



DESENVOLVIMENTO DE UMA GUI MATLAB PARA MONITORAMENTO DE UMA PLANTA HART VIA OPC: UM ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO DE FINAL DE CURSO TÉCNICO

Eduarda França Crecembeni – eduardacrecembeni@hotmail.com

Murillo Ferreira dos Santos – murilloferreiradossantos@gmail.com

Marlon José do Carmo – marloncarmo@ieee.org

Departamento de Eletroeletrônica - CEFET-MG – Unidade de Leopoldina

Rua José Peres – 558 – Centro

36700-00 – Leopoldina – Minas Gerais

Resumo: Este trabalho apresenta uma plataforma de monitoramento de variáveis de processo do tipo nível, vazão e temperatura de uma planta didática da SMAR[®] que utiliza protocolo Hart. O objetivo foi desenvolver em alunos do curso técnico em informática industrial competências e habilidades relacionadas ao desenvolvimento de IHM (interface homem-máquina). A IHM desenvolvida tem como objetivo supervisionar e operar local ou remotamente o sistema, apresentando, quando necessário, alertas e avisos referentes às variáveis de processos. Esta planta possui um CLP que se comunica com os instrumentos de medição e atuação através do protocolo HART (Highway Addressable Remote Transducer). No que se refere à comunicação entre o computador e planta didática, o sistema responde pelo protocolo aberto OPC (OLE for Process Control), onde via software MATLAB[®]/Simulink foi desenvolvido uma interface gráfica no GUIDE (Graphical User Interface Development Environment) ilustrando todos os possíveis processos de serem manipulados, assim como operá-la. Contudo, os resultados obtidos foram satisfatórios, comprovando a viabilidade na criação de sistemas supervisórios, bem como o aprendizado nos alunos envolvidos.

Palavras-chave: Plataforma de monitoramento, Variáveis de Processo, Protocolo OPC, Protocolo HART, GUIDE MATLAB.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a rápida evolução da computação, comunicação e tecnologias de equipamentos, gerou um aumento considerado na disseminação de sistemas dinâmicos tecnológicos e altamente complexos. Como exemplo, sistemas de manufatura automáticos, sistemas de controle de tráfego, sistemas distribuídos, redes de comunicação para

monitoramento, controle de multiprocessos industriais, sistemas supervisórios *SCADA* (*Supervisor Control and Data Acquisition*), entre outros (GONZÁLEZ *et al.*, 2004).

Parte desses sistemas possui como seus equipamentos um dispositivo muito confiável no ambiente industrial, o CLP (Controlador Lógico Programável) (CAPELLI, 2007).

Tal elemento possui uma estrutura com dimensão reduzida e compacta, com interfaces de entrada e saída multivariáveis, apresentando algumas vantagens como proporcionar a criação de uma interface homem máquina permitindo assim a interação do operador com o processo produtivo (ROCHA *et al.*, 2009).

Numa visão geral, sistemas supervisórios podem ser vistos como aqueles que supervisionam ou monitoram processos executados em uma determinada planta industrial, onde através da visualização de variáveis da planta que está sendo automatizada, bem como das ações tomadas pelo sistema. Tais sistemas são usualmente empregados com o intuito de tornar possível o reconhecimento de prováveis falhas em componentes da planta (JURIZATO, 2002) (PEREIRA, 2003).

Uma grande preocupação na formação tecnológica presente é preparar o aluno para o desenvolvimento de tais competências e habilidades que visam a prepará-lo para esta realidade do mercado de trabalho. Nos cursos técnicos e engenharia da área de automação há uma forte tendência no uso de ferramentas, como o CLP, centradas em supervisórios prontos de fábrica. Entretanto, não são exploradas nos alunos as competências e habilidades necessárias para o desenvolvimento de sistemas supervisórios. Sobretudo em alunos de informática industrial, que possui em suas atribuições tais requisitos.

O desenvolvimento de tais competências faz com que o aluno entenda não somente o que está “por traz do sistema” tornando capaz de ser mais do que um usuário.

Para o desenvolvimento de tais competências e habilidades no aluno foi proposto na disciplina de automação o desenvolvimento de uma *GUIDE* com o intuito de monitoramento de variáveis de processo.

O presente trabalho fica então dividido em seções, sendo a seção dois a apresentação da planta didática da SMAR[®], sistema ao qual é supervisionado, assim como o protocolo HART e OPC; seção três a plataforma desenvolvida, sua construção e operação e na seção quatro conclui-se este trabalho.

2. PLANTA DIDÁTICA SMAR[®]

O objetivo da Planta Didática SMAR[®] é demonstrar didaticamente a operação das diversas malhas de controle utilizando os mesmos equipamentos e ferramentas de configuração, em software, desenvolvidos para aplicação em controle industrial (SMAR[®], 2004).

Em um arranjo compacto, esta planta torna acessível aos instrutores e aprendizes todos os componentes desta malha, não sendo apenas uma estrutura para ser observada, mas também para ser manipulada. Como vantagem para o estudante e pesquisador, na implementação destas malhas estão contidas as mesmas características e situações encontradas pelos profissionais de instrumentação com os recursos da alta tecnologia disponível no mercado, facilitando assim a familiarização com instrumentos de campo (SANTOS *et al.*, 2012).

Além das malhas fornecidas pela SMAR[®], outras malhas podem ser geradas a partir da estrutura física oriunda do fabricante sem a necessidade de alterá-las mecanicamente, apenas modificando a configuração dos dispositivos, como o simples ato de abrir e fechar válvulas.

Ela é monitorada e operada de uma estação, constituída de um computador do tipo PC e um software de supervisão, que efetua a aquisição de dados dos equipamentos que são apresentados por meio de animações de telas. Permite também atuar nos registros modificando valores internos dos equipamentos e nos modos operacionais das malhas de controle.

Na Figura 1 é ilustrada a planta do sistema a ser supervisionado:



Figura 1 – Planta didática SMAR®.

Esta planta possui entre outros equipamentos, os seguintes dispositivos: bombas hidráulicas, válvulas de controle, rotâmetro de água, sensor de temperatura tipo termo resistência, sensor de temperatura tipo termopar, chave de nível, conversor estático, termostato, orifício integral para medição de vazão, resistência de imersão, tubulação, conexões, parafusos e porcas, tanque de mistura, tanque de aquecimento, reservatório, placa de montagem com botoeiras, sinalizadores, borneiras e CLP.

2.1. Protocolo de comunicação *HART*

A evolução eletrônica dos sensores fez com que esses atingissem a categoria de sensores microprocessados inteligentes, contribuindo para a inserção do primeiro sinal digital nos instrumentos de campo, o *HART* (HighwayAddressable Remote Transducer) (RIEGO, 2009).

O protocolo *HART* é, atualmente, um dos protocolos mais utilizados a nível industrial, como em interligações de equipamentos em campos inteligentes. Ele foi criado pela Rosemount nos Estados Unidos da América em meados da década de 1980, como um protocolo proprietário, ou seja, fechado, onde mais tarde tornou-se um padrão aberto e tem evoluído desde então (GUTIERREZ& PAN, 2008).

Tanto o sinal analógico de 4-20 mA, quanto o sinal digital de comunicação *HART* podem ser transportados no mesmo cabeamento. O padrão 4-20 mA foi elaborado em 1972, na tentativa de padronizar as redes industriais, onde mesmo sendo antigo quando comparado com outros padrões, ainda sim são muito utilizados. (SMAR®, 2004).

Tal topologia consiste em um nó de trabalho do tipo PC, onde é conectada à planta didática via rede TCP/IP ou EIA-232 ou 485. A Bridge *HART* MB-700 faz a interface entra a

rede Ethernet e a *CPU (Central Processing Unit)* do CLP. Nos cartões de entradas e saídas analógicas e digitais estão conectados todos os instrumentos, como posicionadores pneumáticos das válvulas, transmissores de nível, vazão e temperatura. Como a linguagem de programação utilizada não é umas das cinco padronizadas pelo IEEE, o programa Ladder do CLP deve estar somente com variáveis virtuais para não causar conflitos com os comandos oriundos do nó mestre (software criado no MATLAB®). Abaixo na Figura 2 é apresentado um exemplo esquemático da hierarquia do protocolo *HART* (SMAR, 2004).

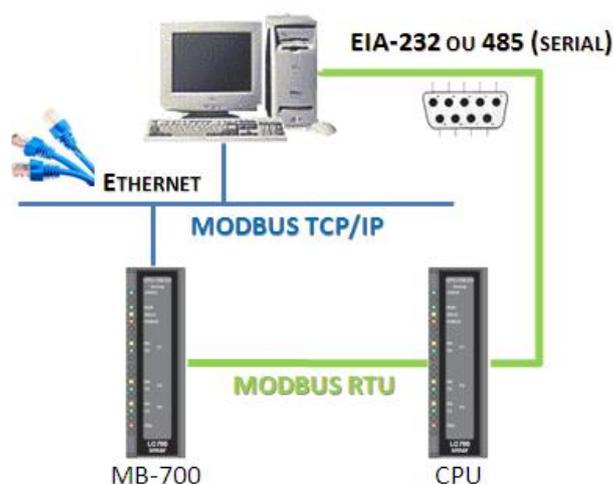


Figura 2 – Estrutura hierárquica do protocolo de comunicação da planta didática

O sinal *HART*, modulado em *FSK (Frequency Shift Keying)*, é sobreposto ao sinal analógico de 4-20 mA. Para transmitir sinais digitais, nível alto um é emitido com 1 mA pico a pico na frequência de 1200 Hz e para transmitir nível baixo zero, emite-se uma frequência de 2400 Hz. Na Figura 3, é possível visualizar uma sequência de sinais comunicados em um processo onde existe modulação FSK sobreposta à curva de sinal analógico (SEIXAS-FILHO, 2003).

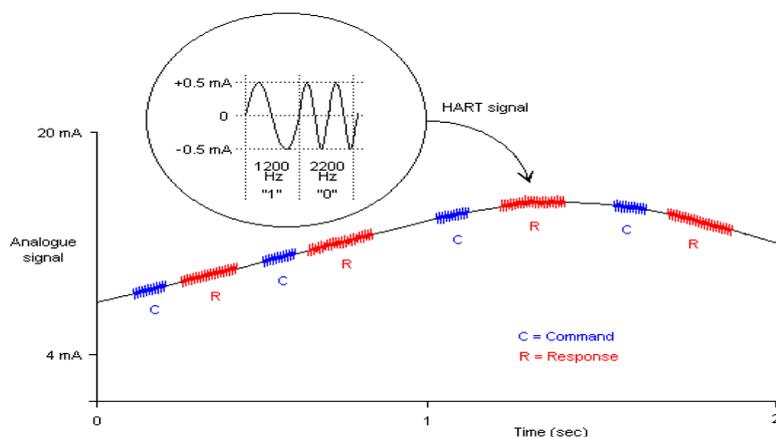


Figura 3 – Gráfico que ilustra o sinal HART sobreposto ao sinal de 4-20 mA.



Este sinal *FSK* é contínuo em fase, não impondo nenhuma interferência sobre o sinal analógico, e sua padronização obedece ao padrão Bell 202 FSK (SEIXAS-FILHO, 2003).

Comprovando ser um protocolo conceituado, ele é adotado por muitas empresas como SIEMENS, HITACHI, TOSHIBA, YOKOGAWA, ABB, ENDRESS+HAUSE, FISHER & PORTER, ROSEMOUNT INC., CAMILE BAUER, SMAR INTERNATIONAL e muitas outras, agrupadas em torno do chamado grupo “HUG” (*HART User Group*) (GUTIERREZ & PAN, 2008).

2.2. Protocolo OPC (*OLE for ProcessControl*)

OPC é a versão da indústria de automação para o OLE. O OLE não pode atender todas as demandas em comunicação de dados em um ambiente de controle de processo. A especificação *OPC* é voltada para a indústria de automação e as suas necessidades únicas em comunicação de dados. Não são somente dados passando de um programa para outro como no *OLE*, onde é possível controlar também as taxas de transferência para os dados solicitados, qualificar os dados recebidos e registrar o tempo em que foi recebido (BOFF *et al.*, 2005) (SANTOS *et al.*, 2012).

É uma especificação ou um conjunto de regras escritas e procedimentos para que o modo de múltiplos programas ou aplicações possa falar um com o outro. A especificação do *OPC* foi criada pelos usuários e desenvolvedores de software da indústria de manufatura e controle de processos buscando atender especificamente suas necessidades. A especificação é administrada através de esforço voluntário sendo administrada independentemente pela *OPC* Foundation, que surgiu de desenvolvedores de software e usuários que observaram a necessidade de unificar suas aplicações reduzindo assim o custo de integração e o ciclo total dos softwares usados na indústria de controle de processo e automação da manufatura (CHILINGARYAN & EPPLER, 2005).

3. PLATAFORMA DE MONITORAMENTO

Devido a grande disseminação de tecnologia no mundo atual, existem no mercado muitos sistemas *SCADA* (*Supervisor Control and Data Acquisition*), porém requerem licenças de uso e desenvolvimento (BOFF *et al.*, 2005).

Dessa forma, foi desenvolvido no Laboratório de Controle e Automação do CEFET-MG Campus III Leopoldina, com uso do software MATLAB[®], uma plataforma de monitoramento, semelhante a um sistema *SCADA*, que pudesse manipular dados com uma planta didática da SMAR[®] com protocolo HART via OPC, que foi utilizada pela aluna em seu projeto final de curso.

O Fabricante da planta apresenta um CLP, no qual o aluno realiza programas. O monitoramento das variáveis de processo, bem como o acionamento de atuadores é feito por esse de forma pouco amigável, sendo de difícil entendimento para um aluno de curso técnico.

Portanto, um outro viés de controle e monitoramento destas variáveis foi proposto, no qual o aluno pudesse atuar nestas sem o uso do CLP, utilizando para tanto um sistema supervisorio.

As competências e habilidades desenvolvidas no aluno que desenvolveu este trabalho como trabalho de conclusão de curso foram:

- Programação Gráfica;

- Interfaceamento de aplicativos;
- Comunicação com um banco de dados dos instrumentos da planta (OPC);

Estas competências e habilidades são necessárias para um egresso de informática industrial.

Este SCADA permite ao usuário acompanhar o andamento do processo com uma interface mais amigável, fácil de ser compreendida e manipulada. A plataforma utiliza a tecnologia OPC pelo toolbox do MATLAB® para ter acesso aos parâmetros configurados no CLP da SMAR®, o CONF700® (software que configura o CLP para o controle discreto da planta).

Através da GUIDE MATLAB® foi possível elaborar uma interface que monitore o processo por inteiro onde inclui-se a inserção de elementos como: botões, campos de dados, elementos gráficos para representação do processo, e se baseia no conceito de que cada um destes elementos estará associado a um TAG configurada no TAGLIST® da SMAR®.

No que se refere à aquisição de dados, ela é fixa e configurada em um tempo de amostragem de 0,5 segundos, valor mínimo suportado pela configuração estabelecida pela SMAR® (SMAR, 2004).

Para a variável de processo de temperatura, algumas precauções foram tomadas no intuito de prevenir danos por falhas na operação. Caso o tanque de aquecimento esteja vazio ou abaixo do nível onde as resistências de imersão estejam fixadas, não é possível ligar as mesmas. Outro exemplo de prevenção de danos seria soar a sirene da planta caso a temperatura atingisse 100° C, temperatura de ebulição da água.

Dentre os diagramas de blocos desenvolvidos no Simulink do MATLAB®, abaixo na Figura 4 é apresentado um exemplo de captura de dados utilizando a toolbox OPC do MATLAB®.

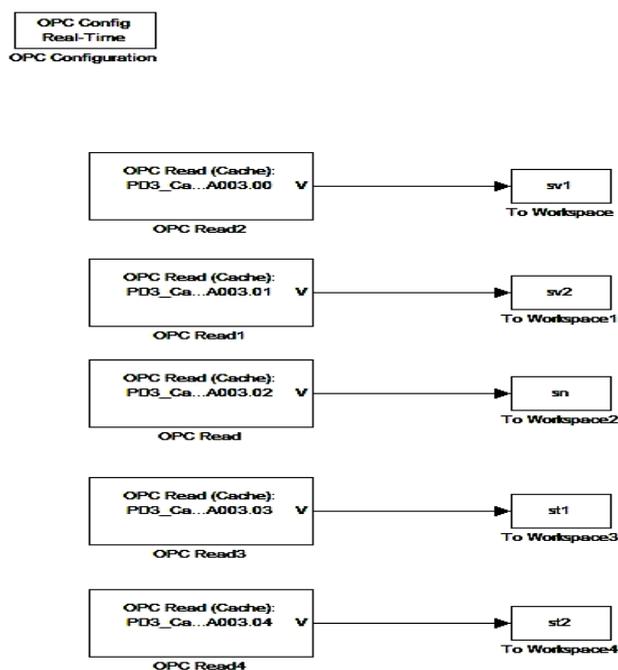


Figura 4 – Exemplo de diagrama de blocos desenvolvido em MATLAB/Simulink.

Para que se possa compreender melhor esta figura, o bloco OPC *Config*, existente no Matlab/Simulink possibilita ao programador configurar os parâmetros referentes ao servidor que o arquivo que se comunicará. Assim, cada bloco de OPC *Read* é configurado para se comunicar com o cliente (CLP LC700) para fornecer os dados correspondentes às TAGs dos instrumentos configurados previamente pelo fabricante, que pode ser consultado no software TAGLIST® da SMAR®.

Porém, todos os arquivos Simulinks criados no presente trabalho, são executados em background, não sendo possível percebê-los quando a plataforma supervisória é operada. Todas são iniciadas quando um evento é estimulado, como por exemplo, o click de um botão.

Enfim, abaixo na Figura 5 é apresentada a tela inicial desta interface, que tem como objetivo a apresentação do que está sendo executado.



Figura 5 – Tela inicial da plataforma de monitoramento

Pelos dois botões visualizados acima na Figura 5, o botão INICIAR direciona o usuário para uma nova tela, que seria a tela de supervisão da planta didática, ilustrada abaixo na Figura 76.

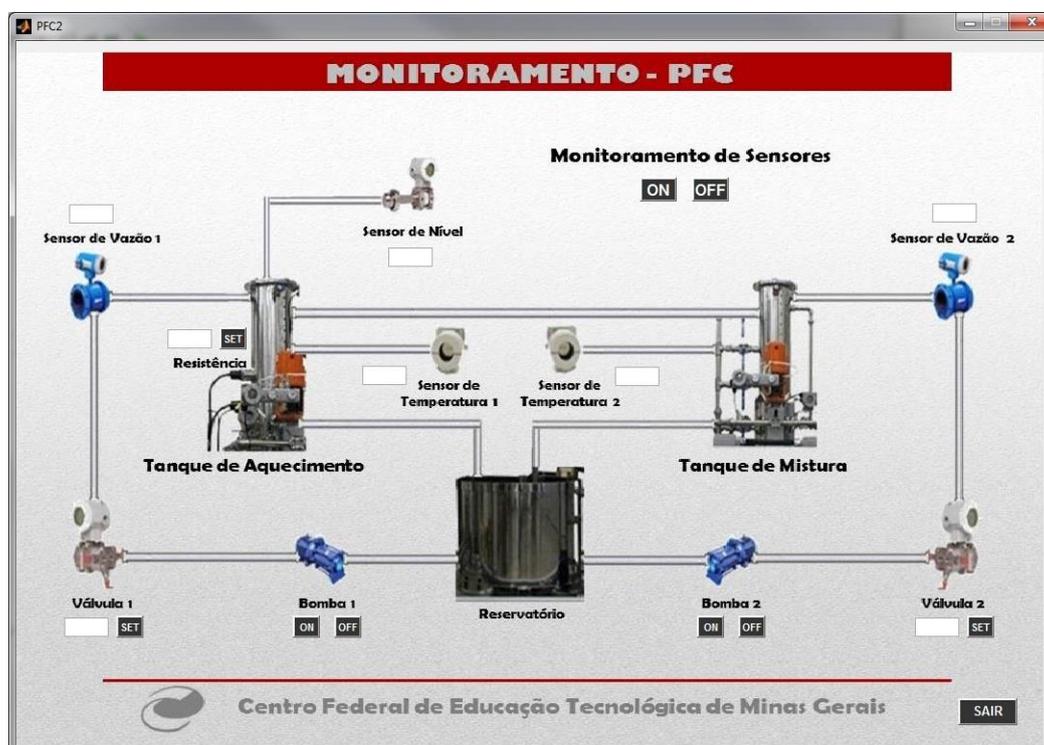


Figura 6 – Tela principal da plataforma de monitoramento.

Como pode ser observada, a tela supervisória é representada de forma compacta do que realmente a planta condiz, o que de fato facilita a compreensão e controle das variáveis.

Assim, para que o monitoramento seja iniciado, o botão ON, abaixo de MONITORAMENTO DE SENSORES deve ser pressionado. Sem isto, nenhuma das outras ações são possíveis de serem executadas. Desta forma, caso alguma das duas bombas estiverem operando, os sensores de vazão e nível começam a apresentar valores referentes às suas variáveis de medições. Porém, deve-se voltar atenção para o fato de que pelo menos uma válvula pneumática de controle esteja com alguma abertura, do contrário, nenhum valor seria exibido pelos sensores.

Para o campo RESISTÊNCIA, presente somente no tanque de aquecimento (tanque apresentado no lado esquerdo do supervisório), é possível de se inserir o percentual de potência entregue às resistências de imersão, possibilitando o aquecimento de água caso tenha alcançado um determinado nível previamente configurado pelo desenvolvedor da interface. Caso isto não estivesse sido alcançado, uma janela de alerta é apresentada ao usuário, como ilustrada abaixo na Figura 7.

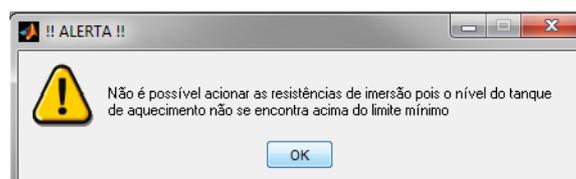


Figura 7 – Tela de notificação ao alerta de nível baixo do tanque de aquecimento.



Outro alerta que é emitido ao usuário é dado quando a temperatura da água no tanque de aquecimento alcança o valor de 100° C, notificando-o diminuir a potência entregue às resistências devido ao fato da ocorrência de danos.

Para encerrar o monitoramento, basta pressionar o botão OFF na seção de MONITORAMENTO DE SENSORES.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi discutido e apresentado uma aplicação de um sistema supervisório SCADA a uma planta didática da SMAR® com protocolo de comunicação HART do Laboratório de Controle e Automação do CEFET-MG Unidade de Leopoldina. A comunicação de dados entre a planta e o computador é dada através da tecnologia OPC, que permite acessar dados reais.

O presente trabalho foi desenvolvido em um projeto de final de curso no curso técnico de informática industrial, desenvolvendo sobre o aluno um acréscimo de conhecimento, competências e habilidades. A GUIDE será utilizada em substituição à programação Ladder fornecida pelo fabricante, de forma a ser um facilitador no processo de ensino e aprendizagem.

O maior ganho pedagógico esperado é a forma amigável que o aluno acompanhará o funcionamento da planta.

Atualmente, o sistema está validado e pronto para ser usada na planta didática deste laboratório como aplicação em classes de automação, facilitando a compreensão dos alunos em alguns aspectos.

Como vantagem, possuir um supervisório de desenvolvimento próprio é de viabilidade considerada, se testado e certificado como confiável, onde acesso a dados via OPC gera possibilidade de conectá-lo de forma rápida, sem limitações de licenças, e com a flexibilidade de poder implementar funcionalidades sobre o mesmo.

Entretanto, a conclusão deste trabalho não impede seu aprimoramento, onde trabalhos futuros podem ser acrescentados, como por exemplo, emissão de relatórios do ocorrido com as variáveis de processo.

Agradecimentos

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOFF, Sacha Geyger; PAGANO, Daniel Juan; PLUCÊNIO Agostinho; ALVES, Raul. Aplicação de um SCADA a uma unidade experimental de coluna de destilação. Anais: III Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Salvador: IBP, 2005.

CAPELLI, Alexandre. CLP – Controladores Lógicos Programáveis na Prática. 1. ed. Rio de Janeiro: Antennas, 2007.



CHILINGARYAN, Suren; EPPLER, Wolfgang; High speed data Exchange protocol for modern distributed data acquisition systems based on OPC XML-DA. Anais: XIV Real Time Conferenc. Estocolmo: IEEE, 2005.

GONZÁLEZ, Dante Jorge Dorantes; HERRERA, MoisesManzano; BENÍTEZ, Guillermo Sandoval; LÓPEZ, Virgílio Vásquez. Automatización y Control: Prácticas de Laboratorio. 1. México: ed. McGrawHill, 2004.

GUTIERREZ, Regina Maria Vinhais; PAN, Simon Shi Koo; Complexo Eletrônico: Automação do Controle Industrial. BNDES Setorial. Rio de Janeiro, 2008. n. 28, pp. 189-232.

JURIZATO, Luís Augusto; PEREIRA, Paulo Sérgio Rodrigues. Sistemas Supervisórios. Revista New Technologies. Nova Odessa, v.1/2, n.1/2, p. 105-114, 2002/2003

RIEGO, Henrique Barros. ESCOLA POLITÉCNICA DE SÃO PAULO, Engenharia de Sistemas. Redes sem fio na indústria de processos: Oportunidades e desafios. 2009. Dissertação (Mestrado).

ROCHA, Priscila; SERRA, Ginalber; SILVA, Karliane. Proposta de controle industrial multivariável via PLC. Anais: IV Congressos de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. Belém, 2009.

SANTOS, Murillo Ferreira dos; CARMO, Marlon José do; BOCK, Eduardo Guy Perpétuo; GARCIA, Evandro de Santana. Controle Haalman para sistemas de nível com dinâmica assimétrica e protocolo de comunicação HART. Anais: III Congresso Científico da Semana Tecnológica – IFSP. Bragança Paulista: IFSP, 2012.

SMAR Equipamentos Ind. Ltda.. Manual de operação Planta Didática SMAR® III. 2004.

SEIXAS-FILHO, Constantino. Introdução ao protocolo HART. In: Programação Concorrente em Ambiente Windows - Uma Visão de Automação. Belo Horizonte: ed. Universidade Federal de Minas Gerais 2003. p[1]-11.

DEVELOPMENT OF A MONITORING TEACHING PLATFORM OF PROCESS VARIABLES WITH HART PROTOCOL VIA MATLAB: ADDING SKILLS AND ABILITIES

***Abstract:** This paper presents a platform for monitoring process variables like level, flow and temperature of a SMAR® didactic system which oversees and operates the system locally or remotely, presenting, when necessary, alerts and warnings, regarding process variables. This system has a PLC that communicates with the measuring instruments and performance through the HART (Highway Addressable Remote Transducer) protocol. Concerning to the*



communication between the computer and didactic system, it responds by open protocol OPC (OLE for Process Control), which via MATLAB/Simulink was developed a GUI in GUIDE (Graphical User Interface Development Environment) illustrating all the possible processes to be handled, as well as operate. However, the results were satisfactory, proving the feasibility in creating supervisory systems.

Key-words: *Monitoring platform, Process Variables, OPC protocol, HART Protocol, GUIDE MATLAB.*