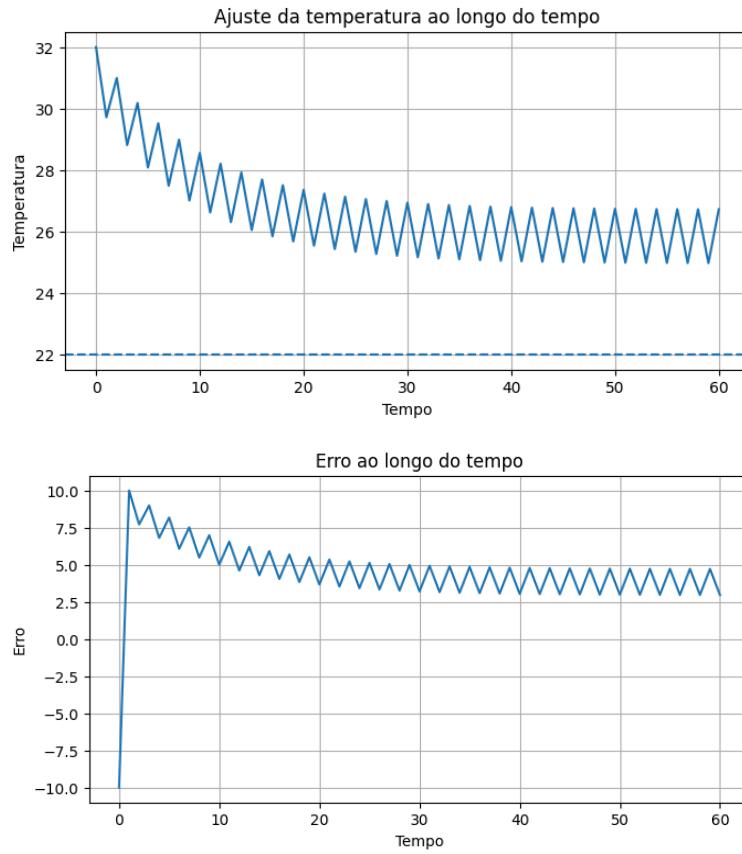
- **Cenário 3 - Dia com Alta Demanda** - temperatura ambiente ($T_{ext} = 25^{\circ}\text{C}$) e alto uso computacional ($Q_{est} = 85\%$).

Foram realizados testes em 2 situações:

- Setpoint igual a 22°C e temperatura inicial igual a 16°C :



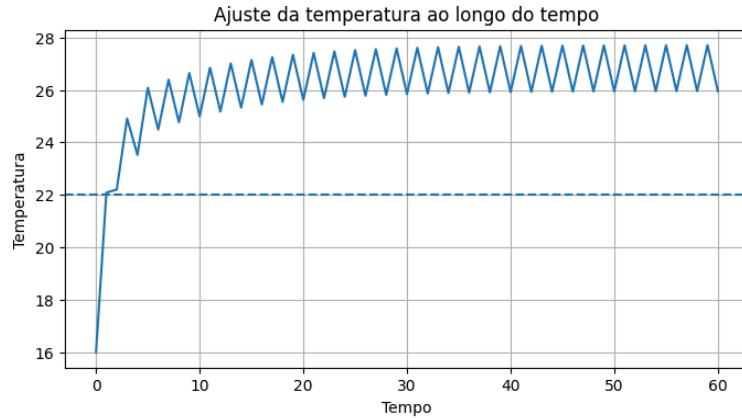
- Setpoint igual a 22°C e temperatura inicial igual a 32°C :

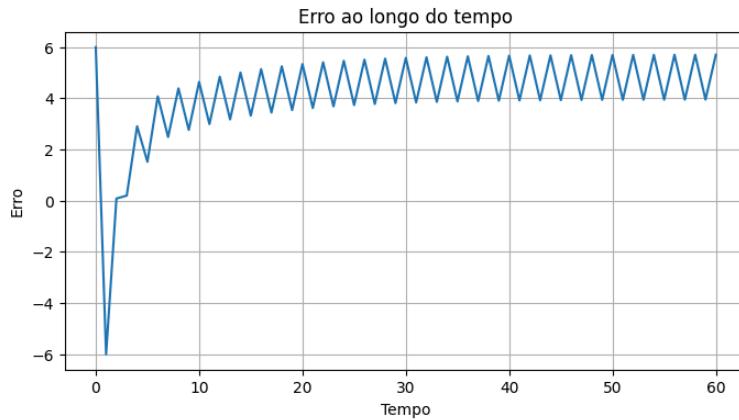


Nesse cenário, por possuir um alto uso computacional, a temperatura média fica acima do setpoint.

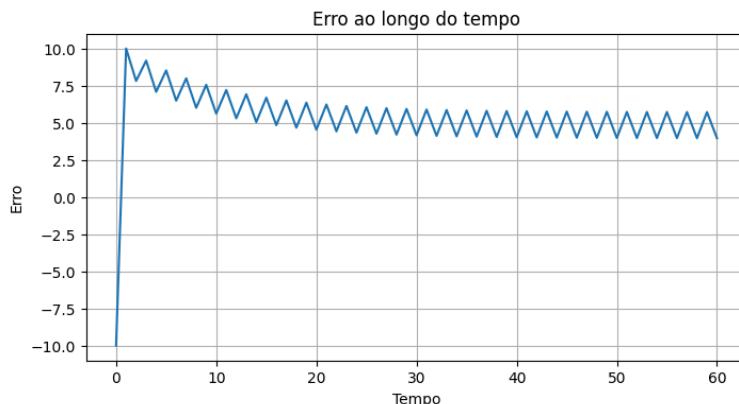
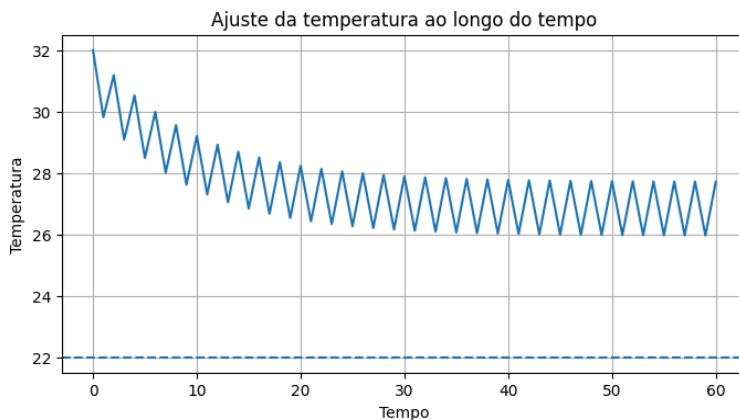
- **Cenário 4 - Dia Quente com Alta Demanda** - temperatura externa alta ($T_{ext} = 30^{\circ}C$) e baixíssimo uso computacional ($Q_{est} = 85\%$).
Foram realizados testes em 2 situações:

- Setpoint igual a $22^{\circ}C$ e temperatura inicial igual a $16^{\circ}C$:





- Setpoint igual a 22°C e temperatura inicial igual a 32°C:



Nesse cenário, por possuir uma temperatura externa alta e um alto uso computacional, a temperatura média fica muito acima do setpoint.

Comparação com controladores tradicionais

Os controles tradicionais, para serem aplicados, necessitam de conhecimento do modelo e a função objetivo formulada em termos preciso. Dessa forma, torna-se muito difícil aplicá-los em muitos casos. Por outro lado, ao aplicar a lógica fuzzy para controle, é utilizado o conhecimento e a experiência humana para projetar o controlador.

Logo, no cenário de refrigeração em centros de dados, que não possui critérios de associação precisamente definidos, os controladores fuzzy tornam-se melhores utilizados para a projeção do controlador desse cenário.

Avaliação de robustez e estabilidade

O controlador fuzzy demonstrou grande estabilidade e robustez para o cenário mais comum, o dia comum, com temperatura ambiente ($T_{ext} = 25^{\circ}\text{C}$) e carga típica ($Q_{est} = 40\%$), como foram apresentados nos testes acima.

Nos demais cenários de teste, o sistema apresentou estabilidade, porém não conseguiu se estabilizar tão próximo do setpoint quanto desejado, tendo uma menor robustez.