

3.^a Prática – Controle (PID) DE VAZÃO EM UMA TUBULAÇÃO da Planta de Instrumentação Industrial e Controle de Processos da De Lorenzo

OBJETIVO:

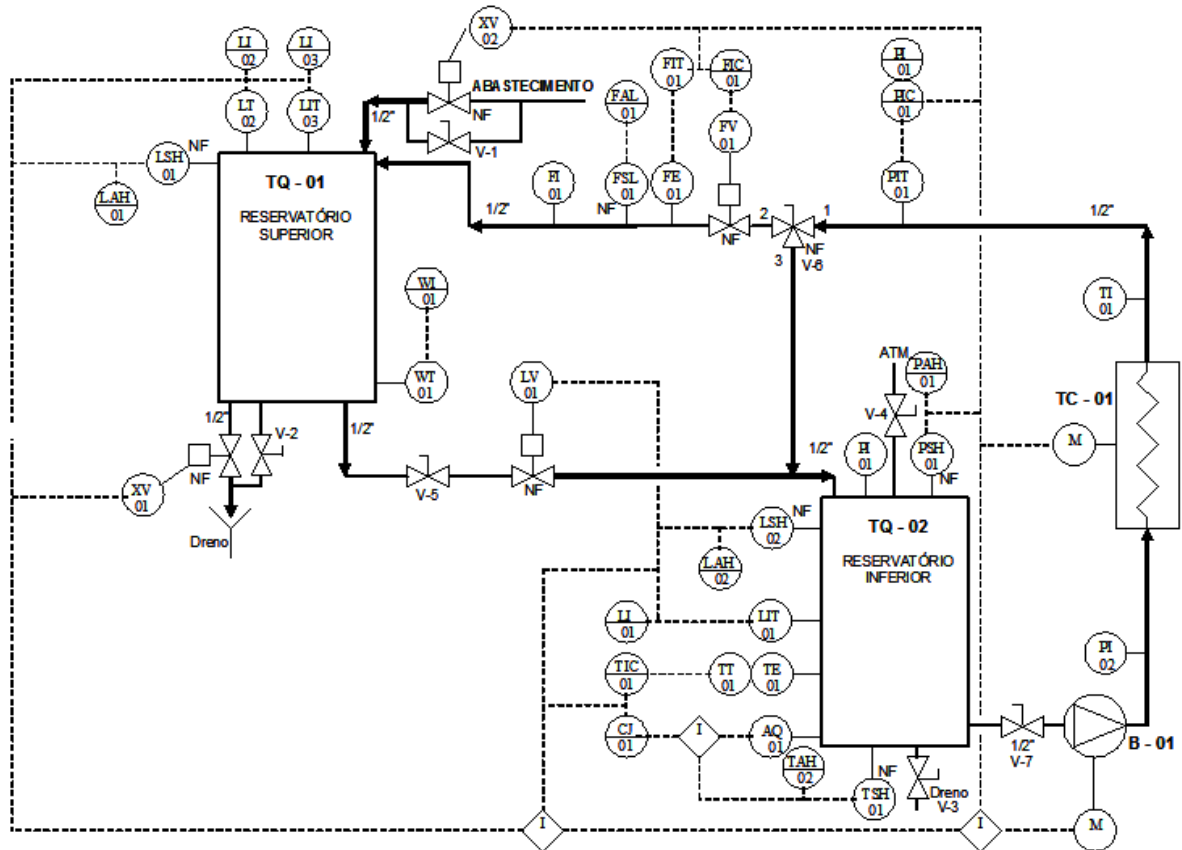
1. Fazer o **controle (PID)** de **Vazão em uma Tubulação** na planta de instrumentação e controle de processos, aprendendo a utilizar os módulos, contidos na mesma para esse fim.

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,

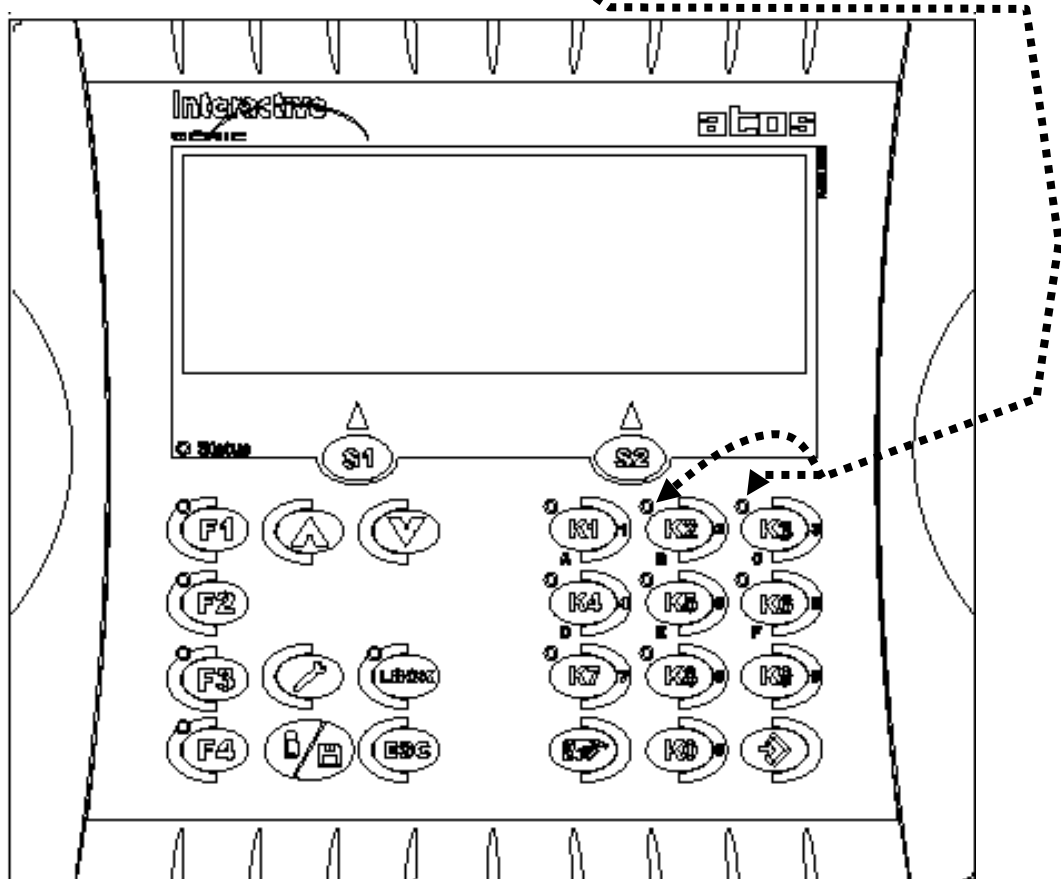


Figura 1 – Led's de alarmes

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 AJUSTES DOS REGISTROS EQUALIZADORES DOS TRANSMISSORES INTELIGENTES DE PRESSÃO DIFERENCIAL LIT-01 E FIT - 01, CONFORME A FIGURA 2.

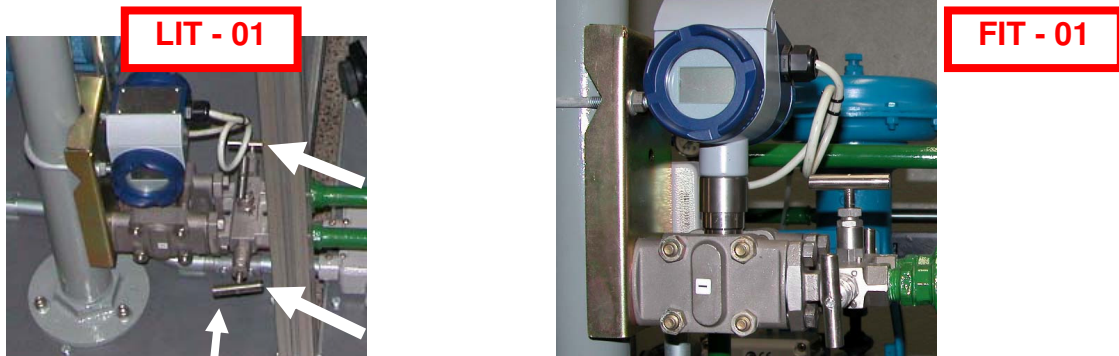


Figura 2 – Registros nas entradas de tomadas de pressão do LIT-01 e FIT -01

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

2.3 ENERGIZANDO O PAINEL DE COMANDO

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



Figura 3 – Vista geral do Painel de comando

2.4 ABASTECIMENTO DO TQ-01 COM ÁGUA POTÁVEL

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 libera 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. AJUSTES INICIAIS:

3.1 REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS REALIZADOS NA PRÁTICA 2 PARA AJUSTAR O NÍVEL DO TANQUE 02 EM 70%

- 1) Pela IHM, pressionar sucessivamente a tecla S1 até aparecer no display da IHM "LV_01 em manual" ou "LV_01 em automático", sendo que aparecerá no

display da IHM a respectiva informação em porcentagem da abertura da válvula LV-01.

- a) 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 se alterar o “setpoint”.

- 2) Em automático, a válvula será comandada pelo nível (LIT-01) do reservatório TQ-02, conforme as seguintes etapas:

- a) Verificar o “setpoint” do nível do tanque de aço inox (TQ-02), pressionar a tecla K0. Observar se aparecerá no display “NIVEL TQ02/SET POINT” igual a 70%. Caso negativo, pressionar a tecla “seleção de parâmetros” (tecla com a estampa da mão). Observar se o display com a indicação do “setpoint” irá piscar. Pelo teclado alfanumérico, digitar o valor de nível desejado para esta prática, ou seja, 70% e aperte “ENTER”.
- b) Verificar o valor do PID, pressionar a tecla S2, aparecerá no display “NIVEL P I D”, e logo após, pressionar a tecla “seleção de parâmetros” (tecla com a estampa da mão) sucessivamente até chegar aos parâmetros “P I D” - P = 1, I = 2, D = 15). Caso contrário e, pelo teclado alfanumérico, digite o valor desejado (sugestão P = 1, I = 2, D = 15) e aperte “ENTER”.
- c) Pressionar a tecla S2 para sair e voltar ao comando da válvula de controle (LV-01).
- d) Para monitorar o enchimento (nível) do tanque TQ-02, pressionar a tecla S1 até aparecer no display da IHM “NIVEL TQ02 – LIT01”.
- e) Abrir a válvula V-5 para liberar o abastecimento da caldeira (TQ-02).
- f) 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;
- g) Fechar a válvula V-4, manualmente, para que ocorra a pressurização do tanque de aço inox TQ-02.
- h) 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. Deixar a válvula V-4 aberta até o final desta prática.
- i) Quando o Transmissor Indicador de Nível LIT-01 indicar um valor próximo ao valor do set point 70% (que foi estabelecido para o tanque TQ-02), observar e anotar se o controle PID irá atuar de forma satisfatória;
- j) A válvula de controle LV - 01 irá fechar com o objetivo de manter o nível do TQ-02 ajustado no set point igual a 70%. Se realmente isso ocorreu e o nível está estabilizado, prossiga para a próxima etapa.

4. CONTROLE (PID) POR REALIMENTAÇÃO NEGATIVA DE VAZÃO EM UMA TUBULAÇÃO.

Para o controle da vazão em uma tubulação, tem-se uma malha simples de controle PID, constituída pelo transmissor de vazão FIT-01 e pela válvula de controle de vazão (FV-01) localizada na tubulação de retorno para o tanque de acrílico TQ-01. A diferença de pressão detectada pela placa de orifício (FE-01) é convertida em vazão por meio da extração da raiz quadrada no transmissor. O valor da vazão diferente do seu “set point” provoca a modulação da válvula de controle da vazão.

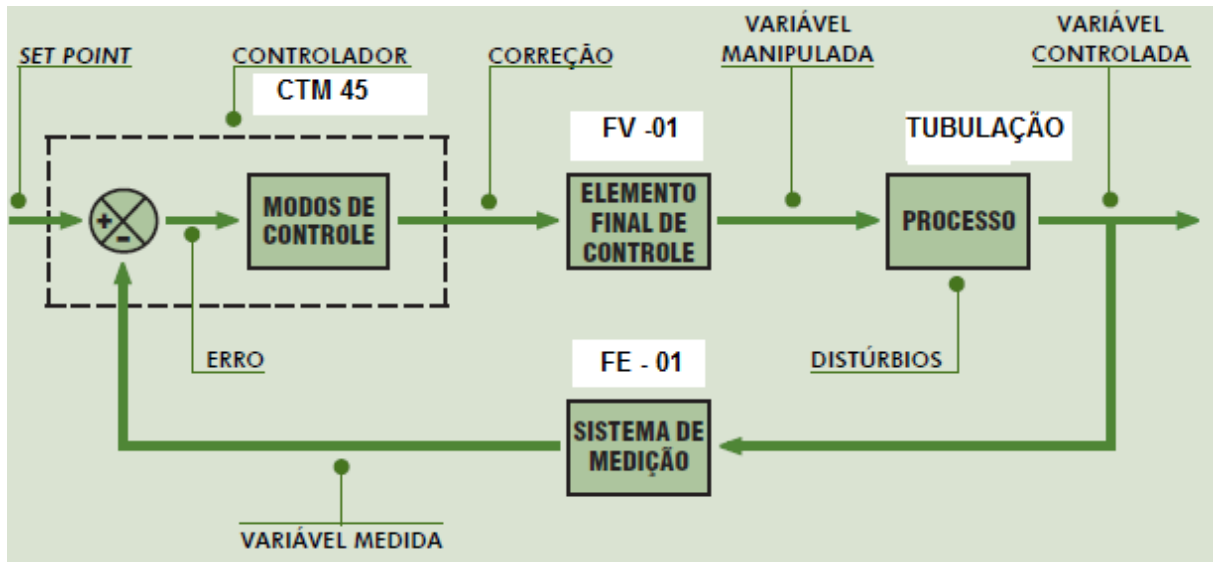


Figura 4 - Malha de controle PID de vazão

4.1 PROCEDIMENTOS PARA ESTABELECEER A VELOCIDADE DA BOMBA

1. Posicionar a válvula de esfera manual V-6 de 3 vias, de forma que o fluxo de água vá do Tanque TQ-02 (caldeira) para o tanque de acrílico TQ-01, ou seja, a haste da válvula de esfera de 3 vias deverá ficar na posição de fluxo de 1 para 2 (Vide no fluxograma do processo V6 – direção 1-2).
2. Abra a válvula de esfera manual V-7 na saída do tanque TQ-02, entrada da bomba B-01.
3. Pela IHM:

- a) Pressionar sucessivamente a tecla S1 até aparecer no display “B01Deslig Manual”,
- b) Pressionar a tecla F4 para passar a bomba para manual.
- c) Verificar se o nível do TQ-02 está igual a 70 % (vide em LIT-01), pressionar a tecla F1 para ligar a bomba e irá aparecer no display da IHM “B01 ligada”, bem como irá acender no painel a lâmpada de cor azul com indicação de “Bomba Ligada”.

Obs.: Caso a bomba B-01 não ligue, verifique o “status” do inversor de frequência, localizado no interior do painel de comando da Planta. Se no display indicar “ERR”, desligue e religue o inversor para “ressetá-lo”.

- d) Para ajustar a velocidade da bomba, pressionar sucessivamente K1 para aumentar e pressionar sucessivamente K2 para diminuir. Estes comandos atuarão diretamente no inversor de frequência, que comanda a velocidade da bomba B-01.
- e) Observar que irá aparecer no display da IHM a indicação da velocidade (em porcentagem “%”) da bomba. Para esta experiência, ajuste em um valor de 70 %.
- f) Desligar a bomba, pressionando F2.

4.2 PROCEDIMENTOS PARA ESTABELECEER O (PID) ATRAVÉS DO CONTROLADOR MICROPROCESSADO “CTM45” DA CONTEMP, LOCALIZADO NO FRONTAL DO PAINEL DE CONTROLE DA PLANTA



Figura 5 – Controlador Microprocessado CTM45 da CONTEMP

4.2.1 Sinalização do Controlador CTM45

A sinalização é feita através de led's localizados na parte frontal dos controladores CTM. Para cada **Estado** do led está associada uma informação, conforme descrito na tabela abaixo:

Led	Estado		
	Apagado	Aceso	Piscando
SP	Display inferior indica parâmetro	Display inferior indica Set-Point	-----
PG	Nenhum programa em execução	Programa em "hoLd" (Parado)	Programa em execução
AT	Auto-Sintonia desligada	-----	Auto-Sintonia sendo executada
C	Controle desligado	Controle atuando no processo	Controle atuando no processo
AL1	Alarme 1 desligado	Alarme 1 ligado	Alarme Temporizado
AL2	Alarme 2 desligado	Alarme 2 ligado	Alarme Temporizado

Figura 6 – Tabela mostrando a Sinalização do Controlador CTM45

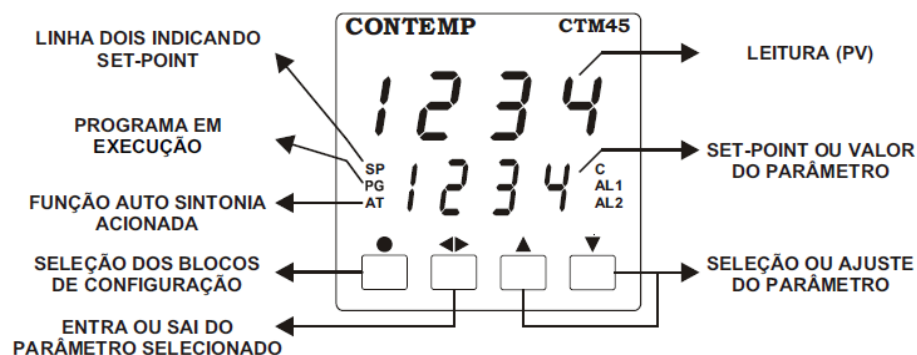






Figura 7 – Elementos do painel do Controlador CTM45

4.2.2 O Teclado do Controlador CTM45

O teclado é composto por 4 teclas, do tipo táctil, com as seguintes funções:

- Tecla  : Selecionar o Bloco de Parâmetros.
- Tecla  : Entrar e sair no conteúdo dos parâmetros.
- Tecla  : Incrementar ou trocar a variável apresentada.
- Tecla  : Decrementar ou trocar a variável apresentada.

4.2.3 Início de Operação no Controlador CTM45

Ao ser energizado o controlador entra no ciclo de Inicialização. Neste, o display mostra a versão do programa instalado e inicializa as variáveis internas utilizadas nos controladores CTM.

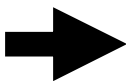
4.2.4 Tela Principal do Controlador CTM45

É a tela apresentada quando o instrumento está trabalhando normalmente. No CTM-44 apresenta a leitura (PV) e no CTM-45 a leitura (PV) e o Set-Point (SP).

4.2.5 Parametrização no Controlador CTM45

O controlador possui 4 blocos de parâmetros, sendo eles:


- **Operação:** utilizado para alterar os parâmetros de uso rotineiro pelo operador;
- **Programas:** permite editar os Programas de Rampas e Patamares;
- **Configuração:** ajusta as características operacionais do controlador;
- **Calibração:** ajusta a escala da leitura e da saída analógica.










Nesta atividade, nós **só iremos trabalhar** com o **Bloco de Parâmetros Configuração**.






4.2.5.1 Parâmetros de Configuração do Controlador CTM45

Permite configurar o tipo de entrada, tipo de saída, as funções dos alarmes e modo de operação do controlador CTM.

Para acessar os parâmetros deste bloco pressione a tecla  até o display indicar Conf.


Para selecionar um parâmetro utilize as teclas  e . Para entrar no parâmetro, pressione , o display pisca. Para alterar o valor, pressione  ou . Para sair do parâmetro, pressione . O retorno à tela principal é feito quando nenhuma tecla for pressionada por mais que 60 segundos ou estando dentro de algum bloco de parâmetros a tecla  for pressionada por 2 segundos.


Na tabela abaixo estão descritos os parâmetros disponíveis neste bloco:

Display	Descrição
 Conf	BLOCO DE CONFIGURAÇÃO: Indica entrada no bloco de configuração.
 R. t	AUTO-SINTONIA dos parâmetros PID, para melhor controle do sistema. oFF: Desligada on: Inicia Auto Sintonia
 P	BANDA PROPORCIONAL de controle. oFF: controlador opera no modo on/off. 0,1 a 999,9 s.
 I	INTEGRAL de controle. Se P = oFF, este parâmetro não é visível oFF: opera sem integral. 1 ~ 9999 s.
 d	DIFERENCIAL de controle. Se P= oFF, este parâmetro não é visível. oFF: opera sem diferencial. 0,1 ~ 999,9 s.

4.2.5.2 Procedimentos no Controlador CTM45 para realizar a experiência

- 1) Estando a Planta ligada, por meio das seguintes teclas:

Tecla  : Incrementar outrocar avariável apresentada.

Tecla  : Decrementar outrocar avariável apresentada.

Ajustar o valor do setpoint (display de cor verde) para o valor de 400 l/h.

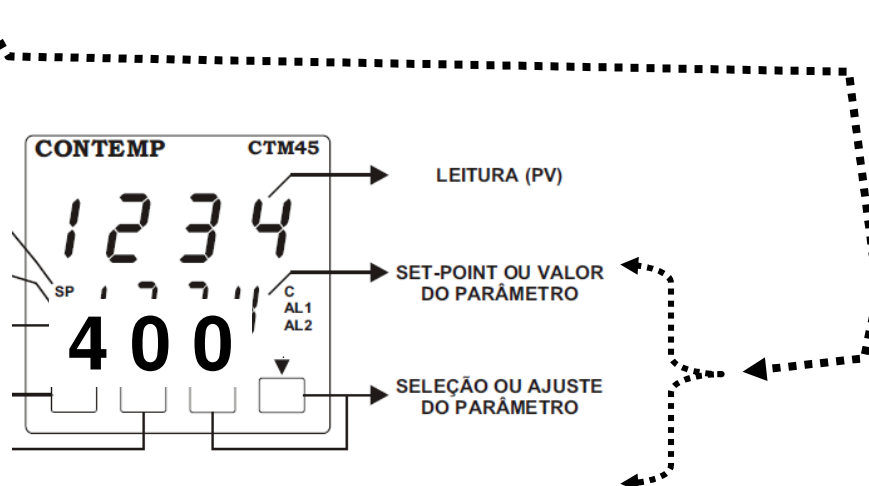


Figura 8 – Ajuste do Setpoint em 400 l/h

- 2) Ajustar os parâmetros At, P, I e D com os respectivos valores indicados na Tabela 3.

Tabela 3 – Pré-valores dos parâmetros com At = OFF

Parâmetros	Ajustar os Valores para:
At	OFF
P	11
i	8
d	2.3

Para acessar os parâmetros deste bloco pressione a tecla **ConF** até o display indicar **ConF**.

Para selecionar um parâmetro utilize as teclas **▲** e **▼**. Para entrar no parâmetro, pressione **▶**, o display pisca. Para alterar o valor, pressione **▲** ou **▼**. Para sair do parâmetro, pressione **◀**. O retorno à tela principal é feito quando nenhuma tecla for pressionada por mais que 60 segundos ou estando dentro de algum bloco de parâmetros a tecla **ConF** for pressionada por 2 segundos.

Na tabela abaixo estão descritos os parâmetros disponíveis neste bloco:

Display	Descrição
ConF	BLOCO DE CONFIGURAÇÃO: Indica entrada no bloco de configuração.
At	AUTO-SINTONIA dos parâmetros PID, para melhor controle do sistema. oFF: Desligada on: Inicia Auto Sintonia
P	BANDA PROPORCIONAL de controle. oFF: controlador opera no modo on/off. 0,1 a 999,9 s.
i	INTEGRAL de controle. Se P = oFF, este parâmetro não é visível oFF: opera sem integral. 1 ~ 9999 s.
d	DIFERENCIAL de controle. Se P = oFF, este parâmetro não é visível. oFF: opera sem diferencial. 0,1 ~ 999,9 s.

- 3) Verificar se o nível do TQ-02 está em 70 % e, em caso afirmativo, prossiga realizando o próximo item.
- 4) Pela IHM, Pressione sucessivamente a tecla S1 até aparecer no display “B01 Deslig Manual”.
- 5) Pela IHM, Pressionar a tecla F1 para ligar a bomba.
- 6) Para testar o controle PID, que você ajustou com os valores da Tabela 3, faça:
 - a) Por meio do Transmissor Inteligente de Pressão Diferencial, para Medição de Vazão (FIT-01), que irá medir a vazão e transmitir para o Controlador Microprocessado

CTM45, observar e anotar se o valor da PV (variável de processo) se estabilizará próximo ao valor do set point que foi estabelecido, para este determinado ponto da tubulação, em 400 l/h.

- b) Manter a bomba funcionando em torno de 45 segundos. O esperado é que não haja estabilização para os valores dos parâmetros que foram ajustados de acordo com a Tabela 3, acima. Então, pela IHM, desligue a bomba, ou seja, pressione a tecla F2.
- 7) Ajustar os parâmetros At, P, I e D com os respectivos valores indicados na Tabela 4. Note que apenas o estado de At será alterado de OFF para ON.

Tabela 4 – Pré-valores dos parâmetros com At = ON

Parâmetros	Ajustar os Valores para:
At	ON
P	11
i	8
d	2.3

- 8) Verificar se o nível do TQ-02 está em 70 % e, em caso afirmativo, prossiga realizando o próximo item.
- 9) Pela IHM, Pressionar sucessivamente a tecla S1 até aparecer no display “B01 Deslig Manual”.
- 10) Pela IHM, Pressionar a tecla F1 para ligar a bomba.
- 11) Para testar o controle PID, que você ajustou com os valores da Tabela 4, faça:
 - a) Por meio do Transmissor Inteligente de Pressão Diferencial, para Medição de Vazão (FIT-01), observe, que deverá ocorrer a Auto sintonia (Auto tuning), ou seja, o controlador CTM45 irá identificar o comportamento do processo e, com isto, ajustará automaticamente, os melhores valores para os parâmetros P, I e D.
 - b) A auto sintonia executa duas oscilações para calcular estes parâmetros. Dependendo do processo, o tempo de auto sintonia poderá ser longo. Anote se a auto sintonia foi concluída, ou seja, o LED ao lado de At, na tela principal do Controlador CTM45 para de piscar.
 - c) Assim que o LED, ao lado de At, parar de piscar e apagar, manter a bomba funcionando em torno de 30 segundos, ler e anotar o valor da vazão indicada no Rotâmetro, figura 9.

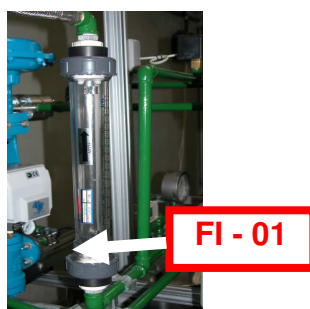


Figura 9 - Rotâmetro

- d) O esperado é que haja estabilização para os valores dos parâmetros que foram encontrados pelo Auto tuning, ou seja, o valor de PV (variável de processo) se estabilizará próximo ao valor do set point (que foi estabelecido para este determinado ponto desta tubulação, ou seja, 400 l/h). Então, pela IHM, desligue a bomba, ou seja, pressione a tecla F2.

- 12) Voltar ao Bloco de Parâmetros Configuração e anotar os respectivos valores dos parâmetros P, I e D na Tabela 5, ou seja, os valores que o Auto tuning encontrou.


Tabela 5 – Valores dos parâmetros após o Auto tuning

Parâmetros	<u>Anotar os Valores</u>
P	
i	
d	

- 13) Verificar se o nível do TQ-02 está em 70 % e, em caso afirmativo, prossiga realizando o próximo item.
- 14) Pela IHM, Pressione a tecla F1 para ligar a bomba.
- 15) Para mudar o set point para um novo valor com a planta em funcionamento, faça:
- Observar que, na tela principal do Controlador, o valor do set point é 400 l/h e nós iremos alterá-lo para um novo valor, ou seja, 430 l/h.
 - Assim que a bomba for ligada e a vazão for estabilizada em 400 l/h, faça:

Estando a Planta ligada, por meio das teclas seguintes:

Tecla  : Incrementar outrocar avariável apresentada.

Tecla  : Decrementar outrocar avariável apresentada.

Ajustar o valor do setpoint (display de cor verde) para o novo valor de 430 l/h.

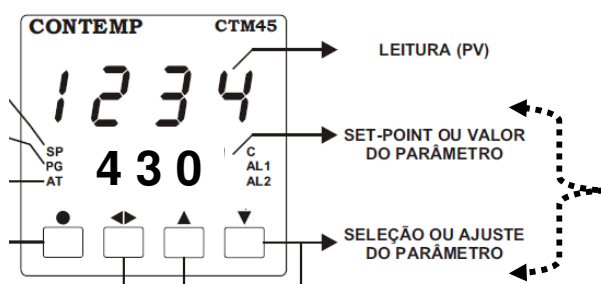


Figura 10 – Ajuste do Setpoint em 430 l/h

- Manter a bomba funcionando em torno de 45 segundos.
- Verificar e anotar se ocorreu a estabilização da vazão para o novo valor de set point em 430 l/h, ou seja, se o valor da PV (variável de processo) se estabilizará próximo ao novo valor do set point (que foi estabelecido para este determinado ponto desta tubulação) e, em seguida, pela IHM, desligue a bomba, ou seja, pressione a tecla F2.

16) Procedimento para desligar o comando geral da planta:



Figura 11 – Painel de comando

- 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 e os tanques TQ-01 e TQ-02 drenados (Válvulas de esfera V-2 e V-03 abertas).