



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

ISABELLE DIAS DE CARVALHO DANTAS MAIA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
LIEC - UFCG

Campina Grande - Paraíba
Junho de 2016

ISABELLE DIAS DE CARVALHO DANTAS MAIA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
LIEC - UFCG

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande como
parte dos requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Controle e Automação

Orientador:
Professor George Acioli Júnior, D. Sc.

Campina Grande – Paraíba
Junho de 2016

ISABELLE DIAS DE CARVALHO DANTAS MAIA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO LIEC - UFCG

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Controle e Automação

Aprovado em / /

Professor George Acioli Júnior, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Professor Pérciles Rezende Barros, Phd.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

*Aos meus familiares e amigos por toda
compreensão e apoio dedicados a mim
por todos esses anos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores Péricles Rezende Barros e George Acioli Júnior pela oportunidade de estágio no LIEC e pelas orientações.

Agradeço aos colegas do Laboratório, em especial a Ana Paula, Lucas Moreira, Rafael Lima, Moisés Tavares e Simões Toledo por toda ajuda e atenção. Vocês foram de grande importância para realização desse trabalho.

Agradeço aos alunos da disciplina de Sistemas de Automação Industrial, Iandê Aba, Lucas Falcão, Olavo Rocha e Renan Freire pelo desenvolvimento de atividades com a planta didática de tanques acoplados, que permitiu uma melhor compreensão da mesma.

Por fim, agradeço a todos, que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram para a realização desse estágio.

RESUMO

Este relatório apresenta as atividades desenvolvidas pela aluna Isabelle Dias de Carvalho Dantas Maia durante o estágio realizado no Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Controle (LIEC) da Universidade federal de Campina Grande (UFCG) sob orientação do Professor George Acioli Júnior e supervisão do Professor Péricles Rezende Barros.

Palavras-chave: Estágio, planta de tanques acoplados, sistema supervisório, controlador, OPC.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Faixada do prédio do LIEC..... | 11 |
| Figura 2 - Planta didática de quatro tanques acoplados..... | 12 |
| Figura 3 – Esquema da planta de tanques acoplados..... | 14 |
| Figura 4 - esquema de conexão dos componentes..... | 14 |
| Figura 5 – Interface principal do supervisor..... | 17 |
| Figura 6 – Sistema SISO | 18 |
| Figura 7 – Sistema MIMO..... | 19 |
| Figura 8 – Diagrama de sequencia para seleção de um modo de operação..... | 24 |
| Figura 9 – Diagrama de sequencia ilustrando a operação da bomba no modo de supervisor | 25 |

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------|------|
| Agradecimentos | v |
| Resumo | vi |
| Lista de Figuras | vii |
| Sumário..... | viii |
| 1 Introdução..... | 9 |
| 2 A Empresa | 10 |
| 3 O objeto de estágio | 12 |
| 3.1 Equipamentos constituintes | 13 |
| 3.1.1 Tanques..... | 15 |
| 3.1.2 Bombas hidráulicas..... | 15 |
| 3.1.3 Inversores de frequência | 15 |
| 3.1.4 Válvulas Elétricas | 15 |
| 3.1.5 Sensor de nível e vazão | 15 |
| 3.1.6 CLP..... | 16 |
| 3.1.7 IHM..... | 16 |
| 3.1.8 Ambiente RSLogix5000 | 16 |
| 3.1.9 Sistema Supervisório | 17 |
| 3.2 Malhas | 17 |
| 3.2.1 Caso SISO | 18 |
| 3.2.2 Caso MIMO..... | 19 |
| 4 Atividades Realizadas | 21 |
| 4.1 Ambientação..... | 21 |
| 4.2 Implementação | 21 |
| 4.3 Testes..... | 26 |
| 5 Conclusões..... | 28 |
| Referências | 29 |

1 INTRODUÇÃO

A disciplina de Estágio Supervisionado é oferecida aos estudantes do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande com o intuito de fazer com que o aluno concluinte realize atividades que possam prepará-lo melhor para o mercado de trabalho. Possui carga horária que varia de 180 a 360 horas e visa proporcionar ao aluno uma visão realista do que acontece no dia a dia das empresas.

Este relatório é referente a um estágio com carga horária de 240 horas integralizadas em 16 horas semanais, tendo seu início em 02 de fevereiro de 2016 e sendo finalizado em 27 de maio de 2016, e atendendo aos requisitos previstos na Resolução N° 01/2012 do Colegiado do Curso de Graduação de Engenharia Elétrica e em consonância com a Lei do Estágio (Lei N° 11.788/2008).

São descritas as atividades desenvolvidas no Estágio Supervisionado realizado no Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Controle, pertencente ao Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Universidade federal de Campina Grande, situada na Rua Aprígio Veloso, 882, no Bairro Universitário, no município de Campina Grande, estado da Paraíba.

Foi solicitado pela empresa que o estagiário se familiarizasse com o a Planta didática de tanques acoplados do laboratório, entendendo seu funcionamento, capacidade de operação, o sistema supervisório desenvolvido, além de verificação de erros no programa do controlador implementado. Durante o estágio também foram feitas as documentações relativas à planta.

2 A EMPRESA

O LIEC foi criado em 1973, como um laboratório pertencente ao Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG, sendo localizado no Setor C do campus I, de Campina Grande. O Laboratório consta com uma equipe de professores doutores, alunos de pós-graduação, graduação e técnicos.

Possui uma área de aproximadamente 600 m² e é composto por oito laboratórios de desenvolvimento, onde são produzidos trabalhos relacionados a áreas de automação, controle e instrumentação; duas salas de apoio técnico, salas para apresentação de trabalhos, salas para pós-graduação e de professores [1]. Os principais laboratórios são:

- Laboratório de Aplicações Wireless: são desenvolvidas soluções baseadas em dispositivos móveis para ambientes industriais;
- Laboratório de Automação Industrial: aborda trabalhos com sintonia de controladores PID industriais (Mono e Multivariável), automação industrial, instrumentação industrial, IHM industrial e avaliação de confiabilidade em malhas de controle;
- Laboratório de Controle e Otimização: produz projetos de sintonia de controladores PID e modelagem e simulação de processos e sistemas supervisórios;
- Laboratório de Instrumentação eletrônica: são desenvolvidos projetos de sintonia de PID;
- Laboratório de Redes Industriais: permite o estudo de técnicas e tecnologias para a comunicação entre dispositivos industriais;
- Laboratório de RFID: desenvolvimento de aplicações baseadas em tecnologia RFID para ambientes industriais;
- Laboratório de UltraSom: trabalha-se com o desenvolvimento de sensor de incrustação e desenvolvimento de técnicas de medição de incrustação.

Dessa forma, o LIEC possibilita ao estagiário uma variedade de opções de trabalho que aprimora a base teórica e permite o desenvolvimento da prática necessária para a formação de um futuro engenheiro eletricista.

Na figura 1 é mostrada a fachada do prédio.



Figura 1 - Faixada do prédio do LIEC

Fonte: Obtida de [1]

3 O OBJETO DE ESTÁGIO

O estágio foi realizado no laboratório de automação industrial do LIEC na planta didática de quatro tanques acoplados. Essa planta foi construída no próprio laboratório para estudo de técnicas de modelagem e simulação, projeto de sistemas supervisório, instrumentação industrial, projeto de sistemas de controle linear, programação em CLPs (Controladores Lógicos programáveis), validação de técnicas de controle SISO (*Single-Input and Single-Output*) e TITO (*Two-Input and Two-Output*), identificação de sistemas e modelagem de processos não lineares. A figura 2 mostra a planta em questão.



Figura 2 - Planta didática de quatro tanques acoplados

Fonte: Autor

3.1 EQUIPAMENTOS CONSTITUINTES

A planta é equipada com quatro tanques de tamanhos diferentes, esses tanques são enumerados da esquerda para a direita, sendo o da extrema esquerda o tanque numero 1 e o da extrema direita o tanque numerado 4. Os tanques 1 e 4 são iguais, assim como os 2 e 3. Além dos tanques, a planta possui um reservatório com água que possibilita ter um controle sobre a quantidade de água que circula no sistema.

Os tanques são abastecidos pelo reservatório a partir de duas bombas hidráulicas que são acionadas a partir de inversores de frequência. Cada tanque pode ser abastecido por qualquer uma das bombas, para isso, eles possuem válvulas manuais que devem ser abertas.

Na planta há um total de 13 válvulas manuais: duas conectando cada tanque as duas bombas (8 válvulas), três válvulas manuais conectando os tanques (há válvulas entre o tanque 1 e 2, 2 e 3, e 3 e 4) e duas válvulas manuais nas saídas dos tanques 1 e 4, conectando-os ao reservatório de água. As saídas dos tanques 2 e 3 para o reservatório é controlada por válvulas elétricas.

A planta também é equipada com seis transmissores diferenciais de pressão, um para cada tanque, indicando o nível de água, e um para cada bomba indicando a vazão. Para garantir a segurança do funcionamento do sistema, a planta possui boias de segurança instaladas em cada tanque e no reservatório, indicando quando os mesmos atingirem seu nível máximo. A figura 3 mostra um diagrama com os elementos que constituem a planta.

Na figura 3 é possível observar os tanques e numerações, o reservatório, as bombas, as válvulas manuais e válvulas elétricas (representadas com o indicador “s”) e os sensores de nível nos tanques (representados com o indicador “LT”) e de vazão nas bombas (indicador “FT”).

Para o seu funcionamento, a planta possui um CLP responsável por controlar o comportamento dos dispositivos. O CLP é programado por um computador, utilizando o ambiente RSLogix5000.

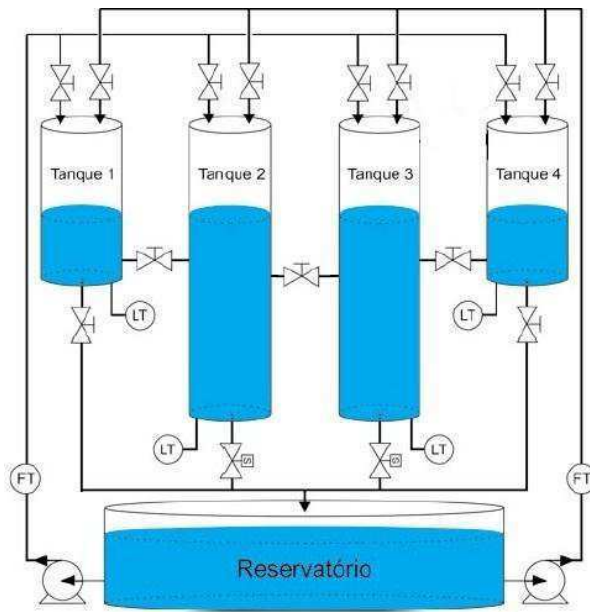


Figura 3 – Esquema da planta de tanques acoplados

Fonte: Modificada de [2]

A planta pode ser operada diretamente pelo programa do CLP, por um programa supervisório (necessitando então de um computador com sistema SCADA – *Supervisory Control And Data Acquisition*) ou através de uma IHM (*Interface Human Machine*). O esquema da figura 4 ilustra a conexão dos componentes da planta e os protocolos utilizados na comunicação.

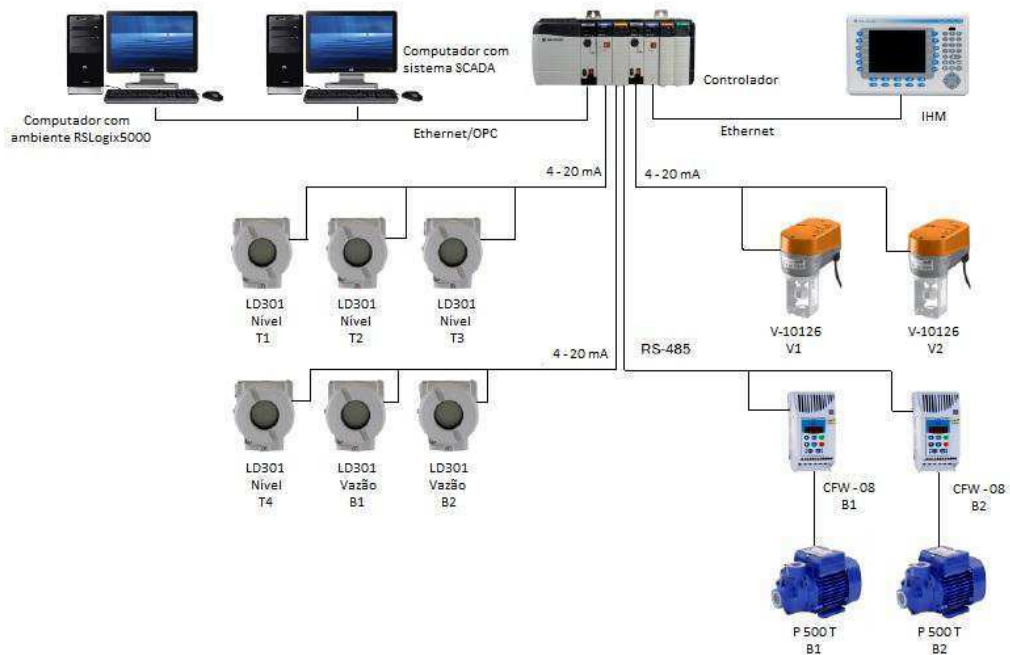


Figura 4 - esquema de conexão dos componentes

Fonte: Modificada de [3]

3.1.1 TANQUES

Como dito, os tanques 1 e 4 são iguais, assim como os tanques 1 e 3. Os tanques 1 e 4 possuem uma capacidade de aproximadamente 15.7 litros de água, já os tanques 1 e 3, que são maiores, possuem uma capacidade aproximada de 31 litros de água. No caso de ser atingido o nível máximo de capacidade dos tanques, as bombas são desarmadas.

3.1.2 BOMBAS HIDRÁULICAS

As bombas utilizadas na planta são da KSB Hydrobloc da linha P 500 T. As bombas dessa linha são compactas, com peso de 5.5 kg, elas podem bombear uma vazão de até 45 l/min a elevações até 70m, líquidos a temperatura de até 80°C. Possuem tensão de operação de 220 – 380V. O manual da bomba pode ser encontrado em [4].

3.1.3 INVERSORES DE FREQUÊNCIA

Os inversores de frequência utilizados na planta são do modelo SFW08 que promovem um acionamento de velocidade variável, a fim de controlar a velocidade da bomba hidráulica a eles associada. O SFW08 possui controle vetorial (VVC - Voltage Vector Control) ou escalar (V/F) selecionáveis e interface de operação (IHM). Sua tensão de alimentação é de 200 – 480V e corrente de saída de 1A a 33A. O manual do inversor de frequência pode ser encontrado em [5].

3.1.4 VÁLVULAS ELÉTRICAS

As válvulas elétricas utilizadas são Belimo NVF24-MFT-E-50 [6]. Sua tensão de alimentação é de 110V-220V, operam a uma temperatura de -10°C a 50°C, possuem expectativa de vida de 50000 ciclos, onde cada ciclo equivale a 12 segundos.

3.1.5 SENSOR DE NÍVEL E VAZÃO

Os sensores de nível e vazão utilizados na planta são da Smar LD301 [7]. São dispositivos de 3.5kg que operam a uma temperatura máxima de 85° C e possuem

exatidão de 0.075% . Eles operam utilizando células capacitivas como elementos sensores de pressão.

3.1.6 CLP

O controlador da planta é o CLP ControlLogix5561 da Allen-Bradley [8], com numero de catalogo 1756-L61. Ele é composto por cartões de entrada e saída analógica, entrada e saída digital e cartão de ethernet, onde são conectadas as entradas e saídas da planta.

Ao cartão de entrada analógica, do controlador, são conectadas as válvulas, que retornam seu valor de abertura ao sistema, e sensores de vazão e nível, que retornam ao controlador os valores medidos. Ao cartão de Saída analógica são conectados os inversores que recebem informação do sistema para definição da velocidade das bombas, e as válvulas que também recebem informação do sistema para sua abertura.

Ao cartão de entrada digital estão conectados os sensores de nível máximo dos tanques, que informam ao sistema no caso de os tanques estarem completos, como medida de segurança. Ao cartão de saída digital são conectados os inversores que recebem informação do sistema sobre seu ligamento.

O código implementado no controlador é desenvolvido no ambiente RSLogix5000 e sua ação de controle pode ser visualizada no sistema supervisorio, desenvolvido no ambiente InTouch, ou na IHM.

3.1.7 IHM

A IHM utilizada é da Allen – Bradley o PainelView Plus 700. Ela possui comunicação RS-232, duas portas USB, lugar para cartão de memória, capacidade de 512 MB de RAM e dimensões de 26.6x9.8x16.7cm. O manual do IHM pode ser encontrado em [9].

3.1.8 AMBIENTE RSLOGIX5000

O RSLogix5000 é um software que suporta a família de Allen-Bradley ControlLogix de controladores programáveis. Ele foi o ambiente utilizado para o desenvolvimento do programa do controlador da planta.

3.1.9 SISTEMA SUPERVISÓRIO

O sistema supervisório da planta foi desenvolvido no InTouch. A interface principal pode ser vista na figura 5. Além da interface principal, no programa foram desenvolvidas interfaces para cada malha específica implementada, ilustrando sua configuração, fornecendo informações para seu funcionamento e permitindo a entrada de parâmetros pelo operador do sistema.

O sistema supervisório ilustra a planta, todos os dispositivos constituintes da mesma foram lá representados, e a eles foram associadas *tags* para comunicação da interface desenvolvida com o programa do controlador desenvolvido no RSLogix5000. Dessa forma, pelo supervisório é possível definir a forma de operação da planta, valores de entrada para os dispositivos e verificar o seu funcionamento a partir do retorno das válvulas e sensores.

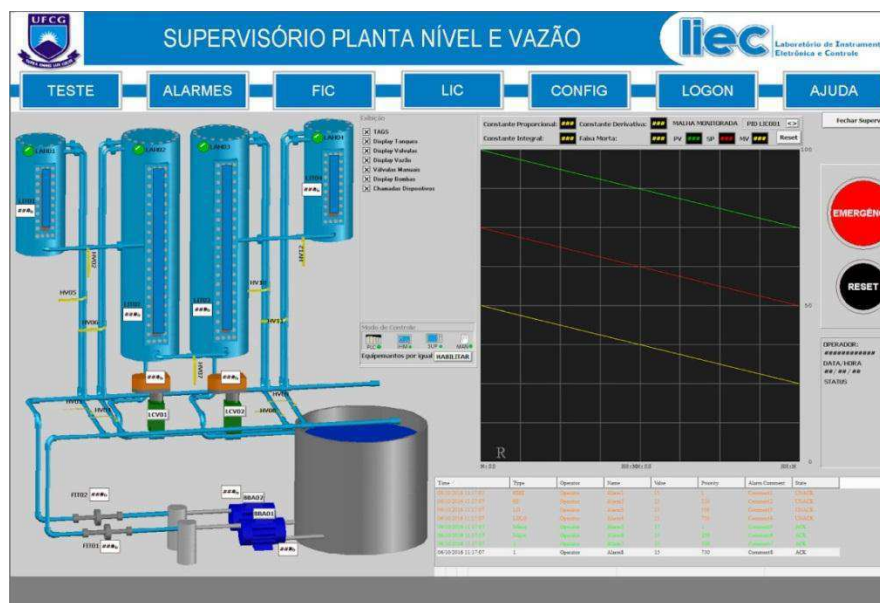


Figura 5 – Interface principal do supervisório

Fonte: Autor

3.2 MALHAS

Na planta há basicamente dois tipos de malhas que são as malhas de vazão e malhas de nível. A cada bomba é associada uma malha de vazão, elas são utilizadas basicamente para verificar o comportamento da bomba. Nas malhas de nível, o nível

dos tanques é controlado por meio da sua vazão de entrada e é perturbado através da variação do percentual de abertura das válvulas de saída.

As malhas da planta podem ser de SISO ou MIMO (*Multiple-Input and Multiple-Output*).

3.2.1 CASO SISO

Um caso SISO é representado na figura 6.

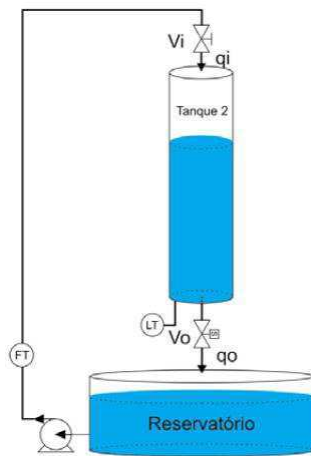


Figura 6 – Sistema SISO

Fonte: Obtido de [2]

Na figura q_i é o fluxo de entrada, q_o o fluxo de saída, V_i é a válvula de entrada e V_o a válvula de saída. A resistência de fluxo do líquido na tubulação é definida como a variação na diferença de nível necessária para uma variação unitária na vazão, dessa forma:

$$R = \frac{\Delta H}{\Delta Q} \quad (1)$$

Onde ΔH é a variação de nível e ΔQ a variação de vazão. Considerando uma vazão de saída turbulenta, ela é dada por:

$$Q = K\sqrt{H} \quad (2)$$

Onde K é um coeficiente de proporcionalidade e H o nível. Dessa forma, a equação da resistência fica:

$$R = \frac{2H}{Q} \quad (3)$$

A capacitância do tanque é definida como uma variação da quantidade de líquido armazenado necessária para produzir uma variação unitária da altura do nível do líquido, dessa forma:

$$C = \frac{\Delta V}{\Delta H} \quad (4)$$

A equação geral representativa da dinâmica do sistema para o nível do tanque é dada por:

$$\dot{h} = -\frac{2h}{R_0 C_1} f(\alpha) + \frac{1}{C_1} q_i \quad (5)$$

Onde h é o nível do tanque, R_0 a resistência da válvula de saída, C_1 é a capacitância do tanque, $f(\alpha)$ uma função percentual de abertura da válvula de saída.

3.2.2 CASO MIMO

A figura 7 apresenta a configuração MIMO.

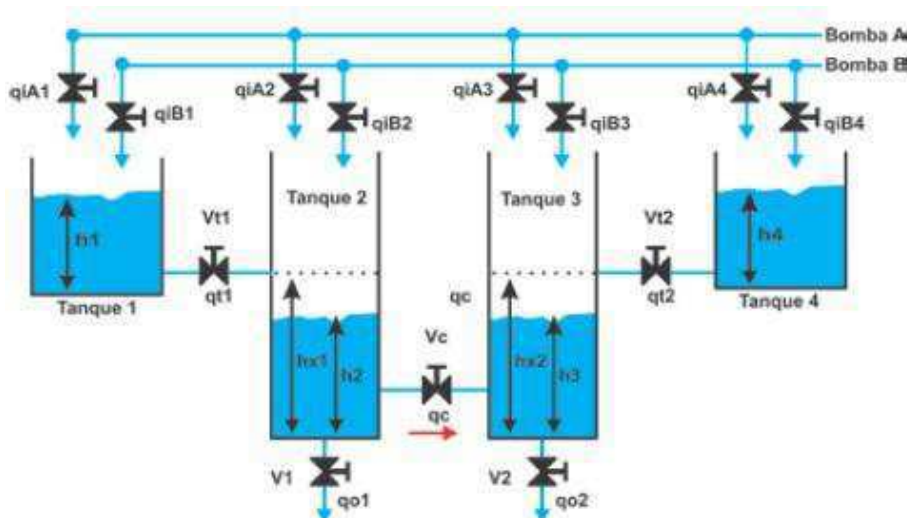


Figura 7 – Sistema MIMO

Fonte: Obtida de [2]

Na configuração MIMO o nível dos tanques 2 e 3 representam uma situação diferente cada configuração.

Para o caso de $h_2 < h_{x1}$ e $h_3 < h_{x2}$, os pares de tanques 1 e 2, 3 e 4 encontram-se em cascata, para $h_2 > h_{x1}$ e $h_3 > h_{x2}$, os pares de tanques 1 e 2, 3 e 4 encontram-se interligados, para $h_2 > h_{x1}$ e $h_3 < h_{x2}$, 1 e 2 encontram-se interligados e 3 e 4 em cascata, para $h_2 < h_{x1}$ e $h_3 > h_{x2}$, 1 e 2 encontram-se em cascata e 3 e 4 interligados. Cada caso vai ser representado por um modelo diferente.

4 ATIVIDADES REALIZADAS

4.1 AMBIENTAÇÃO

A primeira atividade realizada no estagio foi a ambientação com a planta e os sistemas utilizados para o controle de seu funcionamento.

O sistema da planta é um sistema complexo que envolve a comunicação entre sistema supervisório, CLP, IHM e componentes constituintes da planta, como visto no diagrama da figura 4.

O código do CLP é feito em ladder que é um auxílio gráfico para programação de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), no qual as funções lógicas são representadas através de contatos e bobinas, de modo análogo a um esquema elétrico com os contatos dos transdutores e atuadores.

A comunicação entre o sistema supervisório e o programa do RSLogix5000, onde é implementada a lógica do controlador, é dada via OPC, que é um padrão de comunicação entre sistemas.

Durante a etapa de ambientação foram documentados os estudos e compreensão sobre o funcionamento da planta, o sistema de malhas, o supervisório e o código do controlador.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO

Para o controlador foram implementadas as lógicas de oito malhas, duas malhas de vazão FIC01 e FIC02 e seis malhas de nível LIC01, LIC02, LIC03, LIC04, LIC05, LIC06.

A malha de vazão FIC01 foi implementada para avaliação da operação da bomba 1. A malha é composta pelo reservatório e bomba 1. Foi aplicado um controlador PID para que a bomba funcione conforme desejado. Para o funcionamento da malha, o operador define um valor de *SetPoint* para a vazão da bomba e as constantes K_p , K_i e K_d do controlador. O programa utiliza o sensor de vazão da bomba

1 como variável de processo, dessa forma, é comparado o erro da vazão lida com a vazão desejada e definido o valor da velocidade da bomba.

A malha FIC02, da mesma forma, é utilizada para avaliação do funcionamento da bomba 2. A malha é composta pelo reservatório, bomba 2 e tanque 4. Para o funcionamento do sistema deve-se deixar a válvula manual de saída do tanque 4 aberta, assim como a válvula manual de entrada do tanque 4 pela bomba 2, as demais devem estar fechadas. O operador então define os valores das constantes do controlador PID, o valor de vazão desejada, o valor do nível do tanque 4 desejado, e se a abertura da bomba 2 deve ser em função do valor de vazão ou nível do tanque.

A malha de nível LIC01 é composta pelo tanque 1, tanque 2 e válvula elétrica 1. Ela é utilizada para controlar o nível do tanque 1 a partir da abertura da válvula elétrica situada na saída do tanque 2. Para o funcionamento da malha, a válvula manual de conexão entre tanque 1 e 2 deve estar aberta. O operador define os valores das constantes do controlador e o valor do nível desejado para o tanque 1. A abertura da válvula será controlada de forma a manter, no tanque, o nível desejado. A bomba pode ser utilizada como uma perturbação ao sistema durante essa operação de controle.

A malha de nível LIC02 é utilizada para controlar o nível no tanque 2 a partir da bomba 1. Dessa forma, a válvula manual de ligação da bomba 1 ao tanque 2 deve estar aberta e as demais fechadas. O operador define o valor desejado para o nível do tanque 2 e os parâmetros do controlador PID, a abertura da bomba 1 é então controlada para manter no tanque o nível desejado. A válvula elétrica do tanque 2 pode ser utilizada como uma perturbação ao sistema.

A malha de nível LIC03 é composta pelo tanque 3, válvula elétrica 2 e bomba 2. A abertura da válvula 2 é controlada de acordo com o nível de vazão desejado no sistema ou o nível do tanque 3. O operador define o valor de vazão, o nível do tanque, as constantes do controlador e a variável de controle. Para o funcionamento da malha, a válvula manual de conexão da bomba 2 ao tanque 3 deve estar ligada, as demais desligadas.

A malha de nível LIC04 é utilizada para efetuar o controle de nível no tanque 4 a partir da bomba 1, dessa forma, a válvula manual da bomba 1 para o tanque 4 deve estar ligada. Perturbações no sistema podem ser implementadas a partir de abertura da válvula elétrica 2. O controlador define as constantes do PID e o valor desejado de nível do tanque.

A malha LIC05 é utilizada para o controle de nível no tanque 3 a partir da abertura da válvula 2 ou pela bomba 2. Para o funcionamento, a válvula manual entre a bomba 2 e o tanque 3 deve estar ligada e as demais desligadas. O controlador define as constantes do PID, o nível desejado para o tanque 3 e a entrada do sistema, se a bomba 2 ou válvula 2.

A malha de nível LIC06 é composta pelo tanque 2, tanque 3, bomba 2 e válvula 2. O operador define um valor de set point que poderá ser utilizado para o controle de nível do tanque 2 ou 3 (também é definido pelo operador). O controle pode ser efetuado pela bomba 2 ou válvula 2 (definido pelo operador). Para o funcionamento do sistema as válvulas manuais entre a bomba 2 e o tanque 3 e 2 devem estar ligadas, assim como a válvula manual de conexão entre os tanque 2 e 3. As demais devem estar desligadas.

Além da implementação da configuração e controle de cada malha, foram implementados a lógica para definição do modo de operação, operação da bomba, da válvula, e uma subrotina de segurança.

Uma *main* foi implementada para habilitar as sub-rotinas. As rotinas de controle de bomba, controle válvula e segurança são sempre habilitadas, já as rotinas para modo de operação e operação de uma malha específica são habilitadas dependendo da seleção do operador no sistema supervisorio da malha a ser simulada e do modo de operação.

A subrotina de segurança verifica o acionamento do botão de emergência, do reset e retorno da boia de nível máximo dos tanques. No caso de o botão de emergência ser acionado, é realizado o desarme das bombas e válvulas, que voltarão ao normal de pressionado *reset*. No caso de indicação de nível máximo no tanque, as bombas serão desarmadas, e novamente voltarão ao normal quando “resetadas”.

A subrotina de modo de operação define o modo de operação da planta que pode ser via supervisorio, automática ou IHM. O modo de operação é definido pelo operador do sistema. Definido o modo de operação, bombas e válvulas são habilitadas para funcionar no modo selecionado. Para a operação no modo supervisorio, o operador do sistema define os valores das variáveis de entrada do sistema no próprio sistema supervisorio; na operação IHM o valor dessas variáveis são definidas pela IHM; para operação no modo automático, o valor das variáveis de entrada serão definidos pelo controlador, de acordo com especificações do operador para a malha selecionada.

A subrotina de controle de bomba é responsável por controlar a abertura da bomba de acordo com o modo de operação selecionado, se selecionado o modo de operação supervisorio, a bomba estará habilitada para funcionar ao comando do

operador. O mesmo acontece para o caso IHM, em que a bomba funciona de acordo com especificado na IHM. Se selecionado o modo de operação automático, o acionamento da bomba é definido pelo controlador, assim como o valor de sua velocidade.

A subrotina de controle de válvula é estruturada da mesma forma da de controle de bomba, dependendo do modo de operação selecionado, ela terá seu funcionamento relativo ao sistema supervisorio, IHM ou controlador.

As figuras 8 e 9 ilustram, a partir de um diagrama de sequencias, o funcionamento do sistema para seleção de um determinado modo de operação, o modo automático, e para a ativação de uma das entradas da planta, a bomba 1, pelo modo de operação supervisorio, respectivamente.

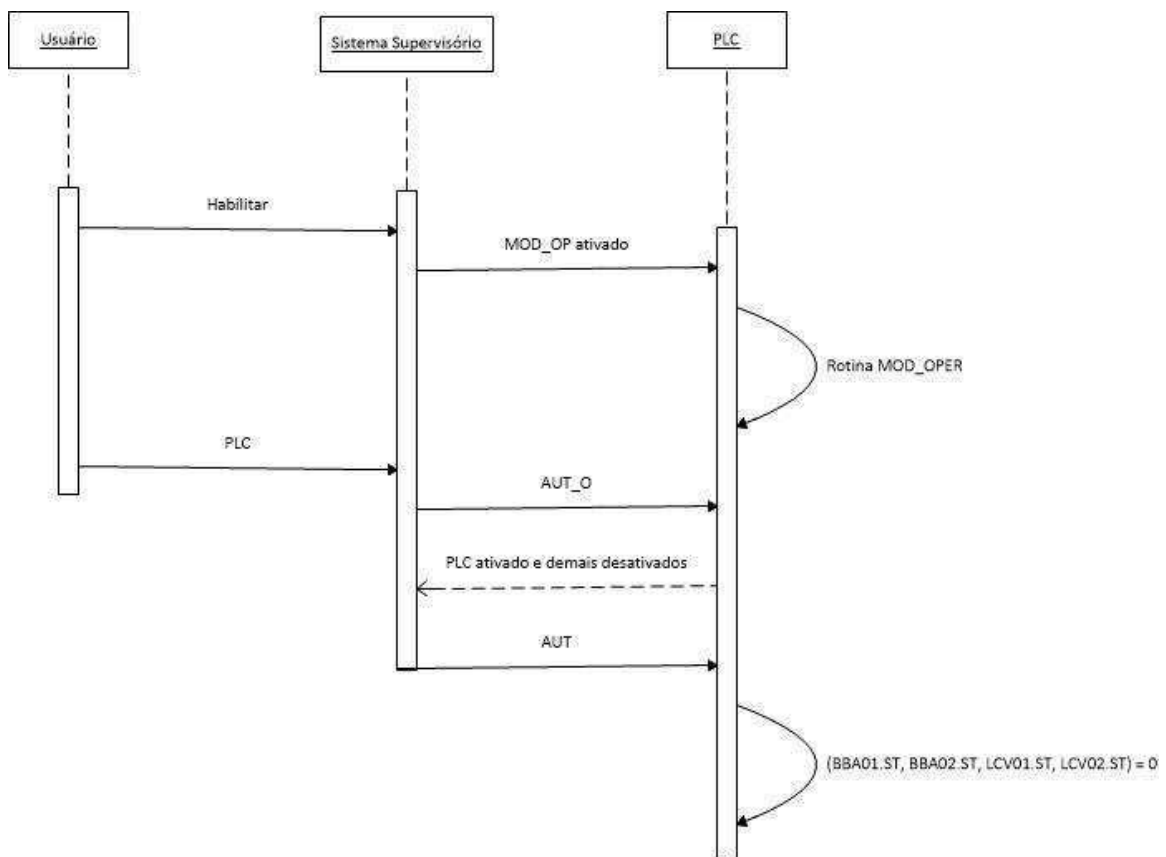


Figura 8 – Diagrama de sequencia para seleção de um modo de operação

Fonte: Autor

No diagrama de sequencias da figura 8 é verificado que o primeiro passo para determinação do modo de operação é habilitar a caixa de seleção do modo de operação no sistema supervisorio, habilitada essa caixa possui como *tag* a variável MOD_OP que

pode ser visualizada pelo controlador. Com a ativação dessa variável, o controlador visualiza a subrotina de modo de operação.

O operador define então o modo de operação desejado, que no caso ilustrado é a operação no modo supervisorio. O modo de operação supervisorio possui como *tag* a variável AUT_O que define o modo de operação selecionado e desativa os demais modos de operação. A partir daí o controlador determina o comportamento de bombas e válvulas no modo de operação automático (BBA01.ST, BBA02.ST, LCV01.ST e LCV02.ST)=0.

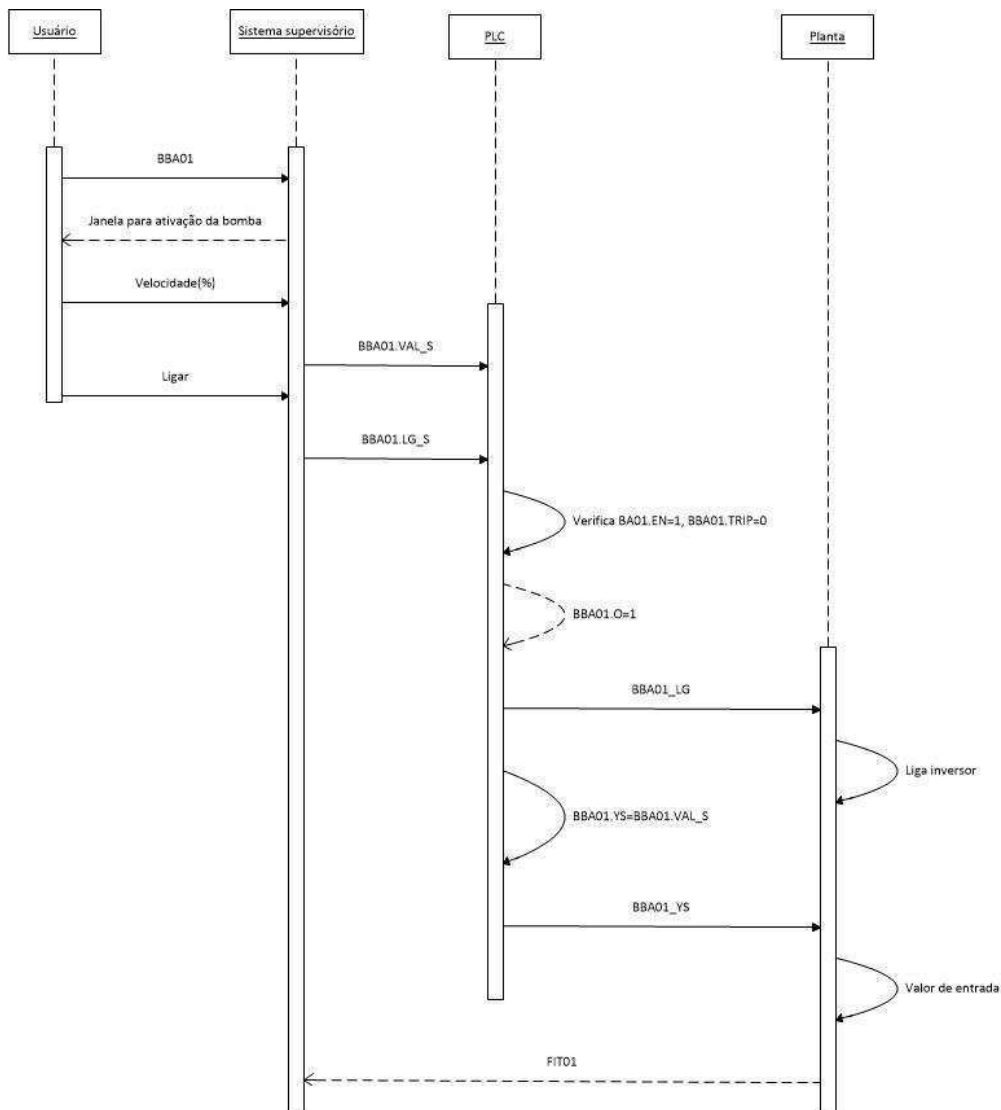


Figura 9 – Diagrama de sequencia ilustrando a operação da bomba no modo de supervisorio

Fonte: Autor

No diagrama de sequencia da figura 9, o operador inicialmente seleciona a bomba 1 (BBA01) que é o componente da planta que ele deseja manipular. O

supervisório exibe então uma janela com variáveis da bomba 1 onde o operador define a velocidade de rotação da bomba, em porcentagem, e manda o comando de ligar. A velocidade a ser definida para a bomba possui como *tag* BBA01.VAL_S e o de ligar BBA01.LG_S que são vistas pelo controlador.

O controlador verifica se a bomba não estar desarmada (BBA01.TRIP=0) e se está habilitada para poder ligar (BBA01.EN=1). Se os dois forem verdade, o controlador habilita a ligação da bomba (BBA01.O=1) e manda ligar o inversor (BBA01_LG), salva o valor definido pelo operador (BBA01.YS = BBA01.VAL_S) e passa para a planta (BBA01_YS) que irá ligar na velocidade definida. Seu funcionamento pode ser verificado pelo sensor de vazão FIT01.

Posteriormente durante o estágio foram desenvolvida atividades de teste e verificação de erros para garantir o funcionamento da planta nos diferentes modos de operação.

4.3 TESTES

Os primeiros testes realizados na planta foram em função de verificar o estado dos dispositivos constituintes, se todos estavam em condição de operação. Nessa primeira verificação, as bombas mostraram um funcionamento adequado, no entanto sensores e válvulas não estavam funcionando. Foi verificado que a conexão de comando nos sensores não estava firme e as válvulas se encontravam travadas.

Com a planta completamente operacional começaram a ser realizados testes para verificar seu comportamento. Foi visto que no modo de operação supervisório, onde o operador do processo define valores de vazão para as bombas e abertura para as válvulas elétricas, a planta se comportava correspondente ao esperado. No entanto, ela não apresentou comportamento para o modo de operação IHM e modo de operação automático.

Para o caso da operação IHM, o programa disponível na IHM correspondia a uma versão anterior do sistema supervisório, dessa forma variáveis não eram reconhecidas pelo sistema.

Para o caso do modo de operação automático inicialmente tentou-se verificar o funcionamento para diferentes valores de controladores, no entanto, para nenhum deles

foi obtido o funcionamento desejado. Tentou-se utilizar o BrTuning (ferramenta de sintonia desenvolvida no LIEC) para uma melhor sintonia.

No entanto, foi verificado que, no programa implementado, uma linha de código, estava impedindo a ativação dos inversores de frequência, para o modo de operação automático, e dessa forma o funcionamento da bomba hidráulica. Com o funcionamento correto da bomba implementado, foi possível analisar o comportamento das malhas de fluxo da planta.

5 CONCLUSÕES

O estágio realizado no LIEC permitiu uma maior aproximação com o que seria a realidade de um trabalho numa indústria. Nele teve-se contato com uma planta industrial, seu sistema supervisor, a implementação de comandos para o controlador e verificação de seu funcionamento. Dessa forma, apesar de ter sido realizado na universidade, o estágio teve um caráter prático.

A princípio houve dificuldades para a operação da planta devido a complexidade do sistema e falta de documentação. Dessa forma a compreensão do seu funcionamento foi dado a partir da análise do código anterior já implementado no controlador e do sistema supervisor desenvolvido.

A manipulação da planta de tanques acoplados possibilitou a solidificação de conhecimentos adquiridos durante o curso em disciplinas de instrumentação, controle e automação industrial assim como a obtenção de novos conhecimentos sobre sistema supervisor e operação de uma planta industrial. Negativamente, pode ser destacado a carência de mais experiências práticas no decorrer do curso, voltadas ao mercado de trabalho, demonstrando aos alunos o potencial que seu conhecimento pode gerar para o mercado e para a sociedade.

O LIEC teve papel fundamental no sucesso do estágio supervisionado, dando condições de trabalho, apoio, designando atividades e contribuindo para o crescimento do estagiário, bem como o alcance dos objetivos traçados para o período do estágio.

REFERÊNCIAS

- [1] Site do LIEC, disponível em: <http://liec.ufcg.edu.br/Default.cshtml>. Acesso em 12/06/2016.
- [2] Barroso, H., Lima, R., Silva, M., Barbosa, A. Barros, P.R. “Modelagem e controle de uma planta didática de quatro tanques acoplados”, SBAI, 2015.
- [3] Holanda, I. A. G. T, Falcão L. C. L., Rocha, O. B. M., Freire, R. V. “Memorial descritivo: Planta de Nível e vazão”, 2016.
- [4] KSB HYBROBLOC. Instruções de uso e manutenção, KSB HYDROBLO P 500 T.
- [5] WEG. Manual do inversor de frequência série CFW-08.
- [6] Belimo. Technical data sheet NVF44-MFT (-E) (-T).
- [7] SMAR. Intelligent Pressure Transmitter with Control Capability. LD301. 2014.
- [8] Allen Bradley. ControlLogix Analog I/O Modules. User manual. 2015.
- [9] Allen Bradley. PanelView Plus Terminals. 2009