

## MODELAGEM DA MALHA DE CONTROLE DE NÍVEL DA PLANTA DIDÁTICA “MPS-PA – ESTAÇÃO COMPACTA” DA FESTO

**Elisabete Guedes Conceição**<sup>1</sup> -guedeselisabete@hotmail.com

**Poliana Pastorele da Silva Quirino**<sup>2</sup>- polipastorele@gmail.com

**Oberdan Rocha Pinheiro**<sup>3</sup> - oberdan.pinheiro@gmail.com

<sup>1</sup>Centro Universitário SENAI CIMATEC - Salvador, BA, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia IndustrialPEI - Salvador, BA, Brasil

<sup>3</sup>Centro Universitário SENAI CIMATEC - Salvador, BA, Brasil

**Resumo:** Na automação industrial, o controle de processos tem o objetivo de propor maior confiabilidade ao sistema, por isso o presente trabalho pretende realizar um estudo sobre um sistema de controle de nível, simulando o processo em malha fechada, a fim de testar as estratégias PID (Proporcional Integral Derivativo). A dinâmica do processo foi obtida através da perturbação do tipo degrau na variável manipulada, obtendo a “curva de reação” da planta, onde foram obtidos os parâmetros das funções de transferência. De posse desses dados, foram aplicados os controladores PI (Proporcional Integral) e o método de sintonia IMC (Internal Model Control). Por fim, algumas simulações foram realizadas a fim de analisar a resposta do nível para os casos de problema servo e regulatório.

**Palavras-Chaves:** Automação; Nível; Sistema de Controle; Sintonia.

## MODELING OF THE LEVEL CONTROL MESH OF THE FESTO "MPS-PA - COMPACT STATION" DIDACTIC PLANT

**Abstract:** In industrial automation, the control of processes has the objective of proposing greater reliability to the system therefore the present work intends to carry out a study on a level control system, simulating the process in closed loop, in order to test the PID (Proportional integral derivative) strategies. The dynamics of the process was obtained through the step-type disturbance in the manipulated variable, obtaining the "reaction curve" of the plant, where the parameters of the transfer functions were obtained. With this data, the PI (Proportional integral) controllers and the IMC (Internal Model Control) tuning method were applied. Ultimately, some simulations were performed in order to analyze the response of the level to the servo and regulatory problem cases.

**Keywords:** Automation; Level; Control System; Tuning;

## 1. INTRODUÇÃO

A Automação é usada em diversas áreas tais como: petroquímica, automobilística, energia eólica, domótica, entre outras. Dentre as várias vantagens que se podem citar da automação, uma das principais é a substituição do trabalho manual pelo trabalho mecanizado, de forma a garantir à empresa uma maior confiabilidade do desenvolvimento dos seus processos e uniformidade de seus produtos, além de um menor desgaste do trabalhador, evitando assim tarefas repetitivas [1].

O avanço significativo da automação nos últimos anos é visto como condição vital para qualquer empresa que possua um plano de desenvolvimento permaneça no mercado com uma alta competitividade [2]. Intrínseco à automação está o sistema de controle automático, que basicamente é caracterizado para manter o sinal de saída no valor especificado (*setpoint*), comparando ao valor do sinal de entrada, ou a condição a controlar, com o valor desejado e fazendo as correções em função do desvio existente entre estes dois valores [3].

Em geral, num ambiente industrial é comum haver diversas malhas de controle, controlando as variáveis mais relevantes do processo, como por exemplo, o nível de um reservatório, temperatura de um forno siderúrgico, monitoramento da pressão em uma tubulação, dentre outras. Em muitas situações, essas variáveis apresentam-se entrelaçadas dentro de uma única malha, gerando um sistema robusto. Com isso é indispensável uso de diferentes tipos de controladores, levando em consideração a complexidade do sistema [4].

Possivelmente uma das características mais relevantes da engenharia de controle atualmente, é a oportunidade de controlar máquinas e processos industriais para o benefício da sociedade [1]. Desse modo, o desenvolvimento de estudos voltados para essa área, a fim de melhor compreendê-los, sempre são válidos, pois a indústria sempre buscará fornecer produtos cada vez mais confiáveis e exatos. Este artigo tem como propósito estabelecer qual venha a ser o melhor algoritmo de controle para a malha de nível é definir um método desintonia que atenda aos requisitos de desempenho satisfatório para planta didática.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho em questão teve seu desenvolvimento teórico baseado em pesquisas realizadas através de livros, teses, artigos e dissertações, foi consultado também o site do fabricante da planta escolhida para o estudo de caso. As simulações foram realizadas com suporte prático da estação “MPS-PA – Estação Compacta” da Festo, disponibilizada no laboratório de Sistemas Embarcados, localizado na Faculdade ÁREA1. A estação apresenta uma representação, em escala piloto, de uma planta industrial de controle de processos, sendo constituída por sensores, atuadores, CLP, motores, bomba, dentre outros. O controle da bancada é feita através de um controlador lógico programável (CLP) da Festo CPX-FEC. O CLP possui dois cartões com entradas e saídas digitais e três cartões com entradas e saídas analógicas. A comunicação entre a bancada e o CLP é feita através de uma placa I/O com conversores de sinais.

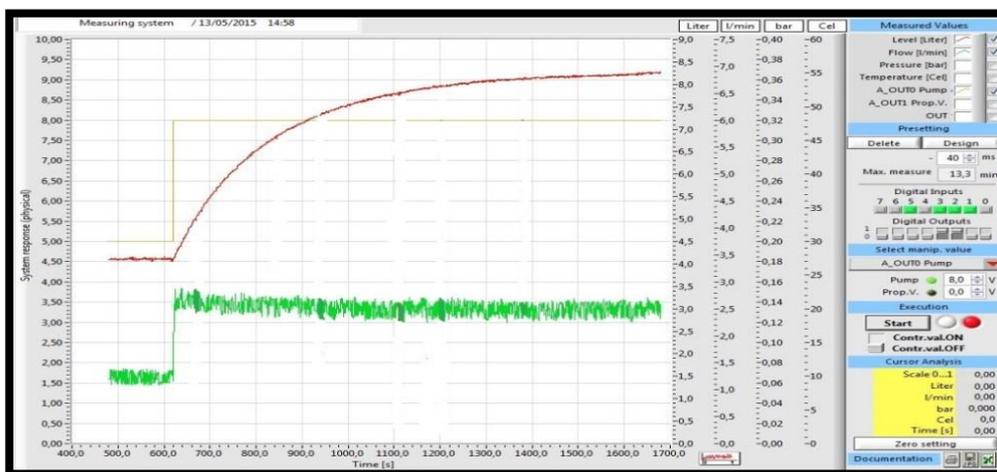
## 2.1. Dinâmica do Processo

A função de transferência da planta foi conseguida através do método da “curva de reação do processo”. O método consiste em aplicar uma perturbação do tipo degrau na variável manipulada, que neste caso é a vazão, através da rotação do motor (volts) para obter a curva que corresponde à resposta do processo, ou seja, como se comporta a variável controlada, o nível.

Em condições estacionárias (utilizando a rotação do motor a 50%, que equivale a 5 volts), o processo recebeu uma perturbação do tipo degrau na variável manipulada de + 30% (variação da rotação do motor de 50% para 80%, 5v para 8v). Essa primeira curva de reação, figura 1, obtida servirá como estimativa para calcular a função de transferência do processo, já as demais perturbações feitas no sistema, servirá para a validação da função de transferência, utilizando a função *idproc* disponível no *toolbox* de identificação de sistema do MATLAB.

De acordo com a figura 1, a linha amarela refere-se à rotação do motor (volts), a linha verde refere-se à vazão (l/min) e a linha vermelha ao nível (litros).

Figura 1. Curva de reação no Fluidlab.



A característica de resposta obtida nessa curva de reação da malha de nível é pertinente a um sistema de primeira ordem, que pode ser representado pela função de transferência abaixo:

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} (1)$$

Depois de feita a análise da figura 1, a função de transferência encontrada a fim de estimativa dessa malha foi:

$$G(s) = \frac{3,3}{200s + 1} (2)$$

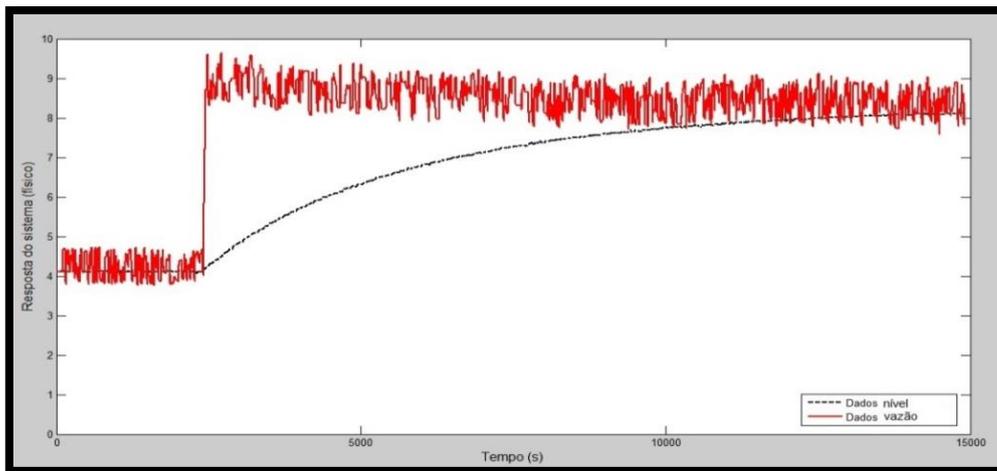
As demais perturbações para validação da função de transferência foi de +20% (50% para 70%), de +40% (50% para 90%), de -20% (50% para 30%) e de -30% (50% para 20%). Portanto, as variações foram dadas a partir de uma condição estacionária previamente estabelecida (rotação do motor (volts)).

Depois de feita a validação dos dados no MATLAB, a função de transferência do processo de nível é caracterizada assim:

$$G(s) = \frac{1,731}{200s+1} \quad (3)$$

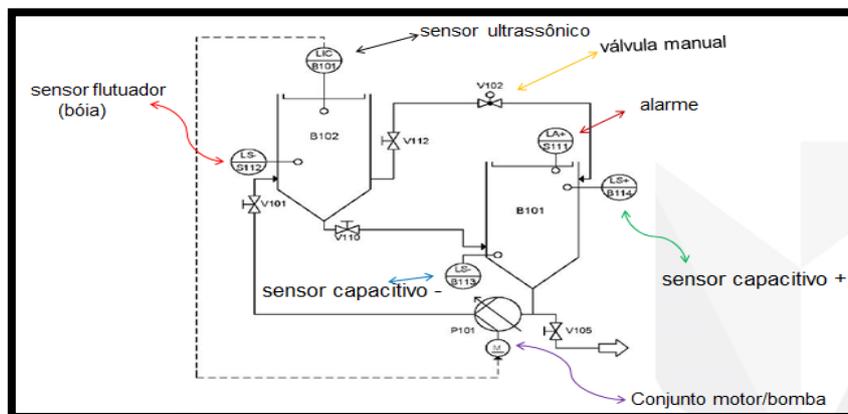
A curva de reação relacionada a essa função de transferência é vista na figura 2, onde se percebe uma resposta semelhante, ao se comparar os dados obtidos da planta Festo e os dados fornecidos pelo modelo (função de transferência) identificado no MATLAB.

Figura 2. Simulação de um degrau na vazão (50% para 80% na rotação do motor) e seu efeito sobre o nível.



De posse da função de transferência identificada em malha aberta, foi escolhida a válvula manual V102 para simular um possível distúrbio. As perturbações dadas na válvula V102 que está relacionada com a vazão de saída seguiram o mesmo procedimento realizado para a identificação da função de transferência mostrada acima, utilizando-se para isso as mesmas porcentagens de variação na variável de entrada.

Figura 3. Diagrama de instrumentação da malha de nível da “MPS-PA Compacta” da Festo



Fonte: Festo (2003)

De posse dos conceitos dos parâmetros  $\tau$  e  $\kappa$ , foi identificada a função de transferência que relaciona o distúrbio ao nível, conforme apresentado a seguir:

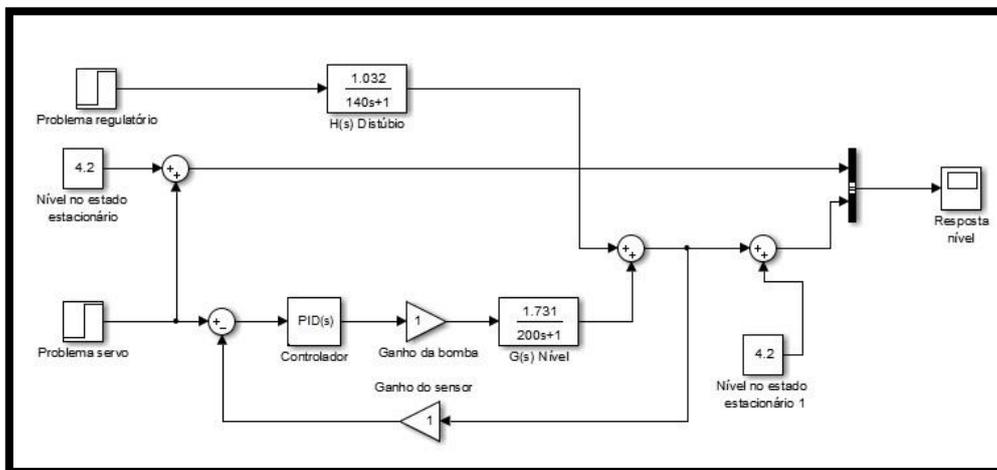
$$H(s) = \frac{1,032}{140s+1} \quad (4)$$

Para a sintonia do controlador PID o método escolhido foi o IMC [5], que possui o modelo interno do processo dentro do controlador e são a partir da função de transferência em malha aberta que são obtidos os valores dos parâmetros do PID. Como será utilizado no processo o controle servo (mudança de *setpoint*) e o regulatório (minimizar o distúrbio), esse método é eficiente, pois conta com um bom desempenho e robustez no projeto do controlador [6].

O valor de  $\lambda$  pode ser ajustado de acordo com as necessidades da resposta do sistema, quanto menor o valor de  $\lambda$  mais rápida a resposta [5], diante dessa afirmação foram feitas simulações para vários valores de  $\lambda$ . Como o sistema de controle do nível não possui tempo morto, a constante de tempo desejada para o processo em malha fechada foi de  $\lambda = 0,5$ . De posse da função de transferência e do valor do parâmetro de desempenho  $\lambda$ , obtêm-se os valores dos parâmetros PID, os quais foram atribuídos ao controlador e investigados os casos de problema servo e regulatório.

De acordo com o conceito do método IMC, obteve o valor de  $\kappa = 231$ ,  $\tau_i = 200$  e  $\tau_d = 0$  determinaram-se os parâmetros de ajuste do controlador. A ferramenta *Simulink*, presente no MATLAB foi utilizada para a construção da malha fechada de nível.

Figura 4. Controle de malha fechada no *Simulink*



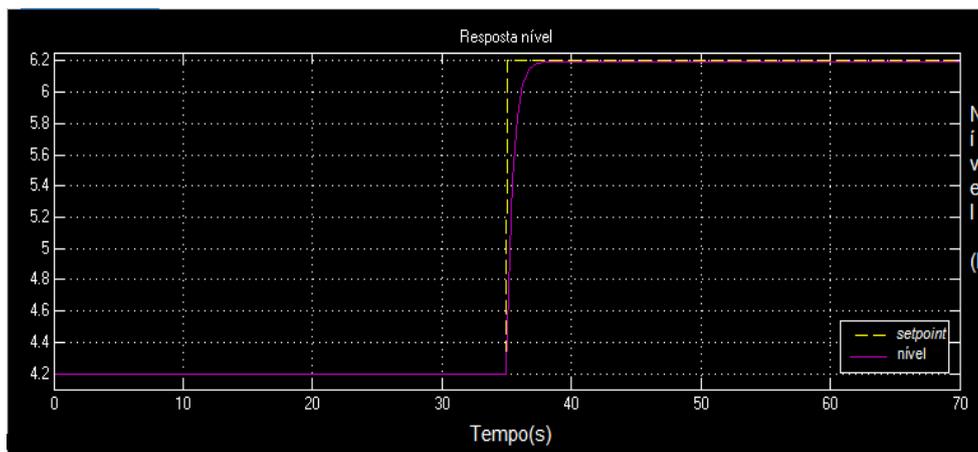
Por critério de simplificação, assumiu-se que a bomba e o sensor foram representados apenas por um ganho.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de agora, será demonstrado o comportamento das respostas do controlador ao utilizar o problema servo e o regulatório. Utilizando os parâmetros dos controladores P e PI ajustado pelo método de sintonia IMC, a resposta para um problema do tipo servo.

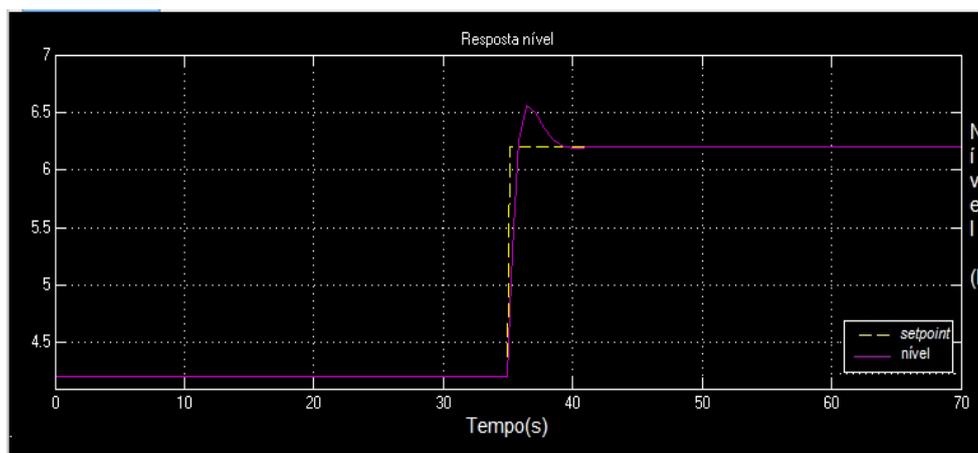
Na figura 5 é apresentado o comportamento da resposta do nível com o uso de um controlador P (proporcional), verificando-se um *offset* que é inerente a este tipo de controlador.

Figura 5. Controlador P problema servo



Na figura 6 é apresentado o comportamento da resposta do controlador PI, nota-se uma oscilação em relação ao controlador P.

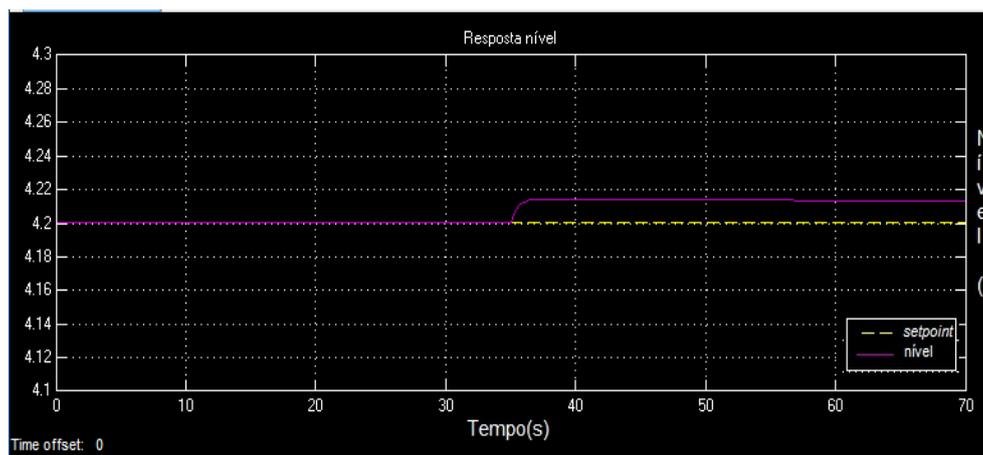
Figura 6. Controlador PI problema servo



Foi simulada, adicionalmente, a resposta para o problema do tipo regulatório, a fim de se analisar o nível diante de perturbações impostas ao processo.

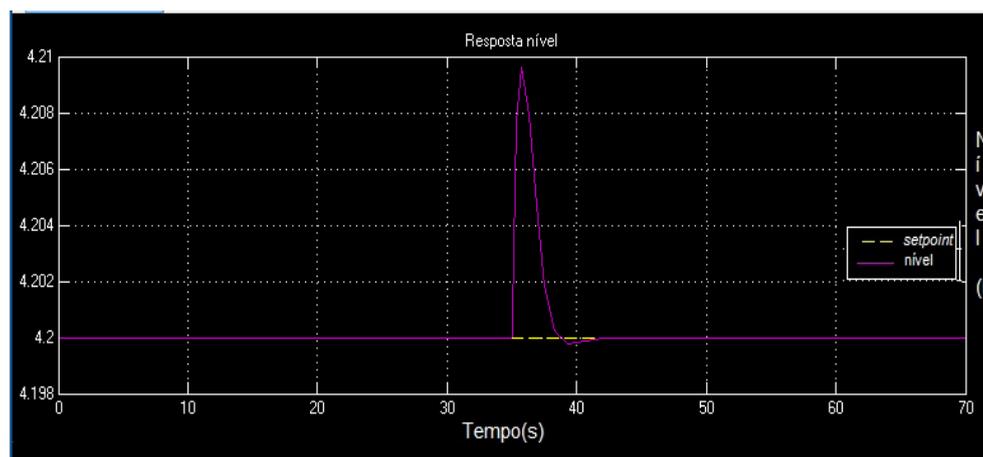
Nota-se no problema regulatório que a resposta com o uso do controlador proporcional (P), figura 7, ao ser dado um distúrbio, o nível retorna rapidamente ao *setpoint*, apesar de apresentar *offset*.

Figura 7. Controlador P problema regulatório



Já no problema regulatório com o uso do controlador PI (Proporcional Integral), figura 8, o nível possui maiores oscilações e tem uma resposta mais lenta quando comparada à proporcional.

Figura 8. Controlador PI problema regulatório



De posse dos resultados das simulações dos controladores, alguns critérios de desempenhos foram analisados a fim de escolher qual seria o melhor controlador para a malha de nível, dentre eles estão: melhor resposta ao problema servo e/ou regulatório, estabilidade do processo, velocidade de resposta e, caso houver, quanto tempo às oscilações levaram para se extinguirem.

Levando em consideração os critérios adotados, o controlador proporcional, demonstrou uma resposta mais favorável no controle da malha de nível tanto para problema servo quanto para o problema regulatório. O nível teve uma resposta mais rápida e, apesar de ter *offset*, este é muito pequeno não interferindo no resultado final do processo, já que o fluido de operação no reservatório estudado é a água.

## 4. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a modelagem do controle da malha de nível da planta didática MPS-PA – “Estação Compacta” da FESTO, que possui todos os itens que uma planta industrial pode oferecer. Foram feitos os levantamentos de dados, através do *Fluidlab*, programa que acompanha a bancada, depois utilizado o *Matlab*, para identificar as funções de transferência que relaciona a variável manipulada (vazão de entrada do tanque), que foi conseguida através da manipulação da rotação do motor (volts) à variável controlada (nível) e a que relaciona o distúrbio (vazão de saída do tanque) à variável controlada (nível), tentando aproximar ao máximo a modelagem do sistema ao sistema real.

O controlador proporcional - (P) foi o que apresentou, diante dos critérios de desempenhos apresentados, a melhor resposta à mudança no *setpoint* minimizando aos distúrbios, demonstrando um comportamento satisfatório diante dos testes realizados.

No que se refere à sintonia do controlador, foi utilizado o método IMC, identificando o seu parâmetro de desempenho  $\lambda$  e posterior aplicação das fórmulas apropriadas para um modelo de processo de primeira ordem, sugerida pelo método IMC para o controlador PID, resultando em um desempenho satisfatório do controlador.

Porém faz-se necessário a aplicações de outros tipos de sintonia a fim de comparação dos resultados. Além disso, outras variáveis que compõem a planta devem ser estudadas.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] BISHOP, R. C. D. e R. H. **Sistemas de Controle Modernos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- [2] OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- [3] BEGA, E. A. **Instrumentação Industrial**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- [4] CAMPRESTINI, L. **Sintonia de controladores PID descentralizados baseada no método do ponto crítico**. Monografia (Engenharia Elétrica) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- [5] RIVERA, D. Internal model control: Pid controller design. **Industrial & engineering chemistry process design and development**, ACS Publications, v. 25, n. 1, 1986.
- [6] ÅSTRÖM, K. J.; HÄGGLUND, T. **Advanced PID control**. [S.l.]: ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society; Research Triangle Park, NC 27709, 2006.