

## Estudo aplicado às respostas de controle obtidas durante o processo de mistura de uma planta didática industrial

### Study applied to control responses obtained during the mixing process of an industrial didactic plant

#### RESUMO

João Victor Cruz de Mendonça  
[joaomendonca@alunos.utfpr.edu.br](mailto:joaomendonca@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Cornélio Procópio,  
Paraná, Brasil

Wagner Endo  
[wendo.utfpr@gmail.com](mailto:wendo.utfpr@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Cornélio Procópio,  
Paraná, Brasil

O artigo descreve o processo de mistura de água fria com água quente dentro de um tanque de uma planta industrial didática localizada na UTFPR de Cornélio Procópio. Os tanques de mistura são muito utilizados em diversas indústrias que manipulam produtos químicos, podendo ser usados para preparação de produtos ou mistura de substâncias, uma de suas principais vantagens é poder trabalhar com os líquidos químicos de forma segura e eficiente em grande escala. No decorrer do trabalho, são citados os elementos do processo detalhadamente além de seus dados e análises obtidas durante o estudo aplicado às respostas de controle da planta, assim como seus gráficos e diagramas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem. Controlador. Processos.

#### ABSTRACT

The article talks about the process of mixing cold water with hot water inside a tank of a didactic industrial plant located in the UTFPR of Cornélio Procópio. The mixing tanks are widely used in several industries that handle chemical products, and can be used for preparation of products or mixture of substances, one of its main advantages is being able to work like chemical liquids safely and efficiently on a large scale. In the course of the work, the elements of the process are cited in detail in addition to their data and analyzes obtained during the study applied to the plant's control responses, as well as their graphs and diagrams.

**KEYWORDS:** Modeling. Controller. Tactics.

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

Desde a segunda metade do século XVIII o homem já tentava avançar no campo da automação quando o sistema de produção agrário e artesanal da Inglaterra se transformava em industrial (SANTOS,2017).

Mas, somente no início do século XX, devido a necessidade de aumento na produção e produtividade, os sistemas se tornaram inteiramente automáticos. Foi então que surgiram as máquinas com capacidade de produzir com maior rapidez e precisão, comparado com o trabalho feito à mão, e a utilização do vapor como fonte de energia, em substituição à energia muscular (manual) e hidráulica (SANTOS,2017).

O processo analisado durante o trabalho é o de mistura, que ocorre dentro do tanque de mistura de uma planta didática industrial. O método de controle utilizado no processo é o controle em cascata, que é um sistema de controle e monitoramento de processos que combina controladores primários e secundários em um só dispositivo com o objetivo de regular aplicações com duas ou mais capacidades, ou seja, um controlador mestre e um escravo. No caso do projeto, os controladores são de antecipação e de realimentação.

## PROCESSOS DE PRIMEIRA ORDEM

O modelo mais comum, geralmente encontrado em processos industriais é caracterizado pela seguinte função de transferência:

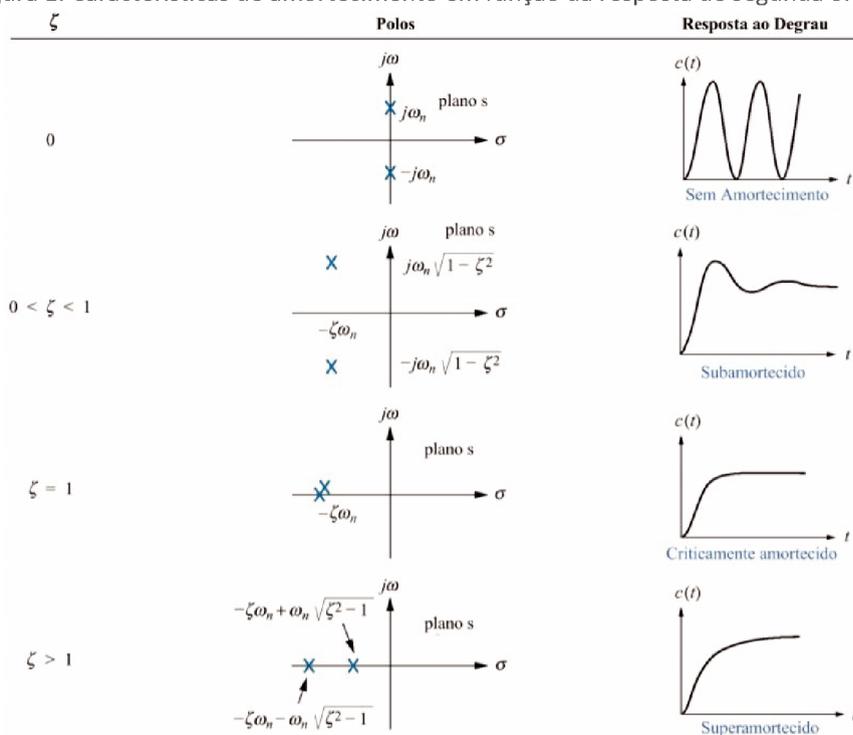
$$G_p(s) = \frac{K}{\tau s + 1} e^{-\theta s} \quad (1)$$

## PROCESSOS DE SEGUNDA ORDEM

Um sistema de segunda ordem exibe uma ampla variedade de respostas comparado com os sistemas de primeira ordem. Essas variações nos parâmetros de um sistema de segunda ordem podem alterar a forma da resposta.

Na figura 1 é possível observar as diferenças de cada forma de resposta através de gráficos.

Figura 1: Características de amortecimento em função da resposta de segunda ordem.



Fonte: (NISE, 2002).

A função de transferência abaixo mostra a representação matemática de um sistema de segunda ordem subamortecido:

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (2)$$

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ARQUITETURA DA PLANTA DIDÁTICA INDUSTRIAL

A Planta Didática Industrial, mostrada na figura 2, fica situada no Laboratório de Instrumentação e Processamento de Sinais (sala G103) da UTFPR, Câmpus Cornélio Procópio, foi adquirida em 2009 com recursos do REUNI, programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais.

Este trabalho possibilitou a análise de um sistema físico real (Planta Didática) e o estudo do funcionamento de suas topologias de controle. As malhas de controle são configuradas em uma mesma estrutura física montada, somente com mudanças na configuração dos controladores e instrumentos.

Figura 2: Planta Didática 3 SMAR - Laboratório de Instrumentação e Controle - UTFPR Cornélio Procópio.



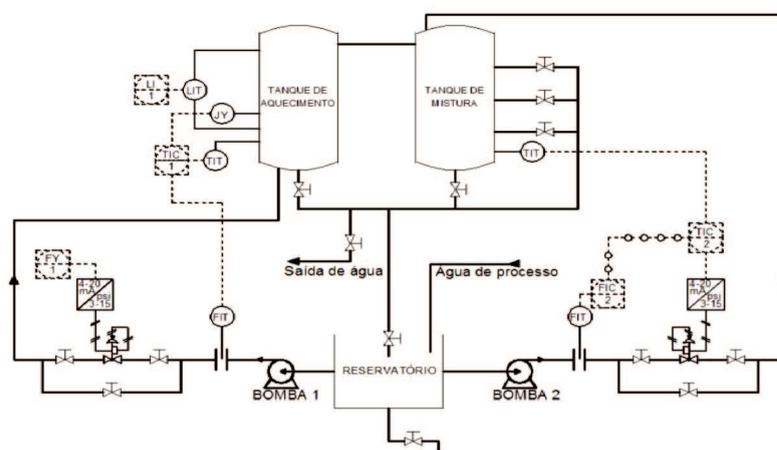
Fonte: Autoria própria (2019).

### DIAGRAMA DE TUBULAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO (P&ID)

Na Planta Didática pode-se observar dois processos implementados: processo de aquecimento e processo de mistura. O trabalho foca no processo de mistura.

A figura 3 mostra o diagrama de tubulação da planta, onde é possível observar a esquerda o tanque de aquecimento e a direita o tanque de mistura.

Figura 3: Diagrama de tubulação e instrumentação da Planta Didática.



Fonte: Autoria própria (2020).

## SISTEMA DE SUPERVISÃO

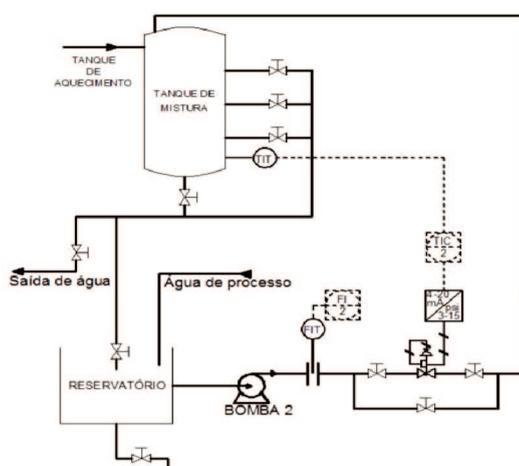
O sistema de supervisão utilizado no trabalho é o ProcessView, ele é componente do sistema de Automação e Controle System302, trata-se de uma família de soluções de software baseadas nas arquitetura OPC e Cliente/Servidor destinadas a IHM bem como supervisão e controle de processos.

Dentre os softwares componentes do ProcessView destacam-se o GraphWorX, utilizado na criação de telas animadas, o TrendWorX, destinado à coleta de dados em tempo real, o AlarmWorX utilizado no gerenciamento global de alarmes e eventos ocorridos na planta.

## CONTROLE POR REALIMENTAÇÃO

A figura 4 mostra o diagrama de tubulação e instrumentação que representa a topologia do controlador por realimentação na planta didática.

Figura 4: Diagrama de tubulação e instrumentação da topologia do controlador por realimentação na planta didática.



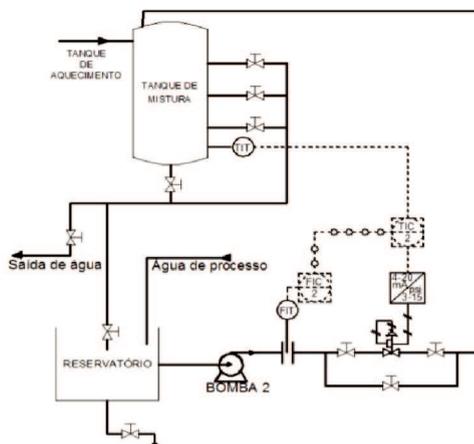
Fonte: Autoria própria (2020).

## CONTROLE EM CASCATA

O controle em cascata atua de forma corretiva no sistema antes que a primeira variável de controle seja prejudicada. Na planta, é uma forma de controle de temperatura no tanque de mistura que compensa as variações do fluxo de água fria.

A figura 5 mostra a topologia de controle em cascata na planta por meio do diagrama de tubulação.

Figura 5: Diagrama de tubulação e instrumentação da topologia de controle em cascata na planta didática.



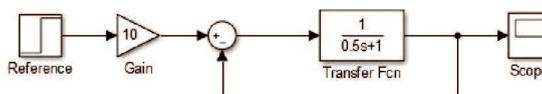
Fonte: Autoria própria (2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro passo do projeto foi fazer uma esquematização da planta industrial, para deixar de forma clara e didática cada processo realizado e cada medição que seja possível tirar uma função de transferência.

O seguinte passo, mostrado na figura 6, foi desenvolver um diagrama de blocos no Simulink de uma função de transferência de primeira ordem, em uma malha aberta, visando o modelo que futuramente vai ser obtido matematicamente da planta.

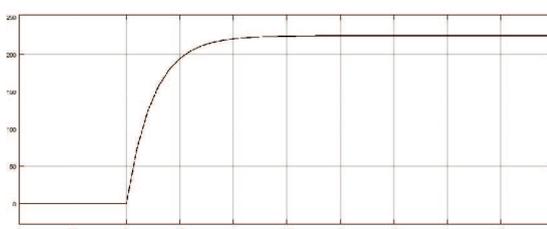
Figura 6: Diagrama de blocos de uma função de transferência de primeira ordem.



Fonte: Autoria própria (2020).

A figura 7 mostra o gráfico obtido através da função de transferência.

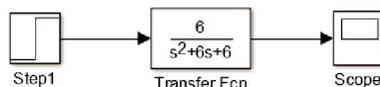
Figura 7: Gráfico do sistema de primeira ordem obtido.



Fonte: Autoria própria (2020).

O outro modelo que pode ser obtido nos parâmetros da planta industrial é a função de transferência de segunda ordem. A função de transferência buscada no decorrer do projeto foi a com resposta superamortecida, por ter características de estabilização precisa e rápida. Após testes e desenvolvimentos matemáticos o modelo adequado foi o da figura 8.

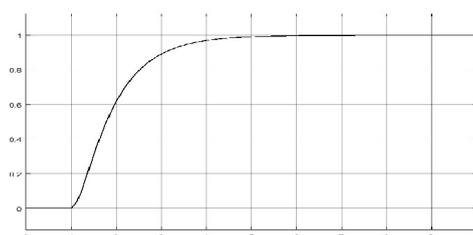
Figura 8: Diagrama de blocos de um sistema em malha aberta com função de transferência de segunda ordem.



Fonte: Autoria própria (2020).

O resultado gráfico obtido pode ser visualizado na figura 9.

Figura 9: Gráfico da função de transferência mostrada na figura 8.



Fonte: Autoria própria (2020).

O passo mais recente no decorrer do projeto foi o de desenvolvimento e análise de resultados do diagrama de blocos do processo de mistura na íntegra, incluindo os controladores, todos os indicadores, e perturbações. O diagrama foi realizado mas ainda precisa de atualizações com alterações que devem ser feitas após dados serem coletados diretamente da planta.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado um estudo sobre as topologias de controle do processo de mistura de uma planta didática industrial.

Cada atuador, válvula, e sensor pode ser analisado, registrado e estudado visando a melhoria do projeto no geral. Além de que existem fatores externos como temperatura ambiente, e limpeza de tubulações, que variam no laboratório, e quando levadas em consideração alteram consideravelmente os resultados.

O intuito final é se aprofundar no tema e abranger o máximo possível de conhecimento não só na planta industrial didática, mas no processo de mistura,

que em escalas maiores são muito utilizados em indústrias e esse conhecimento será muito útil futuramente.

## REFERÊNCIAS

Dos Santos, F. H.C. **Introdução às Estratégias de Controle**. Curitiba, PR: Editora Unioeste, 2010. p. 13-32.

SOUZA, L. C. A.; FILHO, C. S.; PENA, R. T. **Padrão de acesso a dados OPC e sua implementação em um driver OPC-Modbus**. 1999. Disponível em: <http://www.delt.ufmg.br/seixas/PaginaSDA/Download/DownloadFiles/PadraoOPC.PDF>.

Maestrelli, Rafael. **Análise de Estabilidade e Síntese de Controladores para Sistemas de Controle via Rede**. Florianópolis, SC : Editora UFSC, 2016. p. 70- 140.

SANTOS, G. **O que é Automação Industrial?**. 2017. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/o-que-e-automacao-industrial/#:~:text=Vale%20a%20pena%20destacar%20que,Inglaterra%20transformava%20e%20em%20industrial.&text=Entretanto%20os%20pr%C3%B3prios%20v%C3%A1rios%20possuem,Fechar%20as%20portas>.

Velki. **Controle em cascata - Entenda o que é e como funciona esse sistema de regulação**. 2020. Disponível em: <https://velki.com.br/pt/blog/aprenda-com-a-velki/controle-em-cascata---entenda-o-que-e-e-como-funciona-esse-sistema-de-regulagem#:~:text=Compartilhe%3A,com%20duas%20ou%20mais%20capacidades>.