

Inatel	Roteiro #6	Turma: C213 _____	Data:
	C213 – Sistemas Embarcados		
Objetivo: Estudar os métodos Clássicos de Smith e Sundaresan para Identificação de Sistemas.			
Nome:			

Métodos Clássicos de Identificação de Sistemas de Controle

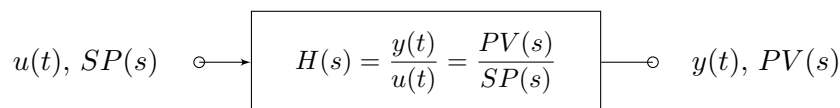
Métodos de Smith, Sundaresan e Métricas de Comparação

1 Identificação de Sistemas

Identificação é o processo de modelagem matemática que descreve o comportamento de sistemas dinâmicos a partir de dados experimentais. As etapas envolvem coletar amostras de entrada e saída do sistema ao longo do tempo, ajustar um modelo e validar sua precisão, utilizando métodos como resposta ao degrau ou técnicas de otimização. O objetivo é representar o sistema de forma que facilite o controle e análises de estabilidade.

O ensaio para coletar os dados do processo é realizado, geralmente, em malha aberta, com uma entrada $u(t)$ - normalmente um degrau, gerando impulsos na saída no sistema.

Figura 1: Sistema de Controle em Malha Aberta.



2 Métodos Clássicos de Identificação

Os métodos de Smith e Sundaresan são técnicas de Identificação de Sistemas que ajustam modelos de primeira ordem com atraso de transporte a partir das amostras coletadas, estimando parâmetros como o tempo morto θ , constante de tempo τ e ganho estático k a partir da resposta a um degrau de amplitude Δu .

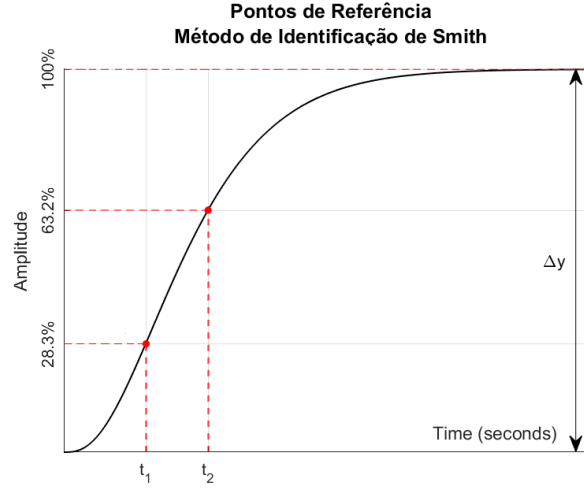
$$H(s) = \frac{PV(s)}{SP(s)} = \frac{k}{\tau s + 1} \cdot e^{-\theta s}, \text{ com } k = \frac{\Delta y}{\Delta u}$$

2.1 Método de Identificação de Smith

A partir da curva de resposta ao degrau, o método de Smith traça uma linha tangente na inflexão da curva entre as amostras de amplitude 28.3% e 63.2% do valor final. As referências de tempo para essas amplitudes são utilizadas para determinar os parâmetros do sistema de primeira ordem, proporcionando uma aproximação para sistemas com atraso.

$$\tau = 1.5 \cdot (t_2 - t_1) \qquad \theta = t_2 - \tau$$

Figura 2: Proposta para o Método de Identificação de Smith.

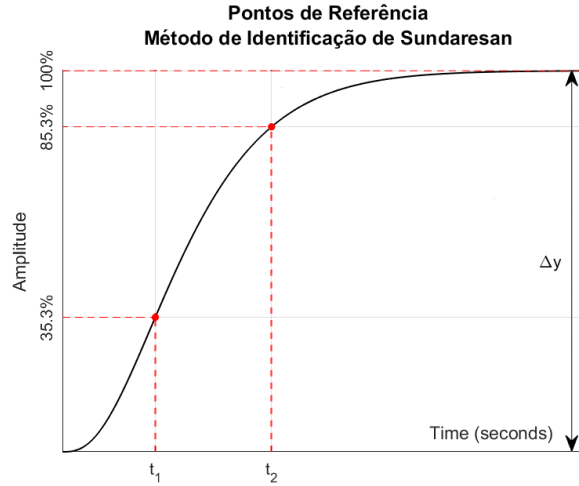


2.2 Método de Identificação de Sundaresan

O método de Sundaresan oferece uma forma de identificar parâmetros de sistemas com atraso sem depender de tangentes, considerando as amostras de amplitude 35.3% e 85.3% de sua resposta final. As referências de tempo para essas amplitudes são utilizadas para determinar os parâmetros do sistema de primeira ordem, sendo menos sensível a ruídos.

$$\tau = \frac{2}{3} \cdot (t_2 - t_1) \quad \theta = 1.3t_1 - 0.29t_2$$

Figura 3: Proposta para o Método de Identificação de Sundaresan.



3 Métricas de Avaliação de Identificação

Sejam $y(t)$ e $\hat{y}(t)$ as N amostras de saída dos processos experimental e identificado, respectivamente. O Erro Quadrático Médio (EQM ou MSE, do inglês *Mean Square Error*) é uma métrica de avaliação de erro do processo de identificação que considera a diferença quadrática entre as amostras, afim de evitar que erros opostos e de mesma magnitude se anulem e enfa-

tizar erros de maior magnitude, de forma que:

$$EQM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [\hat{y}_i(t) - y_i(t)]^2}{N}}$$

O método que melhor se ajusta ao processo experimental possui o menor EQM.

Proposta - Função para Identificação de Processos no MATLAB

Utilizando o *software* MATLAB, criar uma [function](#) para realizar a Identificação de Sistemas de Controle a partir dos dados coletados do ensaio de amostragem: Degrau, Instantes de Amostragem e Amplitude de Saída. Utilize o escopo a seguir como sugestão de definição da função, com parâmetros e *Documentation Block* já definidos.

```
function identificacao = IdentificacaoSistemas(Step, Time, Output, Method)

% IdentificacaoSistemas identifies control systems using the Smith or Sundareshan
% methods based on test data, considering a first-order model with transport delay.
%
% identificacao = IdentificacaoSistemas(Step, Time, Output, Method) performs system
% identification based on the step response with amplitude Step and the output
% samples Output over the sampling times Time.
% The default method is 'Smith'.
%
% Inputs:
% - Step (scalar): amplitude of the input step. Must be finite, non-zero number.
% - Time (array): sampling time points of the process. Must be non-empty.
% - Output (array): output samples of the process at the given sampling times.
% Must be non-empty.
% - Method (str): identification method to be used, 'Smith' (default) or
% 'Sundareshan'. Must be a valid string.
%
% Output:
% - identificacao (map): structure containing the identified system parameters.
end
```

Para desenvolvimento da função:

- seja Method o parâmetro que indica o Método de Identificação na chamada da função. Opcionalmente, crie duas funções, uma para cada método (não recomendado);
- seja Step um escalar que indica a amplitude do Degrau de entrada, $u(t)$. Para sistemas com presença de ruído, a amplitude do Degrau é a média das amostras do processo;
- valide adequadamente os parâmetros da função com [arguments](#), estruturas condicionais ou `validateattributes`. Opcionalmente, personalize as mensagens no tratamento das exceções (recomendado).
- defina o retorno da função conforme desejado: `list`, `struct` ou `map`.

Após validar a função, utilize o *dataset* EnsaioTemperaturaMA.mat para realizar a identificação do processo pelos métodos de Smith e Sundaresan e averiguar a melhor aproximação. Plote o gráfico que compara os dados reais com o sistema identificado. Os resultados esperados para a identificação deste sistemas são apresentados nas Figuras 4 e 5.

É observado que o Erro Quadrático Médio para o Método de Smith é 0.2172 e menor que 0.7046 para o Método de Sundaresan. Para este sistema, a função de transferência pelo método de Smith é mais adequada, pois apresenta o menor EQM.

$$H_{\text{Smith}}(s) = \frac{1.765}{107.7s + 1} \cdot e^{-18.5s} \quad H_{\text{Sundaresan}}(s) = \frac{1.765}{99.4s + 1} \cdot e^{-23.3s}$$

Figura 4: Resposta ao Degrau da Identificação de Smith.

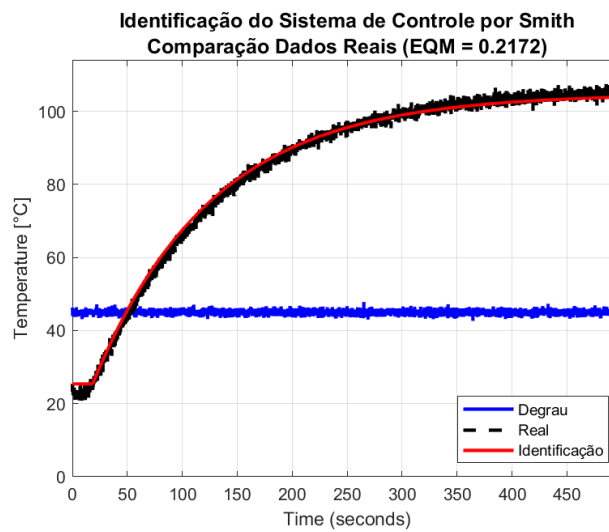


Figura 5: Resposta ao Degrau da Identificação de Sundaresan.

