

2.ª Prática – Controle (PID) do Nível da Caldeira (Tanque 02) da Planta de Instrumentação Industrial e Controle de Processos da De Lorenzo

OBJETIVO:

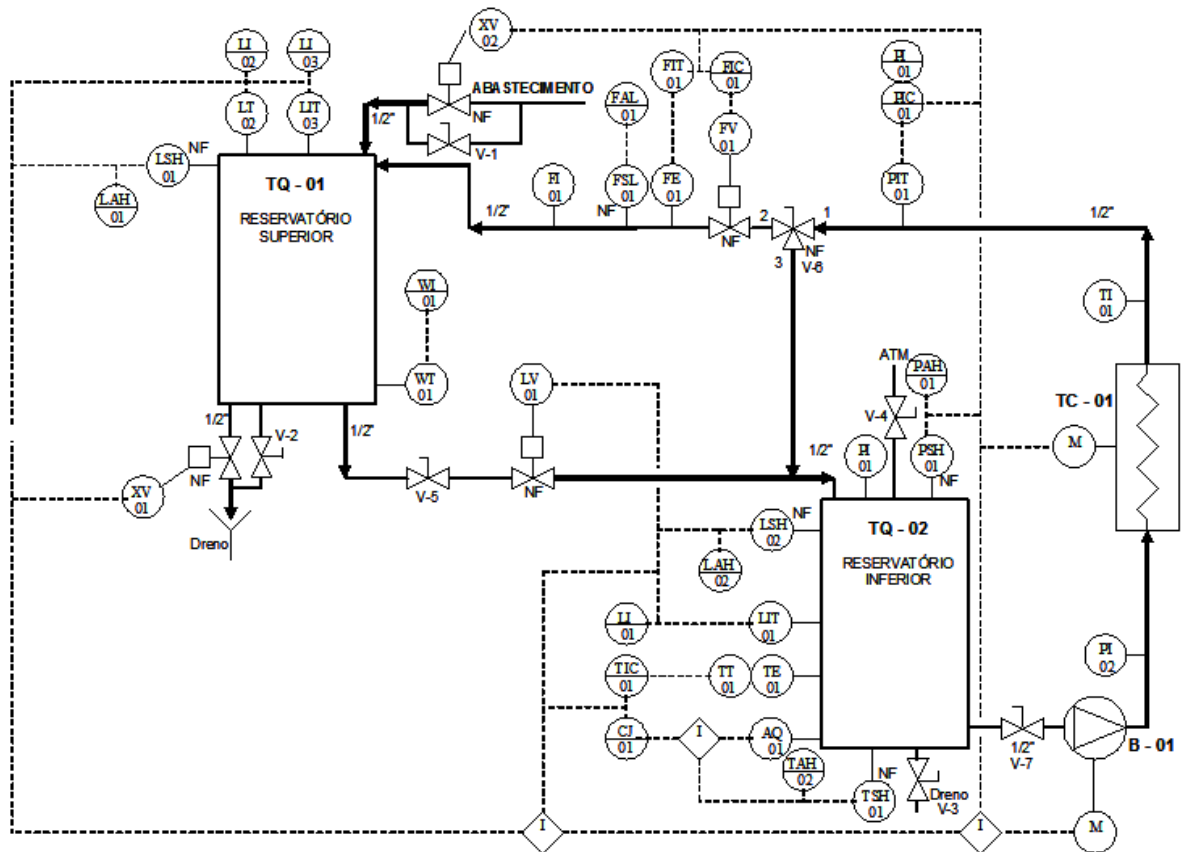
1. Fazer o controle (**PID**) de um determinado nível na planta de instrumentação e controle de processos, aprendendo a utilizar os módulos, contidos na mesma, para esse fim.

DATA: ____/____/____.

Nome dos alunos

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO



1.2 - Tabela 1 – Especificação dos componentes da planta didática.

TAG	DESCRIÇÃO	LOCAL
WT-01	Célula de Carga	TQ-01
XV-01	Válvula Solenóide 1/2" dreno do tanque	TQ-01
XV-02	Válvula Solenóide 1/2" entrada de água (abastecimento)	Entrada TQ-01
LSH-01	Chave de Nível	TQ-01
LSH-02	Chave de Nível	TQ-02
LIT-01	Transmissor de Nível por pressão diferencial, tipo capacitivo	TQ-02
LT-02	Transmissor de Nível tipo bóia magnética	TQ-01
LIT-03	Transmissor de Nível por pressão diferencial, tipo capacitivo	TQ-01
PSH-01	Pressostato de Segurança	TQ-02
PI-01	Manômetro	TQ-02
PI-02	Manômetro	Saída da B-01
PI-01	Indicador de Pressão Digital	Porta do Painel
PIT-01	Transmissor de Pressão Manométrico, tipo capacitivo	Saída do TC-01
TE-01	Termoresistência Tipo PT-100	TQ-02
TT-01	Transmissor de Temperatura	TQ-02
TIC-01	Controlador de Temperatura Digital	Porta do Painel
CJ-01	Controlador de Potencia tipo PWM	Interno Painel
AQ-01	Aquecedor elétrico	TQ-02

TSH-01	Termostato de Segurança	TQ-02
LV-01	Válvula de controle de nível de 1/2"	Saída do TQ-01
FV-01	Válvula de controle de vazão de 1/2"	Saída do TC-01
FIC-01	Controlador de Vazão Digital	Porta do Painel
FIT-01	Transmissor de Vazão por pressão diferencial, tipo capacitivo	Saída do TC-01
FE-01	Placa de Orifício	Saída do TC-01
FI-01	Rotâmetro	Saída do TC-01
FSL-01	Chave de Fluxo	Saída do TC-01
TI-01	Termômetro tipo Capela	Saída do TC-01
TC-01	Trocador de Calor	Saída da Bomba

1.3 - ALARMES

Quando for **gerado** um **alarme**, em caso de um **evento irregular**, uma **tecla correspondente ao alarme ativo** ficará com o seu **led** correspondente **piscando** e,

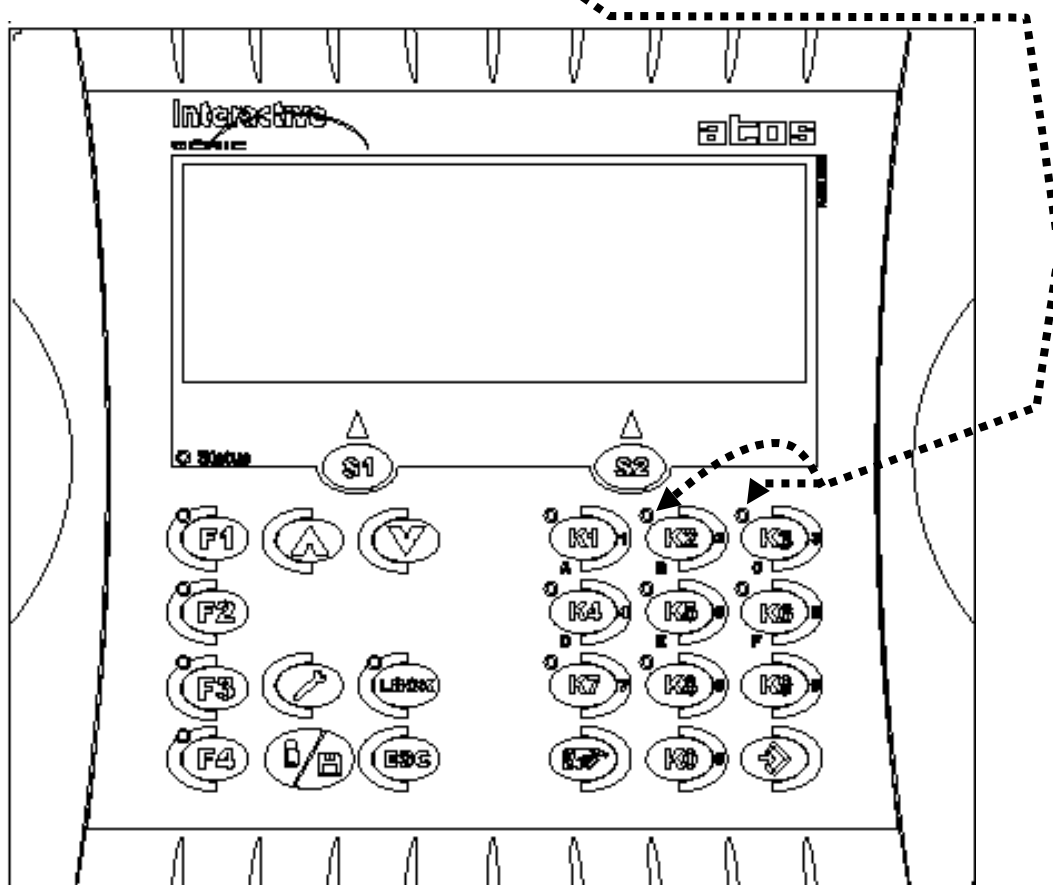


Figura 1 – Led's de alarmes

Automaticamente aparecerá na **IHM**, a mensagem do alarme ativado, conforme descrição abaixo.

Os alarmes são:

Tabela 2 – Descrição dos alarmes

Tecla K3	Nível baixo TQ02 bomba desligada
Tecla K4	Alta temperatura no TQ-02
Tecla K5	Fluxo baixo

Tecla K6	Alta Pressão no TQ-02
Tecla K7	Nível muito alto no TQ-02
Tecla K8	Nível alto no TQ-02

Quando estiver um **led** vermelho de alarme piscando, conforme relação acima, você poderá monitorar o alarme pressionando a respectiva tecla, ou seja, **K3**, **K4**, ..., até **K8**.

Para sair da indicação de alarme do display pressione **S1** ou **S2**.

2 - PROCEDIMENTOS PARA DEIXAR A PLANTA EM CONDIÇÃO DE REALIZAR AS ATIVIDADES PROPOSTAS

2.1 - A pressão da rede de ar comprimido deverá ser de 6 kgf/cm². Caso a válvula de esfera do registro de ar comprimido ainda não esteja aberta, abra-a e ajuste o manômetro do registro para que a pressão do ar comprimido fique no valor de 6 kgf/cm².

2.2 - Verifique os registros equalizadores do transmissor indicador de nível LIT – 01, medidor do nível do tanque TQ-2 (vide fluxograma da planta).

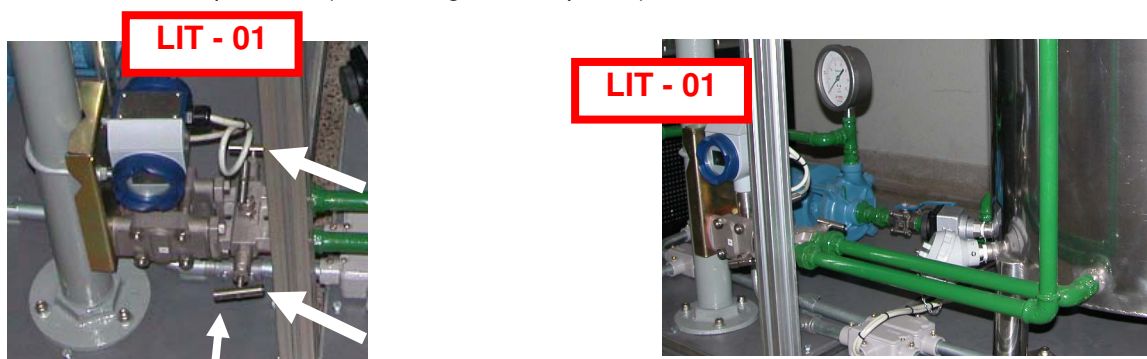


Figura 2 – Registros equalizadores nas entradas de tomadas de pressão do LIT - 01

- Verifique se os dois registros laterais estão totalmente abertos;
- Verifique se o registro central está totalmente fechado.

2.2.1. Medição de Nível em Tanque Pressurizado por Diferença de Pressão

Na indústria de controle de processos, costuma-se definir a grandeza nível, como sendo a determinação da posição de uma mistura entre dois meios, podendo ser um líquido, um sólido, ou mesmo a combinação entre um líquido e um sólido, um líquido e um gás ou vapor. Mas usualmente, o emprego da medição de nível nas indústrias é configurado para determinar a altura da coluna de um reservatório, onde o meio, quase sempre, é um líquido.

Usando a **medição direta**, comparamos diretamente a distância entre o nível do produto a ser medido e um referencial pré-definido. Neste tipo de medição podemos utilizar instrumentos de observação visual direta, como trenas, visores graduados, ou mesmo observando a posição de um flutuador (bóia) como nas caixas d'água que temos em nossas residências.

Já na **medição indireta**, a posição da superfície do produto cujo nível se quer medir, é determinada a através da medida de outra grandeza física a ela relacionada. Nesta classificação podemos encontrar os instrumentos que medem o nível pela pressão da coluna hidrostática de um líquido como os transmissores diferenciais com leitura remota, ou ainda, os instrumentos específicos para determinar o nível através da variação do peso do equipamento que contém o produto a ser medido.

O transmissor indicador de nível LIT – 01 medidor do nível do tanque TQ-2, utiliza o princípio de diferença de pressão para **medição de nível por medição indireta**.

Conceitualmente, o **Teorema de Stevin**, desenvolvido pelo engenheiro, físico e matemático que nasceu na Bélgica, descreve que a pressão desenvolvida por um fluido depende exclusivamente da sua altura, dando assim, uma explicação para o chamado paradoxo hidrostático ou pressão hidrostática, definida pelo produto do peso específico pela gravidade e altura da coluna desse líquido, portanto $P = \delta \cdot g \cdot h$, conforme ilustrado na figura 3.

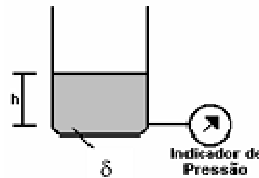


Figura 3 – Paradoxo hidrostático

Na figura 4, considere que os pontos 1 e 2 estão no interior de um fluido de densidade definida. A diferença de nível entre esses pontos é h . Como o líquido está em equilíbrio a força resultante que atua no sistema deve ser nula, desta forma tem-se que $p_1 \cdot A + g \cdot h \cdot A - p_2 \cdot A = 0$, portanto, a diferença de pressão entre dois pontos da massa de um líquido em equilíbrio é igual à diferença de profundidade multiplicada pelo peso específico do líquido, $p_2 - p_1 = g \cdot h$.

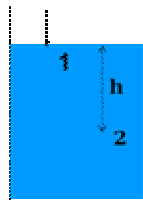


Figura 4 – Altura versus diferença de pressão

Pelo uso da pressão diferencial, a aplicação do Teorema de Stevin, permite medir o nível em tanques sejam eles abertos ou pressurizados, utilizando um manômetro diferencial ou transmissor de pressão diferencial.

Na medição de nível utilizando dispositivos do tipo pressão diferencial, mede-se a pressão da coluna líquida, desenvolvida pelo líquido confinado dentro do tanque cujo nível se deseja medir. A medição da coluna líquida (hidrostática) é feita utilizando-se um transmissor de pressão diferencial, conectando-se as tomadas do instrumento remotamente ao tanque. Como o valor da pressão exercida pela coluna é dado por:

$$\text{Pressão} = \text{Densidade do líquido} \times \text{Altura da coluna líquida},$$

e considerando que, usualmente, a densidade do líquido é conhecida, e não varia de forma substancial, o nível (altura da coluna líquida) pode ser determinado de forma **indireta**, utilizando a pressão diferencial. Assim, podemos refazer a equação, obtendo-se:

$$\text{Nível (altura da coluna líquida)} = \text{Pressão} / \text{Densidade do líquido}.$$

Para tanques pressurizados, na maioria das aplicações o transmissor é instalado no campo (ao lado do tanque) em um suporte tubular. A tomada de impulso na parte baixa do tanque é conectada à câmara de alta pressão (lado H) do transmissor diferencial. A pressão atuante na câmara de alta é a soma da pressão exercida sob a superfície do líquido e a pressão exercida pela coluna de líquido no fundo do tanque. A câmara de baixa pressão (lado L) do transmissor diferencial é conectada na tomada de impulso na parte de cima do tanque, onde se mede somente a pressão exercida sob a superfície do líquido.

Este tipo de instalação é permitido, pelo uso de acessório chamado **selo diafragma**, com capilares acoplados nas tomadas de alta e baixa do transmissor diferencial que farão a ligação remota nas tomadas de impulso do tanque. Estes selos possuem um **líquido de enchimento** interno que permitem a transferência de pressão exercida em seus diafragmas (membranas) até a cápsula (elemento sensor) do transmissor diferencial, conforme indicado na figura 5.

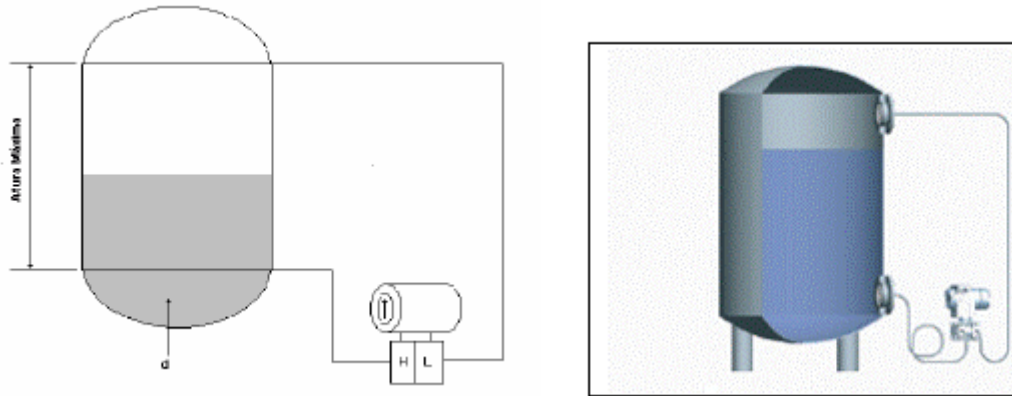


Figura 5- Transmissor indicador de nível por diferença de pressão LIT-01

- 2.3 -** Verifique os registros equalizadores do transmissor indicador de vazão FIT – 01, medidor da vazão do tanque TQ-1 (vide fluxograma da planta).
- Verifique se os dois registros laterais estão totalmente abertos;
 - Verifique se o registro central está totalmente fechado.

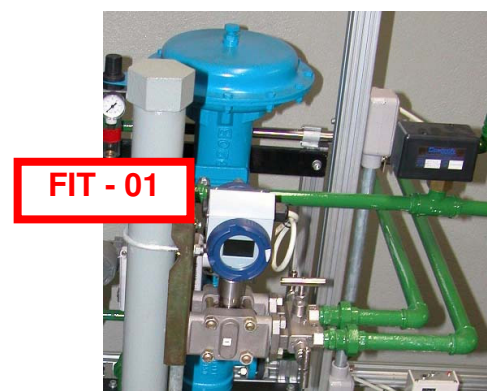
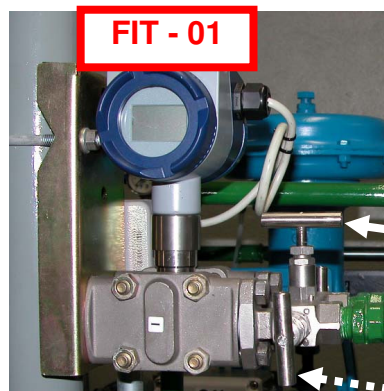


Figura 6 – Registros equalizadores nas entradas de tomadas de pressão do FIT - 01

2.4 - ENERGIZANDO O PAINEL DE COMANDO

- Ligue o disjuntor geral que energiza a planta;
- Gire a chave seletora para a posição 2;
- Aperte o push botton de cor verde.



Figura 7 – Vista geral do Painel

2.5 - ABASTECIMENTO DO TQ-01 COM ÁGUA POTÁVEL

Obs. Identifique e veja a função de todas as válvulas manuais no fluxograma da planta.

1. Abrir o registro de água na parede;
2. Fechar a válvula de esfera manual (V-1) de alimentação de entrada de água do tanque de acrílico (TQ-01).
3. Feche a válvula de esfera manual (V-2) de dreno do tanque de acrílico (TQ-01);
4. Fechar a válvula de esfera manual (V-3) de dreno do tanque de Aço Inox (TQ-02);
5. Abrir a válvula manual V-4, para que não ocorra pressurização do tanque de aço inox TQ-02;
6. Fechar a válvula manual V-5, que serve para liberar o abastecimento da caldeira (TQ-02).
7. Abastecer o TQ-01, manualmente, ou seja, abrir a válvula de esfera manual V-1 de alimentação de entrada de água do tanque de acrílico (TQ-01).
8. Quando o nível do TQ-01 atingir 70 % (indicado no display do transmissor de nível LIT-03 (indicação em porcentagem "%"), fechar a válvula esfera manual V-1 para cessar o abastecimento.
9. Mantenha todos os ajustes realizados até aqui e prossiga, mantendo a planta no estado de operação.

3 - ATIVIDADE MALHA DE CONTROLE

3.1 Controle (PID) por realimentação negativa do nível da caldeira (tanque 02)

Para o controle de nível, tem-se uma malha simples de controle PID, ilustrada na figura 8, constituída pelo transmissor de nível (LIT - 01) e pela válvula de entrada (LV-01) de água do tanque inferior TQ-02. A diferença entre o valor do nível e seu "setpoint" local, provoca a modulação da válvula de entrada de água (LV-01).

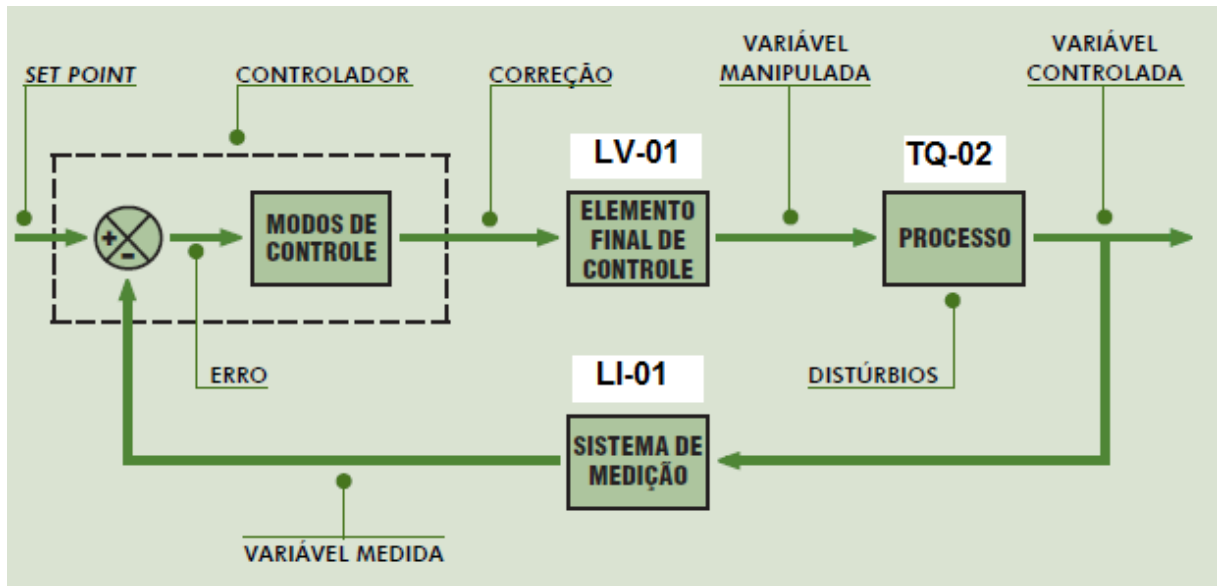


Figura 8 – Malha de controle PID de nível

3.1.1 - AJUSTES INICIAIS

Para o funcionamento da válvula de controle (LV-01), deve-se ligar o compressor de ar comprimido e manter a pressão da rede em 6 kgf/cm². Fazer, caso ainda não esteja feito, o ajuste para 6kgf/cm² no manômetro localizado junto ao registro de fornecimento de ar comprimido.

3.1.2 - PROCEDIMENTOS

- 1) Pela IHM, pressione sucessivamente a tecla S1 até aparecer no display da IHM a mensagem “LV - 01 em manual” ou “LV - 01 em automático”. Aparecerá no display da IHM a informação em porcentagem de abertura da válvula (%).
 - a) Para colocar a válvula de controle LV - 01 em manual, aperte a tecla F4;
 - b) Para alterar, a abertura ou fechamento da válvula de controle LV - 01 valor em porcentagem (%) indicada no display da IHM, proceda da seguinte forma;
 - c) Pressionar, sucessivamente, K1 para abrir ;
 - d) Pressionar, sucessivamente, K2 para fechar;
 - e) Pode-se verificar também a abertura / fechamento na própria válvula de controle LV-01, observando-se a sua haste.
 - f) Para colocar a válvula em automático, pressione a tecla F3. Neste momento, não irá acontecer alterações na válvula de controle LV-01, pois isto só ocorrerá quando alterar o “setpoint”.
- 2) Em automático, a válvula será comandada pelo nível (LIT-01) do reservatório TQ-02, conforme as seguintes etapas:
 - a) Para alterar o “setpoint” do nível do tanque de aço inox (TQ-02), pressione a tecla K0.
 - b) Observe que aparecerá no display “NIVEL TQ02/SET POINT”.

- c) Logo após, pressione a tecla “seleção de parâmetros” (tecla com a estampa da mão). Observe que o display com a indicação do “setpoint” irá piscar.
 - d) Pelo teclado alfanumérico (indicação no teclado da IHM, k0 =0, k1=1, k2=2 e, assim, sucessivamente até K9=9), digite o valor de nível desejado para esta prática, que é 70%;
 - e) Aperte “ENTER”
 - f) Para alterar o valor do PID, pressione a tecla S2, aparecerá no display “NIVEL P I D”;
 - g) Pressione a tecla “seleção de parâmetros” (tecla com a estampa da mão) sucessivamente até chegar ao parâmetro desejado “P I D”;
 - h) Pelo teclado alfanumérico digite os seguintes valores P = 1, I = 2 e D = 15);
 - i) Aperte “ENTER”.
 - j) Pressione a tecla **S2** para **sair** e voltar ao comando da válvula de controle (**LV-01**);
 - k) Para verificar o nível do tanque **TQ-02**, pressione a tecla **S1** até aparecer no display da IHM “**NIVEL TQ02 – LIT - 01**”;
- 3) Para testar o controle PID, que você ajustou.
- a) Abrir a válvula V-5 (que serve para liberar o abastecimento da caldeira TQ-02);
 - b) Anotar o valor indicado no manômetro tipo petroquímico PI-01, figura 9.

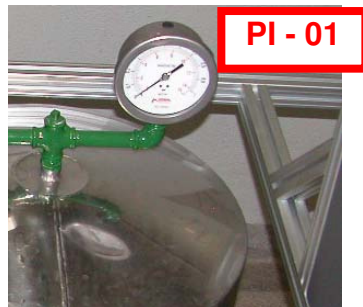


Figura 9 – manômetro petroquímico

- c) Quando o Transmissor Indicador de Nível LIT-01, por pressão diferencial, indicar 5 % para o nível do tanque TQ-02 (caldeira), anote o valor indicado no manômetro tipo petroquímico PI-01;
- d) Fechar a válvula V-4, manualmente, para que ocorra a pressurização do tanque de aço inox TQ-02.
- e) Quando o Transmissor Indicador de Nível LIT-01, indicar 10 % para o nível do tanque TQ-02 (caldeira), anote o valor indicado no manômetro tipo petroquímico PI-01 e abra a válvula V-4, manualmente, para que ocorra a despressurização do tanque de aço inox TQ-02.

- f) Quando o Transmissor Indicador de Nível LIT-01 indicar um valor próximo ao valor do setpoint 70% (que foi estabelecido para o tanque TQ-02), observar e anotar se o controle PID irá atuar de forma satisfatória, ou seja;
- 1) Se a válvula de controle LV - 01 irá fechar com o objetivo de manter o nível do TQ-02 ajustado no setpoint. Se realmente isso ocorreu e o nível está estabilizado, provoque a seguinte situação de desequilíbrio:
 - a) Abra a válvula V-3 de dreno do tanque TQ-02 por alguns segundos e volte a fechá-la novamente, observe e anote se o controle PID irá atuar de forma satisfatória, abrindo a válvula de controle LV_01 com o objetivo de manter o nível do tanque TQ-02 no valor do setpoint 70%;

3.2 - Procedimento para desligar o comando geral da planta:



Figura 10 – Painel de comando da Planta

- a. Apertar o push botton de cor vermelha.
- b. Girar a chave seletora para a posição 1.
- c. Desligar o disjuntor geral que energiza a planta.
- d. A pressão da rede de ar comprimido deverá ser interrompida. Para isso, fechar a válvula de esfera do registro de ar comprimido.
- e. O registro de água na parede deverá ser fechado.

3.3 - DRENAGEM DOS RESERVATÓRIOS TQ-01 E TQ-02

- 1) Para drenar o tanque de acrílico (TQ-01), em direção ao esgoto, Manualmente, abra a válvula esfera V-2, localizada na saída do tanque.
- 2) Para drenar o tanque de inox (TQ-02), em direção ao esgoto, Manualmente, abra a válvula esfera V-3, localizada no fundo do tanque TQ-02.