



UTILIZAÇÃO DE UMA PLANTA DIDÁTICA SMAR PARA COMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Layon Mescolin de Oliveira – layonmescolin@hotmail.com

Daniel Pinheiro Teixeira – daniell.pinheiro.eng@gmail.com

Angelo Rocha de Oliveira – angelo@leopoldina.cefetmg.br

Marlon José do Carmo – marlon@leopoldina.cefetmg.br

Lindolpho Oliveira de Araújo Junior – lindolpho@leopoldina.cefetmg.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Campus III Leopoldina
Rua José Peres 558 - Centro - Leopoldina - MG – Brasil - 36.700-000

***Resumo:** Um dos principais problemas que o estudante de engenharia recém-formado encontra durante sua inserção no mercado de trabalho é a falta de conhecimento prático agregado à teoria trabalhada durante a graduação. Durante o curso de engenharia de controle e automação os aspectos teóricos são trabalhados de forma completa enquanto a prática em instrumentos reais muitas vezes dá lugar às simulações. Com o intuito de familiarizar o estudante com situações reais, redes industriais, comunicação e controle de processos, é utilizada no CEFET-MG uma planta didática Smar. O presente artigo tem como objetivo relatar práticas e desenvolvimentos com base na planta didática, bem como as vantagens de sua utilização.*

***Palavras-chave:** Planta Didática Smar, OPC, HART, Matlab, Simulink.*

1. INTRODUÇÃO

Muito se questiona quanto à aprendizagem prática nos cursos de engenharia com foco industrial. Em pesquisa realizada com os professores da instituição CEFET-MG Campus III, acredita-se que a melhor forma de solucionar esse problema é a universidade disponibilizar ao aluno laboratórios que contenham plantas-piloto, instrumentos e sistemas de supervisão e controle, similares aos empregados em plantas industriais, de modo que os alunos, realizando estágios ou iniciações científicas nesses laboratórios, possam complementar sua formação acadêmica e ingressar no mercado de trabalho com alguma vivência prática na área de

Realização:



Organização:





automação e controle.

No curso de engenharia de controle e automação as análises de modo geral são realizadas com embasamento em malhas de controle comumente tratadas como modelos ideais, apesar de satisfatórias, certas aproximações diferem-se da realidade vista em campo. Para solucionar tal problema, plantas didáticas são desenvolvidas a fim de complementar a formação prática dos estudantes de engenharia com modelos também práticos e amplamente utilizados na indústria moderna.

O CEFET-MG Campus III dispõe de um laboratório de Automação Industrial equipado com duas plantas didáticas, uma com tecnologia *HART* e outra com tecnologia *Foundation Fieldbus*. O projeto estrutural das duas plantas é o mesmo, variando apenas a tecnologia de rede de campo. “A Figura 1” apresenta a planta didática *Smar*.



Figura 1 - Planta Didática Smar

Além de ser uma ferramenta de extrema importância em laboratórios de grandes instituições de ensino, a planta lança desafios aos estudantes que as operam. Desta maneira através da comunicação *OPC* serão apresentadas algumas aplicações da planta e ferramentas do cotidiano do engenheiro, como o controle utilizando a ferramenta *Simulink* do *MATLAB* e a criação de um supervisório utilizando tecnologia *OPEN SOURCE* com características de controle de sintonia.

2. PLANTA SMAR

A Planta Didática do laboratório do CEFET/MG Campus III é uma planta de processo contínuo, composta basicamente por três tanques, cinco transdutores *HART*, duas bombas de partida direta, duas válvulas controladoras, uma resistência de imersão, um painel de operação local e um CLP modelo LC700 do fabricante *SMAR*.

A Planta Didática não tem como objetivo o processo de produção de nenhum tipo de produto, sendo essa puramente experimental. O seu funcionamento, consiste basicamente na circulação de líquido em tanques podendo existir estratégias diferentes de atuação sobre esse



líquido. A planta possui um tanque central que tem a função simplesmente de armazenar o líquido que será enviado para os tanques e depois retornar. Nesse tanque central, não existe nenhum controle nem automatismo. Para ser transportado deste tanque central, o líquido pode sair por duas bombas, sendo que uma o destina para o tanque de aquecimento e a outra para o tanque de mistura. Na entrada de cada um desses tanques tem uma válvula controladora, que é comandada pelo sinal analógico de 4-20 mA que vem do CLP, e também existem válvulas de operação manual. Ao longo das tubulações e nos tanques, existem ainda alguns transdutores que são responsáveis por mensurar grandezas como: vazão, nível e temperatura (SMAR. Manual Planta Didática).

As posições desses equipamentos e os caminhos físicos para o líquido está representado no fluxograma a seguir, que foi montado seguindo as simbologias da ISA ("Figura 2").

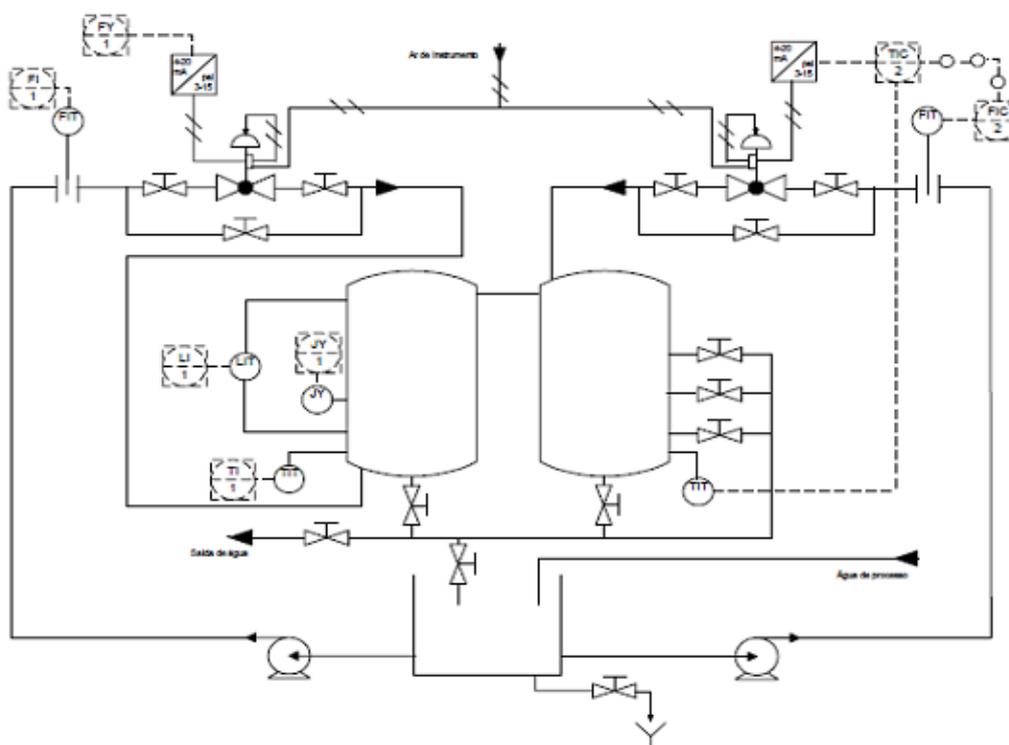


Figura 2 - Diagrama P&I da planta didática

Arquitetura de Rede

A arquitetura de rede da planta didática, conforme mostrado na figura abaixo, possui um computador, que se comunica com o CLP da SMAR modelo LC700 por um cabo serial, usando o protocolo *MODBUS*. Para comunicação do CLP com o nível de campo, é usado o sinal analógico de 4-20 mA + HART para comunicação com os transdutores e válvulas e para comunicar com as bombas e sensores *ON/OFF* como a chave de nível são usados os cartões



digitais, onde simplesmente o circuito fica aberto se o sinal for zero e fechado se o sinal for um.

Comunicação MODBUS

MODBUS é um protocolo de comunicação de dados utilizado em sistemas de automação industrial. Criado na década de 1970 pela *Modicon* é um dos mais antigos protocolos utilizados em redes de CLP. A planta didática usa tecnologia *MODBUS* para comunicar o computador com o CLP, sendo por meio desse protocolo que o servidor *OPC* faz a leitura dos valores a serem servidos para cliente *OPC*. O modelo de CLP usado possibilita o uso do *MODBUS TCP/IP*, que usa como meio físico o cabo ethernet par transado ou do *MODBUS RTU*, que usa como meio físico um cabo serial RS-232.

Comunicação HART

O protocolo *HART* é um protocolo de comunicação desenvolvido pela Fisher Rosemount na década de 80 para facilitar a comunicação com instrumentos de campo inteligentes.

Há muitos anos, o padrão de comunicação utilizado pelos instrumentos de campo tem sido o sinal analógico de corrente (miliampère). Na maioria das aplicações, o sinal de corrente varia entre 4 a 20mA, sendo proporcional à variável de processo que está sendo representada.

Com a disseminação de instrumentos inteligentes (microprocessados) veio a necessidade de parametrizações e a disponibilidade de informações adicionais. Para tal função utiliza-se o protocolo de comunicação *HART* que permite que a informação principal seja transmitida pelo sinal de 4-20mA e parâmetros de configuração e diagnóstico ou informações adicionais sejam transmitidos digitalmente.

O protocolo de comunicação *HART* possibilita a comunicação digital bidirecional em instrumentos inteligentes de campo sem interferir no sinal analógico de 4-20mA. O sinal analógico 4-20mA e o sinal digital *HART* podem ser transmitidos simultaneamente na mesma fiação e ao mesmo tempo (SMAR, Protocolo de Comunicação *HART*).

3. UTILIZAÇÃO DO *MATLAB* PARA CONTROLE DA PLANTA *HART*

A utilização do *Matlab* na graduação é ampla e bem abordada, tendo enfoques principais nas disciplinas de cálculo, álgebra linear, métodos numéricos computacionais e controle, disciplinas estas que abrangem alunos do terceiro ao oitavo período do curso de engenharia de controle e automação. O motivo da especificação desta linguagem de programação é a capacidade de modelagem e simulação de maneira mais rápida que as linguagens tradicionais, como C, C++, Fortran (*MATHWORKS, Matlab*).

A motivação da ferramenta *Matlab* é possibilitar ao aluno de engenharia de controle e automação a operação de uma planta industrial cujas funções são fundamentais na indústria moderna, a familiarização com o processo e a realização de controle abstendo-se do conhecimento de todos os detalhes do processo, necessitando apenas de conhecimentos em *Matlab* e *Simulink*.



Utilizando-se de estratégias de controle e modelagem em caixa aberta, ou seja, realizando a análise física do sistema para a obtenção das características de resposta, foi possível a elaboração de software via *Matlab* para que seja realizado o controle das malhas de nível e vazão.

OPC Toolbox – Biblioteca do Simulink

O software *Matlab* possui uma *toolbox* chamada OPC, que permite que se conecte esse ao Servidor OPC da planta HART, a interface desta *toolbox* segue de acordo com a” Figura 3”.

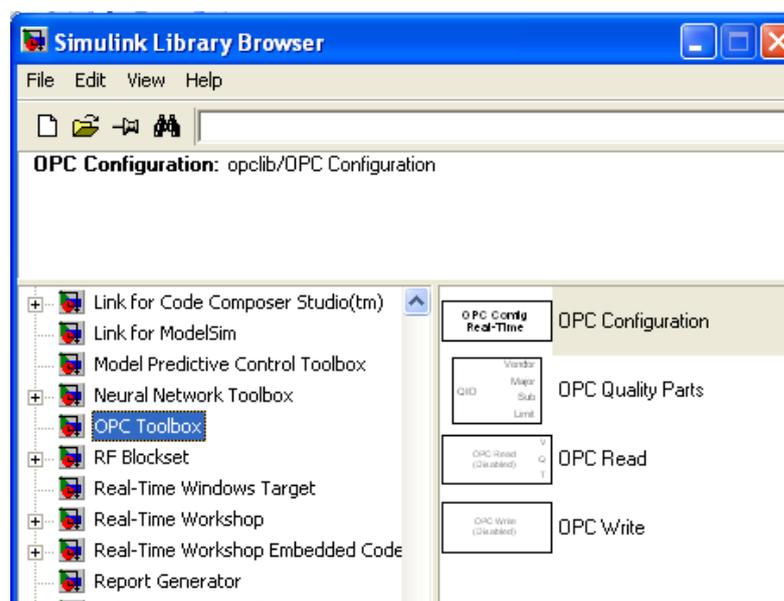


Figura 3- Biblioteca OPC do Matlab

O *Simulink* tem a facilidade de já possuir os blocos funcionais da interface OPC, bastando somente que seja configurado para utilizá-lo na comunicação. Nesta aplicação foram utilizadas três blocos da *OPC toolbox*:

- *OPC Configuration*: Configura o servidor OPC que será utilizado, neste caso o “Smar.LC700Server”.
- *OPC Read*: Utilizado para realizar a leitura de variáveis de entrada analógicas e digitais.
- *OPC Write*: Escreve uma variável de saída analógica ou digital,

Utilizando-se estes blocos é possível realizar a comunicação do CLP com a planta *HART* e adquirir a curva de reação para a identificação do sistema, bem como lançar mão da utilização de algoritmos para controle das malhas de vazão, nível ou temperatura. Neste artigo serão abordados os controles de nível e vazão.

Controle de nível em malha fechada

Para o controle de nível no tanque de aquecimento da planta didática *HART*, foi desenvolvida uma aplicação utilizando o software *MATLAB/Simulink* que, através da interface



OPC, se comunica com o CLP da planta para ler o valor atualizado do nível e escrever o valor de abertura da válvula.

Nessa planta didática, utiliza-se para medir a altura do nível o transmissor de pressão diferencial. Neste tipo de medição utiliza-se a pressão exercida pela altura líquida, para indiretamente obter-se o nível, de acordo com o teorema de Stevin. Este tipo de medição é usado quando a densidade do líquido é conhecida e não varia substancialmente no processo (CASSIOLATO, 2011).

A modelagem deste sistema foi realizada com base em princípios físicos envolvendo leis de mecânica dos fluidos, hidrostática e hidrodinâmica a fim de relacionar a abertura da válvula com o acréscimo de nível no tanque. Este tipo de modelagem como dito anteriormente é chamado de modelagem em caixa branca.

Para criar a malha de controle no *Simulink* então, basicamente, utilizam-se os blocos *Read* e *Write* para ler e escrever valores nos instrumentos de campo. A informação do sensor é obtida pelo bloco *Read*, e então é feita a comparação deste valor com o valor de *offset*, o sinal de erro vai para o bloco controlador PI, que gera um sinal de controle que é transmitido para o atuador através do bloco *Write*. A representação de uma malha de controle PI no *MATLAB* é exibida na “Figura 4”.

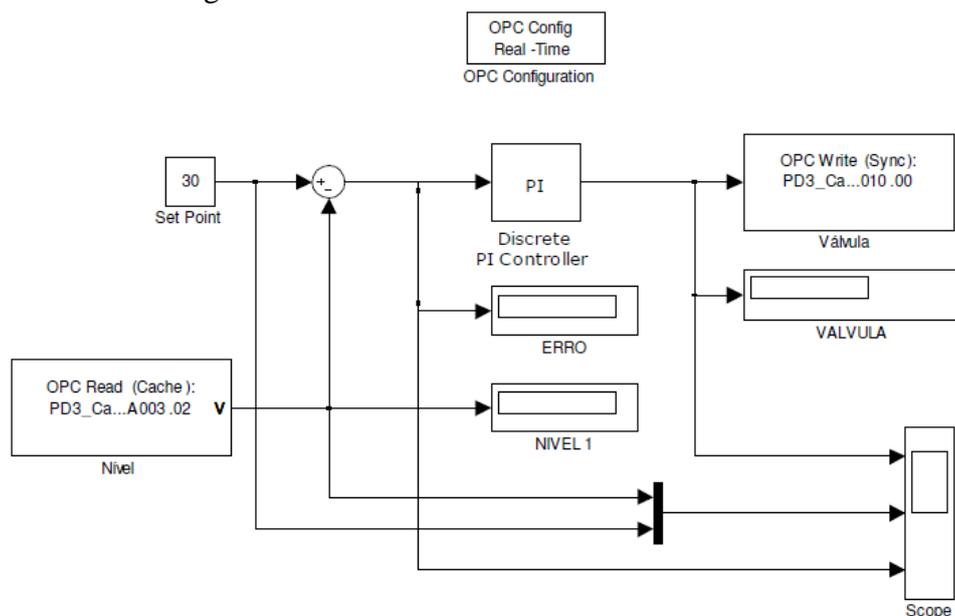


Figura 4 - Malha de controle PI no MATLAB.

O bloco PI exige como parâmetros os valores dos ganhos proporcional e integral, esta parametrização deve ser realizada com base nos limites físicos da planta didática, neste caso são observados como limites valores na faixa de 0 a 10000. Então é possível desta maneira, que dentro de uma especificada faixa de valores, o operador do sistema realize testes para verificação da comparação entre a ação de controle e a resposta do sistema comparada ao valor de offset, através da ferramenta Scope. A representação da parametrização do bloco PI é mostrada na “Figura 5”.

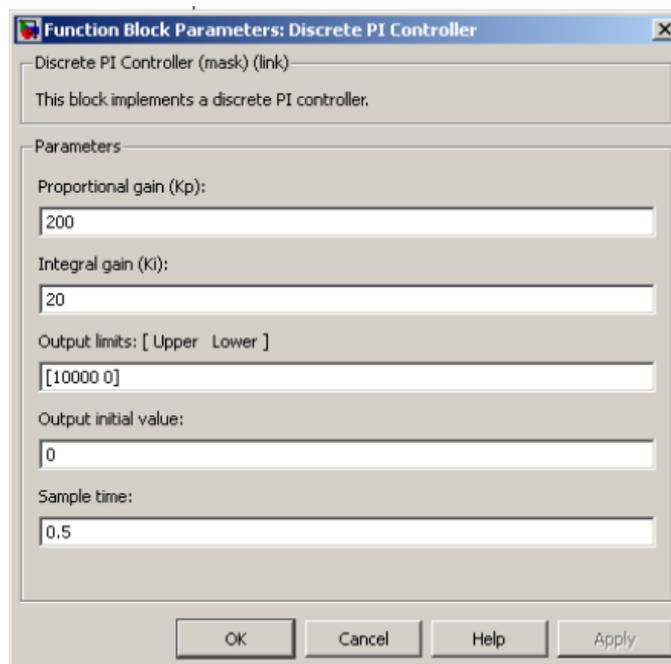


Figura 5 - Parâmetros do bloco PI

Desta forma, arbitrando os valores de ganho proporcional como 200 e ganho integral como 20, foi realizado o teste de exemplo, e obtida a seguinte curva de reação:

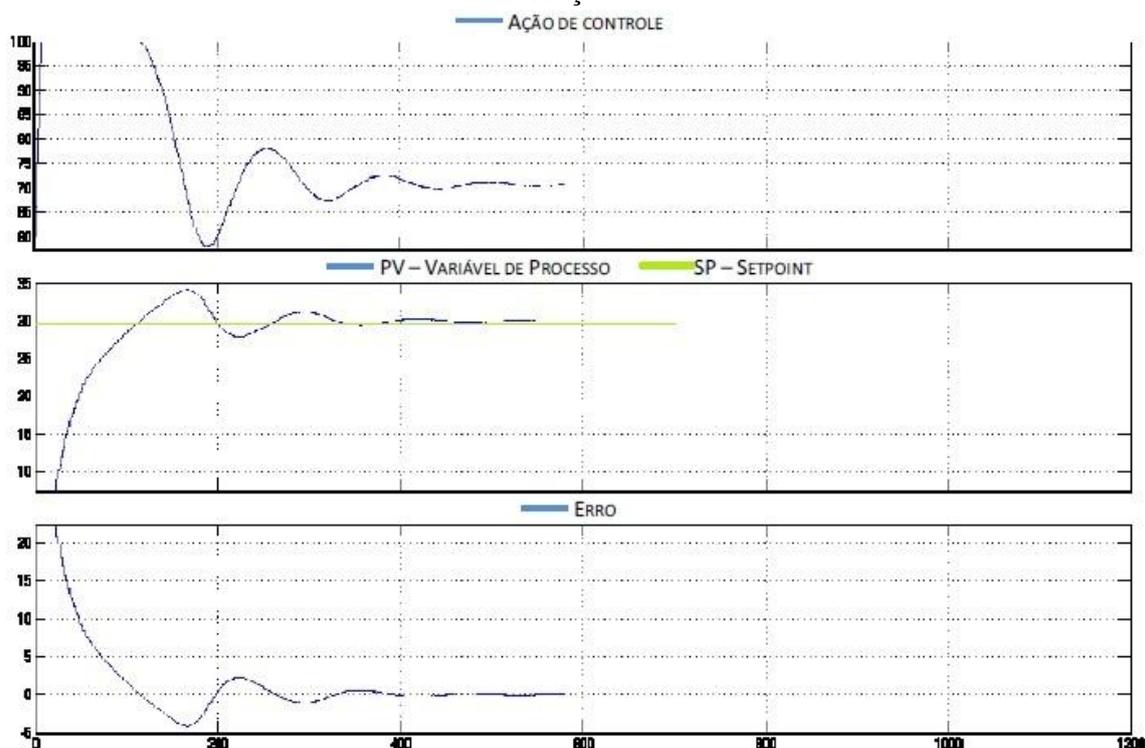


Figura 6 - Reação do sistema aos parâmetros $K_p = 200$ e $K_i = 20$.



Assim sendo, o operador é capaz de realizar cálculos e simulações para estabelecer padrões de ganho integral e proporcional para o controle deste processo, via *Simulink* e sem a necessidade de conhecimentos específicos de redes de comunicação e outras características do sistema.

Controle em malha fechada de vazão.

Para o controle em malha fechada do tanque de vazão, foi também utilizado controle PI, sendo este processo muito mais rápido e ruidoso, devido à atuação constante da válvula. O fluxograma da Figura 7 mostra a malha usada, ligando o medidor de vazão na entrada com a válvula da entrada do tanque, possibilitando o controle da vazão.

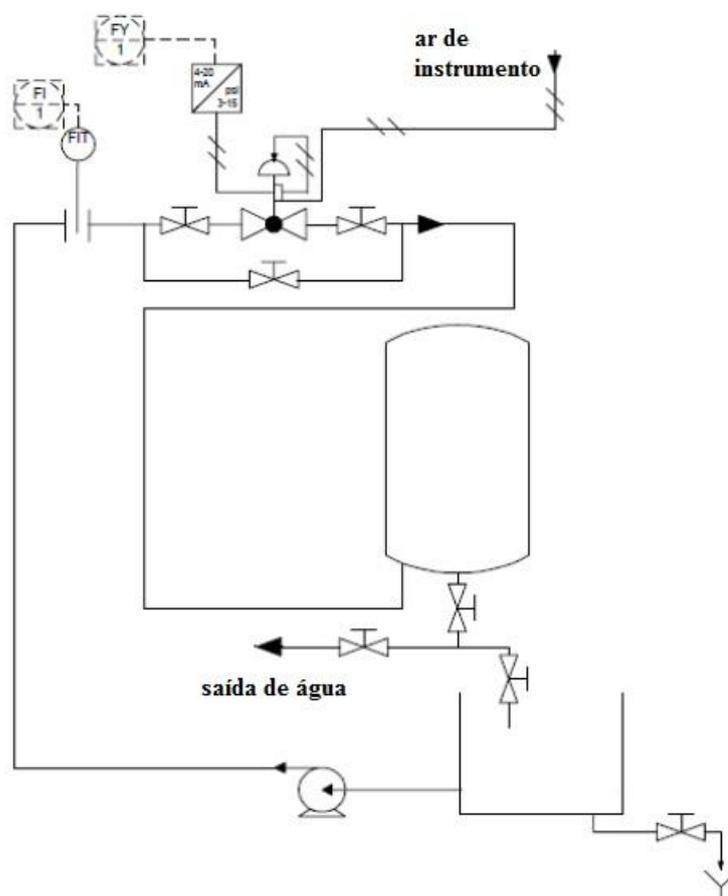


Figura 7 - Fluxograma da malha de vazão.

Basicamente, utilizam-se os blocos *Read* e *Write* para ler e escrever valores nos instrumentos de campo. A informação do sensor é obtida pelo bloco *Read*, e então é feito a comparação deste valor com o *Set-Point*, o sinal de erro vai para o bloco controlador PID, que gera um sinal de controle que é transmitido para o atuador através do bloco *Write*.

Usando os parâmetros abaixo, obteve-se um controle satisfatório da vazão, sendo que o controlador conseguiu rastrear a referência em mudanças para baixo e para cima do SP com



pouca oscilação após essa, também, alcançou-se com sucesso corrigir as perturbações no tempo de 750 segundo e outra no tempo de 880 segundos.

- Ganho proporcional: 0.4;
- Ganho integral: 1.4;
- Ganho derivativo: 0.5;

O comportamento do sistema para estes parâmetros segue de acordo com a “Figura 8”. O aluno operador da planta, pode também através do MATLAB, realizar a parametrização deste sistema com outros valores, de forma a buscar a otimização do processo.

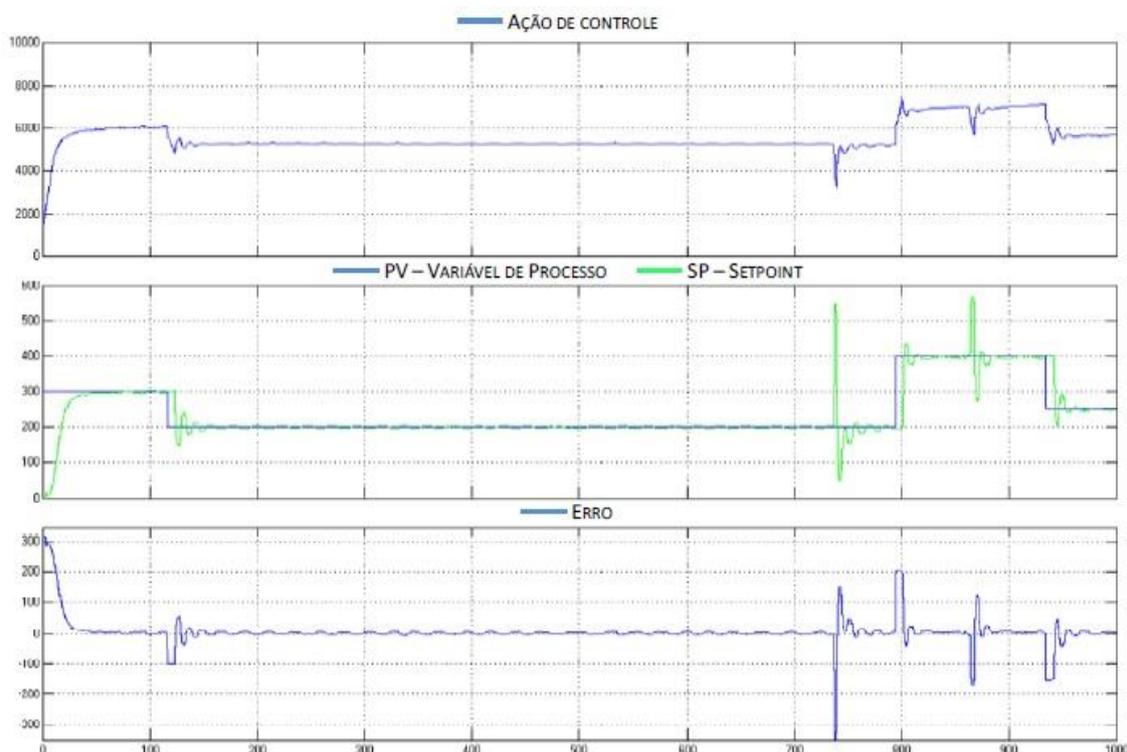


Figura 8 - Comportamento do sistema de vazão

4. UTILIZAÇÃO DA PLANTA SMAR PARA O DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARES

Através da comunicação da planta industrial com a ferramenta MATLAB, será possível uma infinidade de trabalhos futuros, já no CEFET-MG Campus III – Leopoldina existe um projeto que consiste em um ambiente “Foss” para supervisão, controle e avaliação de desempenho de processos de variáveis contínuas no tempo através de uma planta Smar, este ambiente é conhecido como M-Control e esta em fase de desenvolvimento. Através do ambiente M-Control é possível integrar programação de CLP e sistemas supervisórios, programação em “tempo real”, protocolos de acesso aos dados de campo, tecnologias de redes industriais, instrumentação básica e estratégias de controle, de forma a ampliar o conhecimento prático do usuário. O software desenvolvido apresenta um excelente



desempenho na obtenção do modelo matemático e no controle do processo, contando também com uma ferramenta importante, que avalia o desempenho das malhas de controle através de índices quantitativos. Por apresentar código aberto (*Open Source*), tem-se uma gama de possíveis implementações, não se limitando apenas a uma arquitetura fechada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da utilização de plantas didáticas o aluno do curso de engenharia não apenas coloca em prática o que foi aprendido em sala de aula, mas também desenvolve novas aplicações para os equipamentos, desta forma o simples fato de se ter um ambiente industrial nos laboratórios fomenta-se uma gama de novas aplicações e aguça a percepção dos alunos para questões práticas. Verifica-se neste trabalho que além do interesse em unir ferramentas conceituais com as plantas industriais, pode-se partir para aplicações e desenvolvimento de novas ferramentas.

A operação de plantas didáticas que trabalham com componentes industriais pode suprir no estudante de engenharia, a demanda do mercado por egressos com conhecimento prático aliado à teoria aprendida na graduação, além de maior intimidade do estudante com processos industriais, tornando-se apto a detectar erros e realizar processos de otimização das plantas industriais, bem como a re-sintonia de malhas e controladores, a solução de problemas de rede e problemas com interferências dentre outros.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao MEC/SESu, FNDE, CAPES, FAPEMIG e CEFET-MG pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASSIOLATO, C. Medição de Vazão: a 3ª Grandeza Mais Medida nos Processos Industriais, Revista Mecatrônica Atual, Editora Saber, nº50, São Paulo, SP, 2011.

MATHWORKS, Matlab. Disponível em: <http://www.mathworks.com/products/matlab/>, acessado dia 04/06/2012.

SMAR. Manual Planta Didática, Disponível em: www.smar.com.br, acessado dia 01/06/2012.

SMAR. Protocolo de Comunicação HART. Disponível em: www.smar.com.br, acessado dia 01/06/2012.



USE OF ONE DIDACTIC PLANT SMAR FOR COMPLEMENTATION OF THE EDUCATION IN CONTROL AND AUTOMATION ENGINEERING

Abstract: *A major problem faced by newly formed engineers in their labor market insertion is the lack of practical knowledge aggregated with theoretical knowledge worked during graduation. Throughout the course of Control and Automation engineering the theory is worked completely while the practical using real instruments often give place to simulations. With the purpose of familiarize the student with the actual practices, industrial networks, communication and process control is used in CEFET-MG the Smar's didactic engine. This article aims to report on practices and developments based on the didactic engine and the benefits of its use.*

Keywords: *Smar Didactic Plant, OPC, HART, Matlab, Simulink.*