

SINTONIA DE UM CONTROLADOR PID UTILIZANDO O LABVIEW

Tuning a PID controller using LABVIEW

REIS, John Antonio dos

Faculdade de Jaguariúna

Resumo: O trabalho a seguir documenta o projeto de sintonização de um controlador PID em uma malha fechada, com a característica de controlar o nível de um determinado tanque. Para realizar essa sintonização foi utilizado o método de sincronização de Ziegler e Nichols.

Palavras-chaves: Controlador PID; Simulação no LabView; Sintonia; Método de Ziegler e Nichols.

INTRODUÇÃO

Segundo Spandri (2003), controle de processos é um campo do conhecimento de Engenharia, que é fortemente relacionado à operação e à instrumentação. A operação, de uma forma abrangente, sempre envolve algum modelo do processo: é a prática da engenharia de modelos de processo. A instrumentação, por sua vez, é uma importante área da engenharia do equipamento, voltada para os dispositivos que permitem realizar a tarefa de regulação do processo.

Além de fazer parte de sistemas complexos como sistemas de pilotagem de avião, mísseis guiados, veículos especiais, o controle é uma parte integrante e muito importante de processos relativamente simples, como processos industriais e de fabricação. Como exemplo, em processos industriais, o controle é essencial a fim de manter entre determinados níveis, pressão, temperatura, umidade, viscosidade, fluxo e diversas outras variáveis. (OGATA, 1998).

Os controladores PID são amplamente utilizados no controle de processos industriais, tanto em sistemas monovariáveis como em sistemas multivariáveis. No entanto, muitos dos controladores encontrados na indústria são mal sintonizados. Um dos métodos mais simples de sintonia de controladores PID consiste em identificar algumas grandezas, as quais se relacionam com características do processo a controlar, e em seguida aplicar fórmulas para os parâmetros dos controladores baseadas nestas grandezas.

A tarefa de sintonia de controladores Proporcional, Integral e Derivativo, na maioria dos casos é realizada de forma rotineira pelos operadores e técnicos responsáveis pelo processo sob controle. A tarefa basicamente consiste em variar os ganhos do controlador e avaliar o impacto destas variações junto a variável de saída do processo. Ainda assim, por vezes, encontrar o conjunto de ganhos satisfatórios para o início da operação de um dado processo pode resultar em uma tarefa fatigante e nada sistemática. Visando sistematizar tal tarefa em 1942, Ziegler e Nichols publicaram um trabalho que, com base em alguns dados experimentais do processo, o operador fosse capaz de determinar um conjunto de parâmetros iniciais, K_p , K_i e K_d de controladores tipo PID. Este trabalho deu origem a dois métodos distintos de sintonia, conhecidos como métodos de Ziegler-Nichols. Os dois métodos básicos de ajuste visam obter uma mesma resposta pré-especificada para o sistema em malha fechada, e diferem no que diz respeito à natureza da informação sobre a dinâmica do processo que é exigida por cada um deles.

O *método da resposta ao salto*, ou método do domínio do tempo, requer o conhecimento de duas grandezas que caracterizam a resposta ao salto de um processo. Já o *método da realimentação por relé*, ou método do período crítico, exige o conhecimento de duas grandezas características da resposta em frequência do processo. Uma vez obtidas estas informações, basta recorrer a fórmulas extremamente simples para calcular os ganhos do controlador. Estas fórmulas foram determinadas de maneira rotineira por meio de ensaios de processos industriais típicos. As fórmulas originalmente propostas por Ziegler e Nichols fornecem uma resposta que foi posteriormente considerada insatisfatória. Diferentes fórmulas foram então propostas com base nos mesmos ensaios, obtendo-se melhor desempenho.

Outros métodos utilizados para sintonizar de controladores PID são: Método analítico e Método da Sensibilidade Limite. O método analítico consiste em sintonizar os modos PID para uma aplicação específica de modo a que determinados critérios de performance sejam verificados. Este método é usado sempre que a função de transferência do sistema é conhecida e busca definir K_P , K_D e K_I para atender critérios específicos de desempenho em malha

fechada. O método da sensibilidade limite baseia-se no ajuste de uma malha fechada até se obterem oscilações com amplitude constante, utiliza um conjunto de fórmulas para determinar os parâmetros do controlador, as quais requerem duas medidas do sistema: o Ganho Crítico e o período de oscilação correspondente.

DESCRIÇÃO

A Malha de Controle de vazão

Para sintonizar um controlador PID, primeiramente é indispensável conhecer a malha em questão, assim como suas variáveis e funcionalidades. Escolheu-se realizar um controle de uma malha de vazão no software LabView, um programa muito sofisticado com muitas ferramentas gráficas na área de instrumentação.

Tanques na maioria das vezes são usados como “pulmões” em sistemas, ou seja, eles geram uma capacitância de algum fluido para o processo seguinte. A seguir será apresentada a malha de controle do trabalho demonstrando o processo e suas variáveis envolvidas.

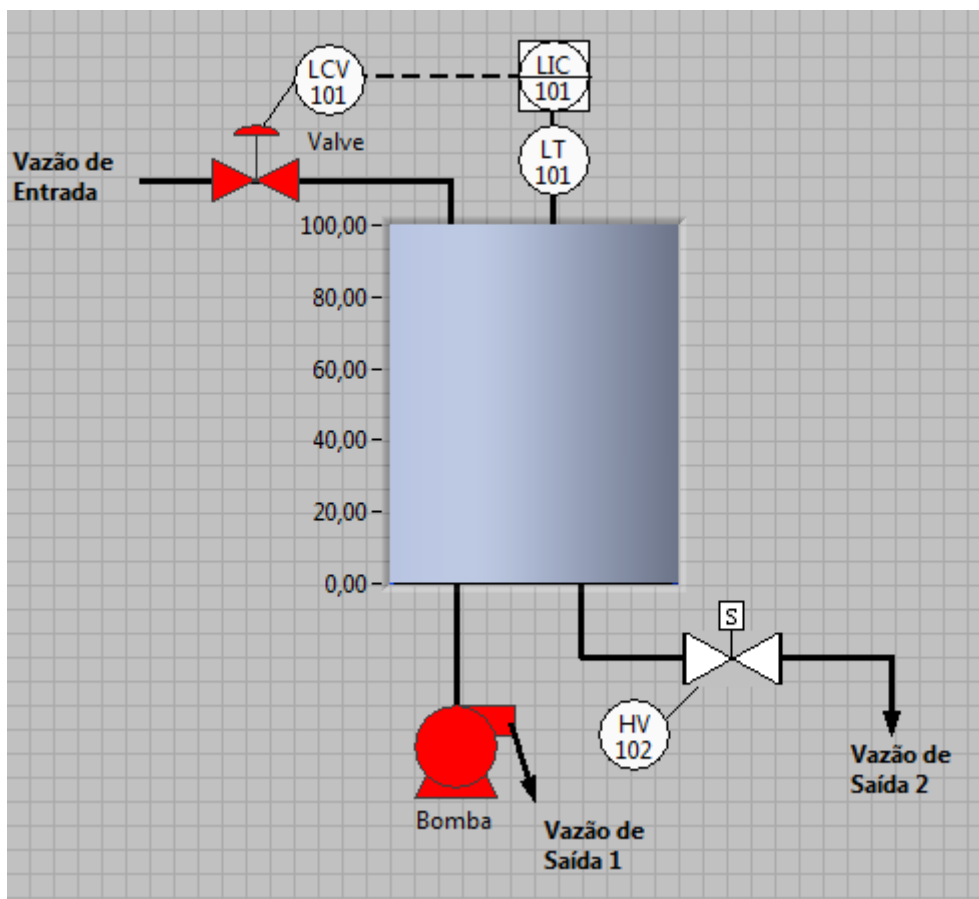


Figura 1: Malha de controle de nível.

Conforme se pode visualizar na figura acima a malha foi elaborada respeitando a norma ANSI/ISA 5.1, que relata os símbolos e identificação dos instrumentos envolvidos.

A malha de nível acima não é muito complexa e nem difícil de entender. Acima na figura, em sua parte superior pode-se ver a vazão de entrada e logo na mesma linha em um ícone em vermelho representando a válvula, está é nossa válvula de controle, representada pela simbologia LCV 101, que segunda a norma, o primeiro grupo de letra identificará a variável e o segundo grupo de letras identificará as funções do instrumento ou função programada, portanto LCV significa que é **a válvula de controle de nível**, e o numero 101, indica a que malha pertence o instrumento. A vazão de entrada estabelece a quantidade de fluido que cai no tanque por um determinado tempo. O tanque é representado ao centro da figura, relacionado sua capacidade de 0 a 100%, para facilitar a visualização no gráfico do processo. Abaixo do tanque está a bomba que serve para manter a vazão de saída 1

constante do processo. Ao lado pode-se ver uma válvula manual que conforme a norma está representada pelas letras HV102 (Hand Valve), e o número 102 significa que não pertence a malha 101, é uma válvula de dreno manual, ou seja, não está relacionada com o controle automático do processo.

Na parte de cima do tanque está acoplado um instrumento representado pelas letras LT 101, que segundo a norma é um **transmissor de nível**. Por fim seguindo transmissor de nível encontra-se o ultimo instrumento desta malha representada pelas letras LIC 101, que segundo a norma, significa **Controlador e Indicador de Nível**.

Agora que todos os instrumentos da malha foram explicados é fácil entendermos o funcionamento do processo. Trata-se de um tanque de nível, em que é feita a leitura constante de seu nível pelo **Transmissor de Nível (LT 101)** e enviado a leitura para o **Controlador e Indicador de Nível (LIC 101)**, que compara este sinal a uma referência e envia um sinal de reposta para o elemento final de controle que neste caso é a **Válvula de Controle de Nível (LCV 101)**, que conforme o sinal recebido pelo controlador abre ou fecha a válvula. E o funcionamento é simples também, afinal tem-se 3 condições no processo, se a vazão de entrada for maior que a de saída, o tanque vai encher até derramar, já que a vazão da bomba é constante. Se a vazão de entrada for igual à de saída o nível se manterá e não vai se alterar durante o tempo. E por fim se a vazão de saída for maior que a de entrada o tanque se esvaziará até chegar á zero.

Alguns Métodos de sintonia

Agora que já se conhece bem o processo em questão, foram estudados vários métodos para a sintonia da malha no simulador do LabView, as mais utilizadas, assim como melhor se encaixa no projeto e uma delas será a utilizada no projeto são apresentadas abaixo.

Método de aproximações sucessivas ou tentativa e erro

Consiste em modificar as ações de controle e observar os efeitos na variável de processo. A modificação das ações continua até a obtenção de uma resposta ótima. Em função da sua simplicidade é um dos métodos mais utilizados, mas seu uso fica impraticável em processos com grandes inércias. É

necessário um conhecimento profundo do processo e do algoritmo do controlador.

O método de sintonia PID por tentativa e erro pode ser resumido nos seguintes passos:

- 1) Eliminar a ação integral ($\tau_1 = \infty$) e a ação derivada ($\tau_d = 0$).
- 2) Coloque k num valor baixo (ex: $k_c = 0,5$) e coloque o controlador em automático.
- 3) Aumente o k_c aos poucos até o processo ciclar continuamente nos casos de servos e regulador.
- 4) Reduza k_c a metade
- 5) Diminua τ_1 aos poucos até processo ciclar continuamente nos casos servos e regulador. Ajuste τ_1 para 3 vezes o valor.
- 6) Aumente τ_1 aos poucos até o processo ciclar continuamente nos casos servos e regulador. Ajuste τ_1 para 1/3 do valor O valor de k_c quando o processo cicla continuamente é chamado de último ganho (ultimate gain) sendo representado por k_{cu} . Durante o teste é importante que a saída do controlador não sature.

Métodos que necessitam de identificação do processo

O conhecimento dos parâmetros do processo e da estruturação do controlador permite o cálculo de ações de controle. Este método necessita de um registrador contínuo e rápido. É utilizado, de preferência em processos de grande inércia. A identificação de um processo permite a obtenção dos seus principais parâmetros (ganho, constante de tempo, etc.). A partir desses parâmetros, podemos calcular as ações a serem fixadas no controlador que dependem basicamente de:

- Do modelo escolhido para a identificação;
- Da estrutura do controlador utilizado;
- Do modo de regulação escolhido (P, PI, PID).

Método de Ziegler e Nichols em malha fechada

Este método baseia-se na observação da resposta do processo e do conhecimento da estrutura do controlador. É um dos métodos que permite o cálculo das ações de controle sem a necessidade dos parâmetros do processo.

Este método é indicado para processos estáveis e instáveis. O método consiste em colocar a malha de controle em oscilação. O período das oscilações e ganho crítico do controlador GCR que ocasiona oscilações, permitem os cálculos das ações a serem fixadas no controlador. O cálculo depende da estrutura do controlador utilizado e do modo de regulação escolhido (P, PI e PID). O critério de performance escolhido por Ziegler e Nichols foi o de resposta de amortecimento de $\frac{1}{4}$, conforme figura abaixo.

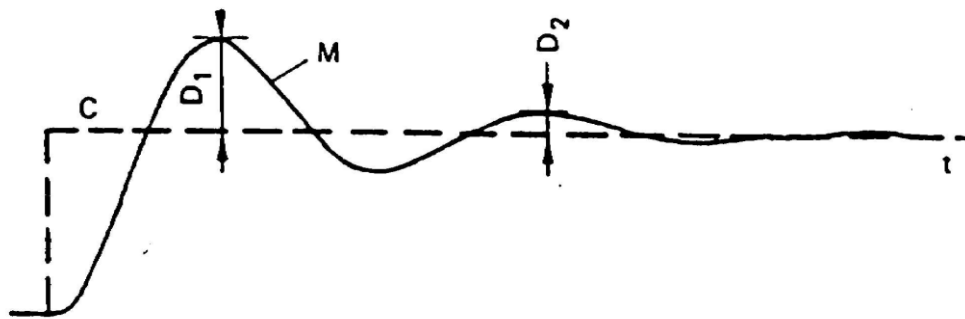


Figura 2: Resposta com amortecimento de $\frac{1}{4}$.

Este é um método simples e o que é mais importante conforme visto acima “É um dos métodos que permite o cálculo das ações de controle sem a necessidade dos parâmetros do processo”, nem a função de transferência é preciso saber. Esse é o método que se escolheu e para facilitar será explicado através da simulação no LabView com a malha de controle.

SIMULAÇÃO DA SINTONIA PELO METODO DE ZIEGLER E NICHOLS EM MALHA FECHADA.

Primeiramente é preciso realizar a determinação de GCR e T da seguinte maneira:

1º Com o controlador em manual, estabilizar o processo em torno do ponto de funcionamento.

2º Fixar o controlador $T_d = 0$ e $T_i = \text{máximo}$, ou seja, controlador proporcional puro. Fixar ganho proporcional $K_p = 1$ ou $BP = 100\%$.

3º Colocar set-point igual ao valor da variável do processo (PV) e passar o controlador para automático.

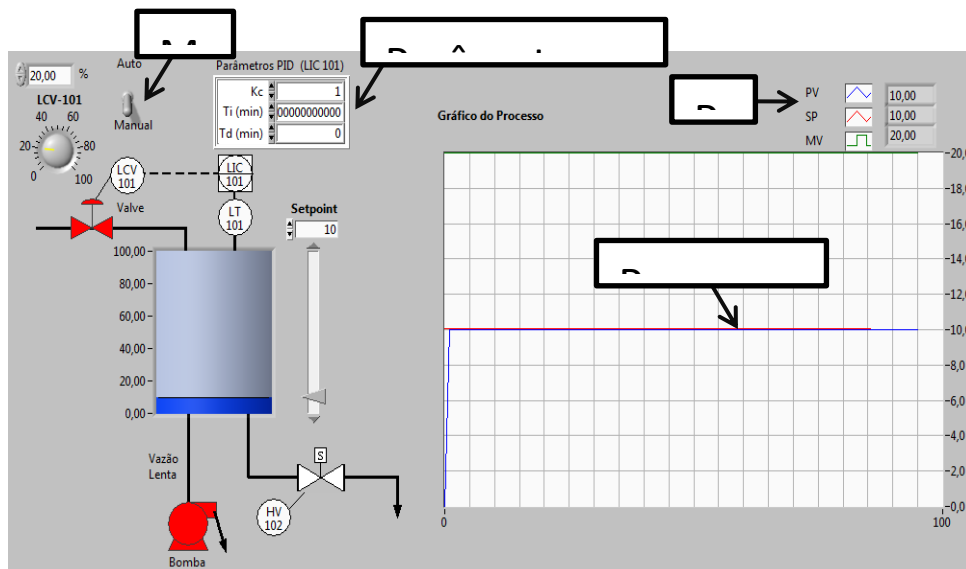


Figura 3. Os primeiros 3 passos realizados na simulação.

4º Efetuar um degrau no set-point ΔSP de duração limitada. O valor de ΔSP deverá ser escolhido do modo que a amplitude de oscilação não exceda a 10%. Durante o teste é importante que a saída do controlador não sature.

5º Observar o sinal da variável do processo (PV) ou da variável manipulada (MV) na carta de um registrador. Se a variação de PV estiver amortecida, aumentar o ganho proporcional K_p (diminuir $BP\%$) e refazer a excitação.

Portanto abaixo serão mostrados os resultados da simulação para os diferentes valores de ganho proporcional (K_p), até que foi encontrada uma oscilação contínua da variável do processo, conforme indica este método de sintonia.

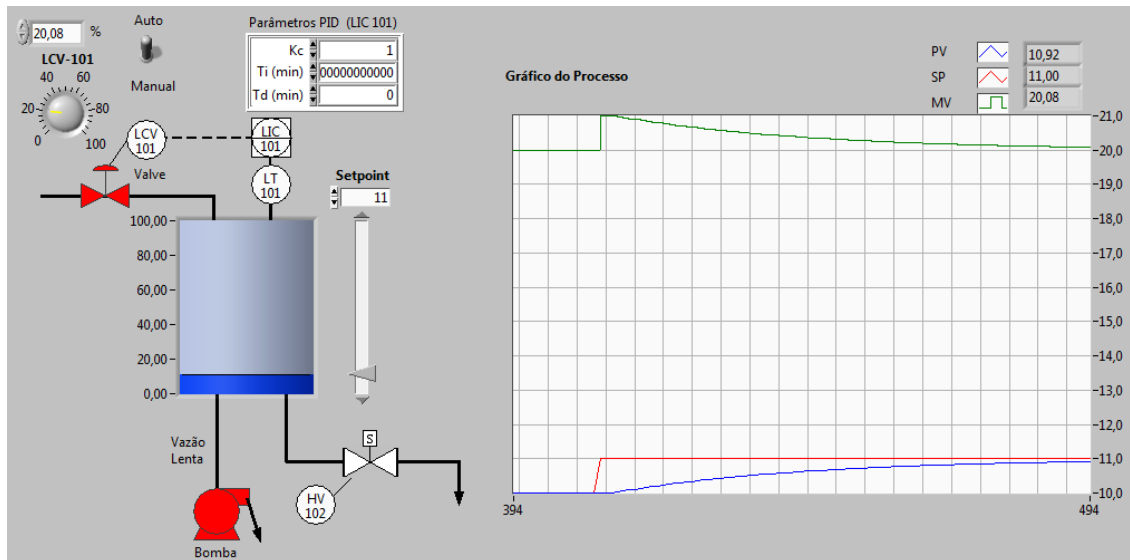


Figura 4: Resposta do processo para $K_p=1$.

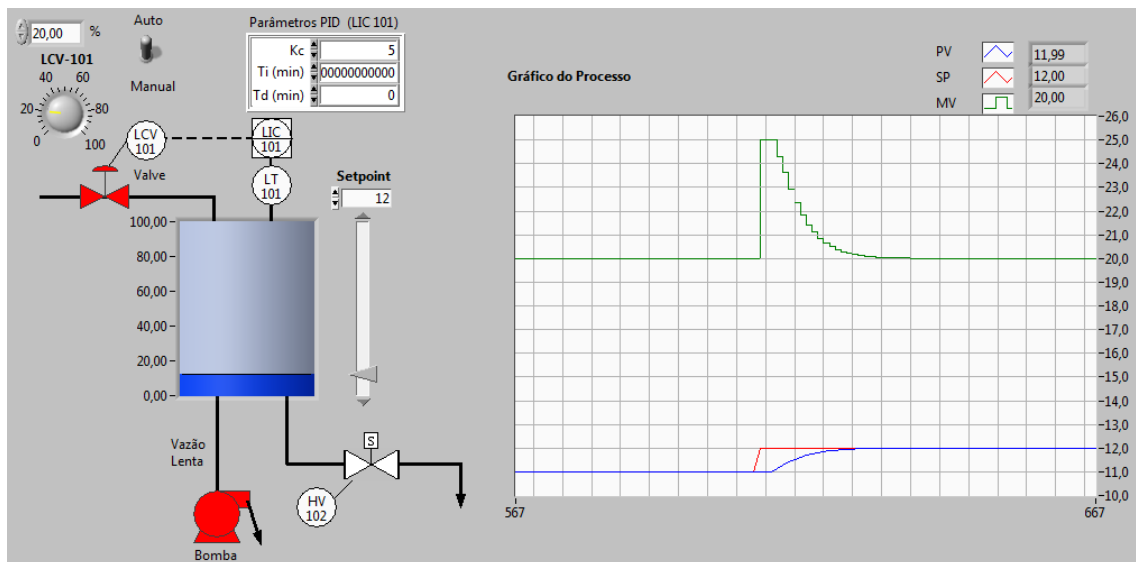


Figura 5: Resposta do processo para $K_p=5$.

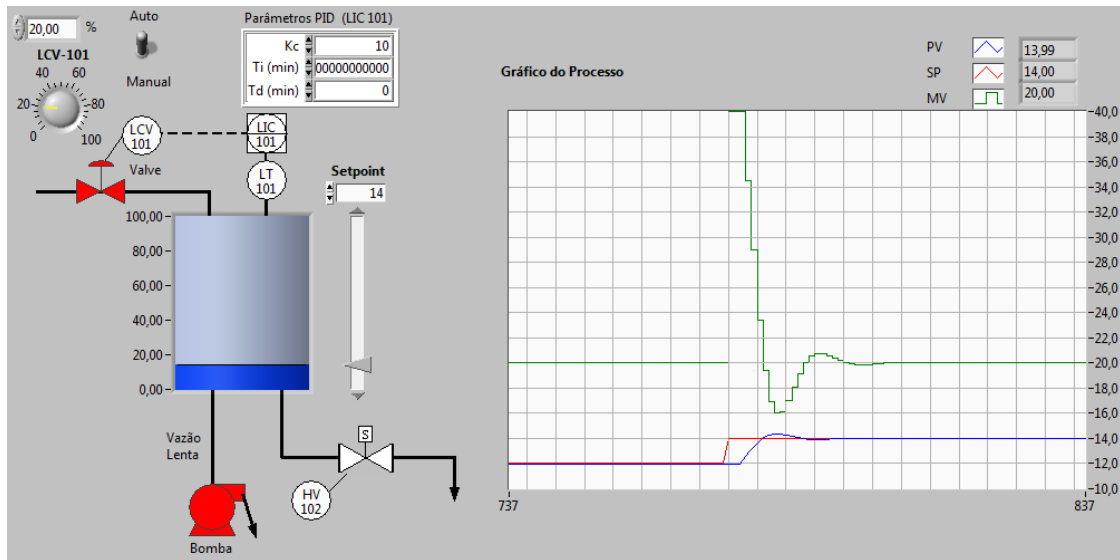


Figura 6: Resposta do processo para $K_p=10$.

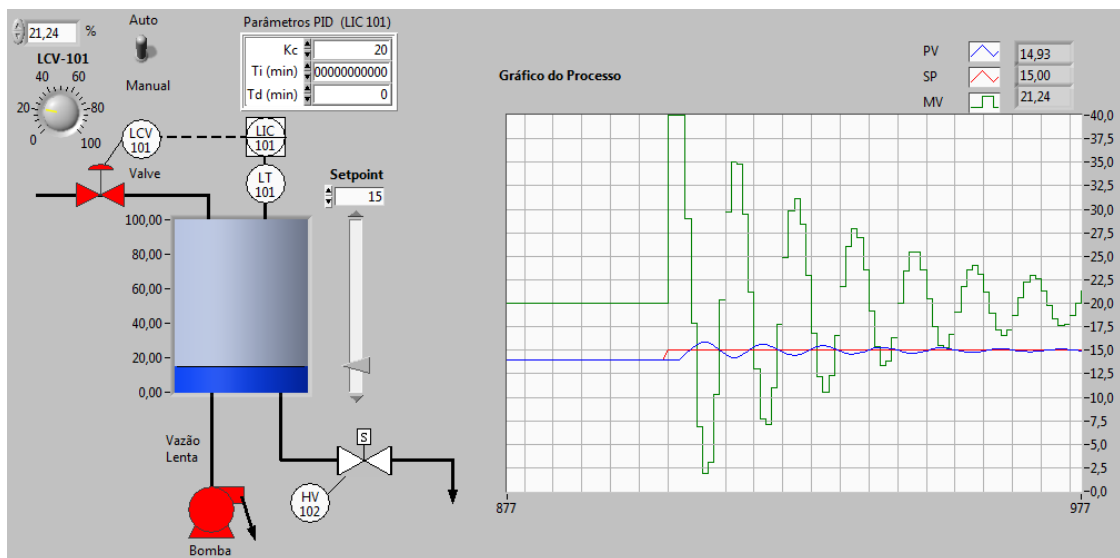


Figura 7: Resposta do processo para $K_p=20$.

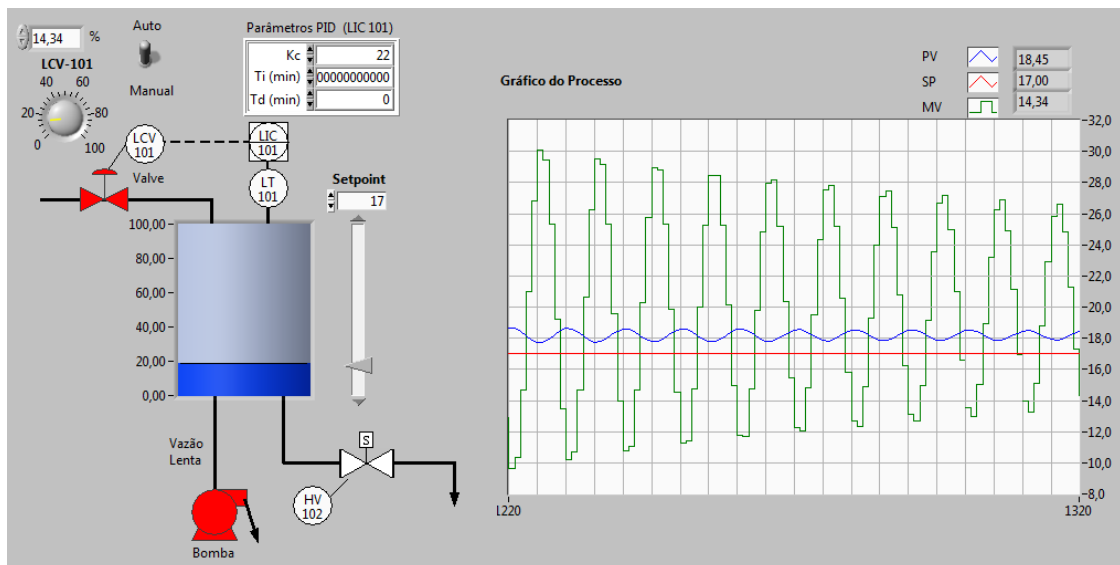


Figura 8: Resposta do processo para $K_p=22$.

Aqui quase se tem o valor, porem se deixarmos mais tempo terá a tendência de estabilizar novamente a variável de processo, conforme fica mais fácil observar na variável manipulada.

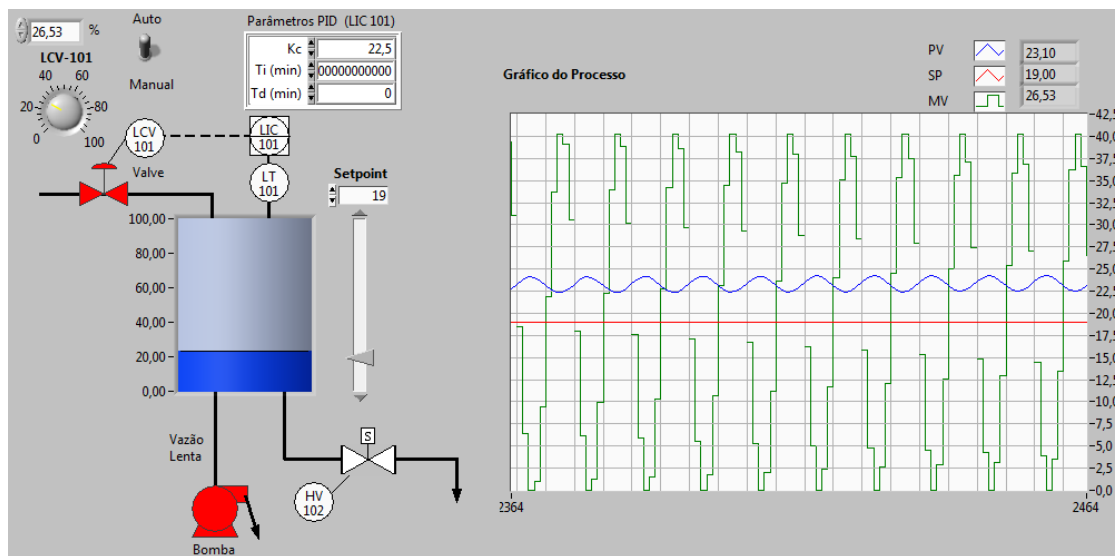


Figura 9: Resposta do processo para $K_p=22,5$.

Pronto agora se tem o valor do ganho que se encontra uma oscilação constante, conforme visto na figura acima, mesmo depois de muito tempo não alterou em nada a oscilação. **Importante ressaltar que durante todo o processo a variável manipulada (MV) não saturou**, apenas agora, quando chegamos ao valor desejado.

Com esse ultimo gráfico é possível retirar os valores para realizar os cálculos para a sintonia do controlador. O G_{cr} (Ganho Crítico) já está fácil, cujo valor é igual a 22,5. O outro parâmetro T (Período de oscilação), basta medir no gráfico, que neste caso encontrou-se $T = 1$ segundo. Agora para realizar os cálculos é preciso somente considerar a tabela abaixo, utilizar os dois parâmetros encontrados e conhecer a estrutura do PID.

Tabela 1: Método de Ziegler e Nichols para Processos Estáveis e Instáveis.

AÇÕES	MODOS DE REGULAÇÃO					
	P	PI Série	PI Paralelo	PID Série	PID Paralelo	PID Misto
G_r	$\frac{G_{rc}}{2}$	$\frac{G_{rc}}{2,2}$	$\frac{G_{rc}}{2,2}$	$\frac{G_{rc}}{3,3}$	$\frac{G_{rc}}{1,7}$	$\frac{G_{rc}}{1,7}$
T_i	Maxi	$\frac{T}{1,2}$	$\frac{2 \cdot T}{G_{rc}}$	$\frac{T}{4}$	$\frac{0,85 \cdot T}{G_{rc}}$	$\frac{T}{2}$
T_d	0	0	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{T \cdot G_{rc}}{13,3}$	$\frac{T}{8}$

Segundo ao manual do labview, o bloco do controlador PID é misto, conforme estrutura apresentada abaixo. Portanto será usado na tabela o modo de regulação para ação PID Misto, que é um dos mais utilizados nas indústrias.

The PID Algorithm

The PID controller compares the setpoint (SP) to the process variable (PV) to obtain the error (e).

$$e = SP - PV$$

Then the PID controller calculates the controller action, $u(t)$, where K_c is controller gain.

$$u(t) = K_c \left(e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e dt + T_d \frac{de}{dt} \right)$$

Figura 10: Parte do manual do LabView.

Pronto, agora com todos os dados coletados, basta realizar os cálculos, sintonizar o controlador PID e testar.

Para o cálculo do Ganho Proporcional do Controlador (K_c), tem-se:

$$K_c = \frac{G_{cr}}{1,7} \quad K_c = \frac{22,5}{1,7} \quad \text{Portanto:} \quad K_c \cong 13,5$$

Para o cálculo do Tempo de integração (T_i), tem-se:

$$T_i = \frac{T}{2} \quad T_i = \frac{1}{2} \text{Seg.} \quad \text{Portanto:} \quad T_i \cong 0,01 \text{min}$$

Para o cálculo do Tempo de Derivativo (Td), tem-se:

$$Td = \frac{T}{8} \quad Td = \frac{1}{8} Seg. \quad \text{Portanto: } Td \cong 0,002 min$$

Pronto agora é só colocar esses valores no parâmetro do controlador PID e está pronta a sintonia, os resultados são observados abaixo:

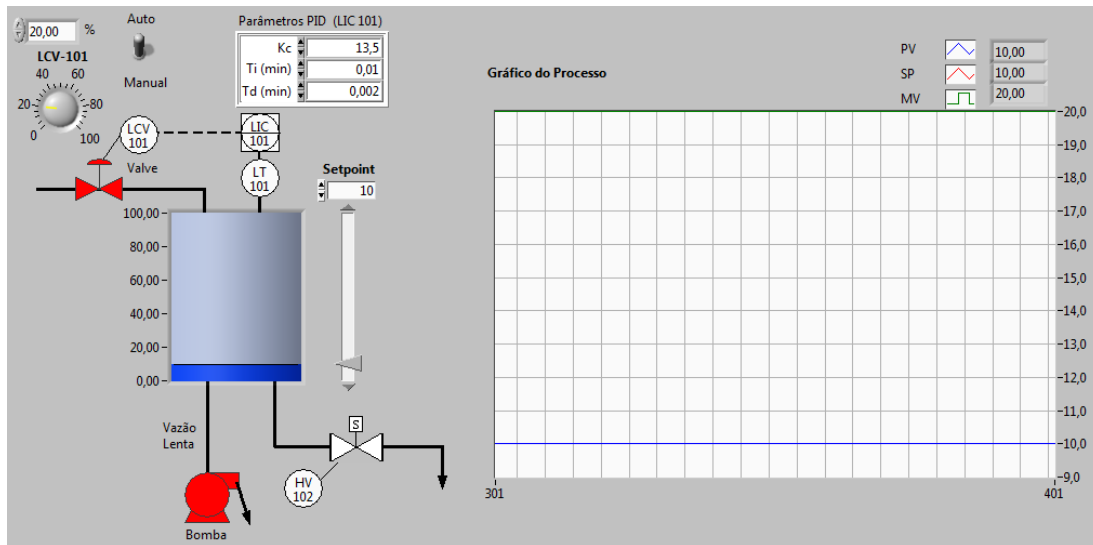


Figura 11: Ajuste dos parâmetros do controlador.

Na figura acima é possível visualizar que foram alterados os valores dos parâmetros do controlador PID e o gráfico está mostrando que o nível está estabilizado no Set-Point. E como se sabe a vazão de saída corresponde a 20% da válvula de controle aberta.

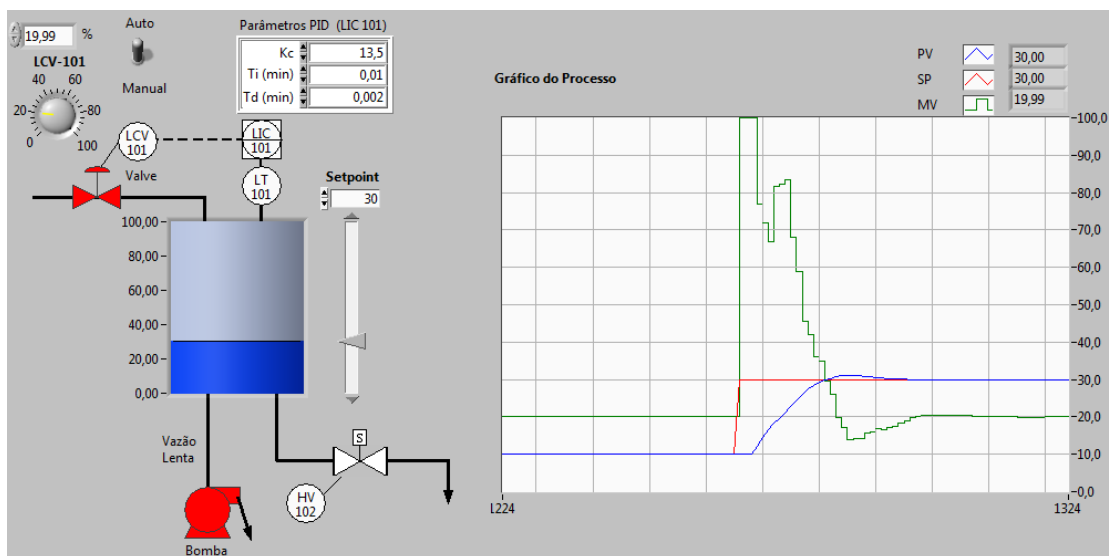


Figura 12: Reação do processo na mudança no Set-Point de 10% para 30%.

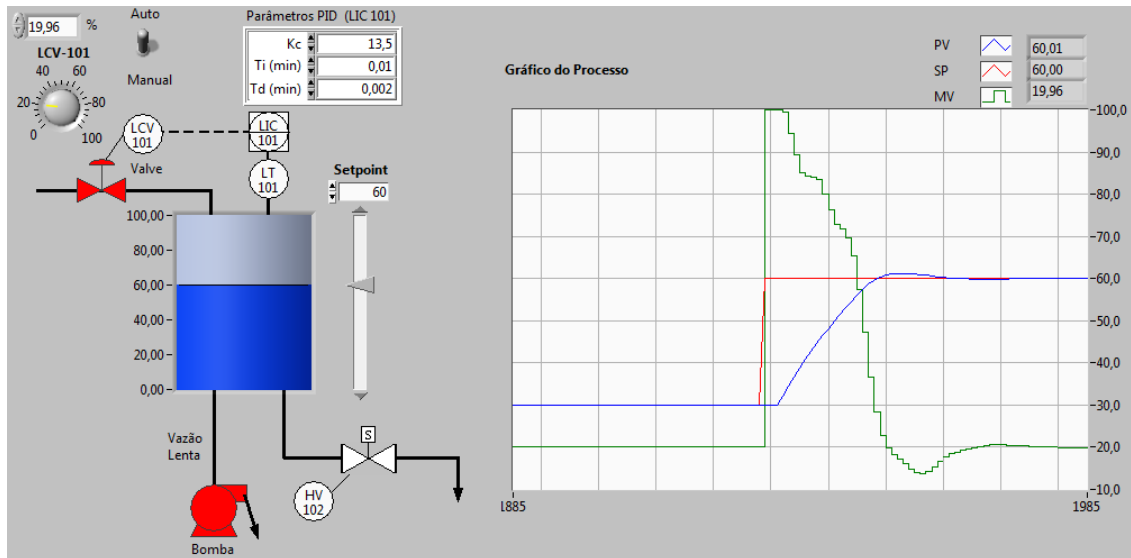


Figura 13: Reação do processo na mudança no Set-Point de 30% para 60%.

Nas figuras acima é possível observar que ao alterar o set-point do sistema, o mesmo responde de maneira esperada, conforme a sintonia de Ziegler e Nichols estabelecida com resposta de amortecimento de menos $\frac{1}{4}$. É interessante notar também que conforme a abertura da válvula de controle para encher o tanque até o nível desejado a curva de subida, não fica de forma linear, pois acompanha a curva de abertura da válvula.

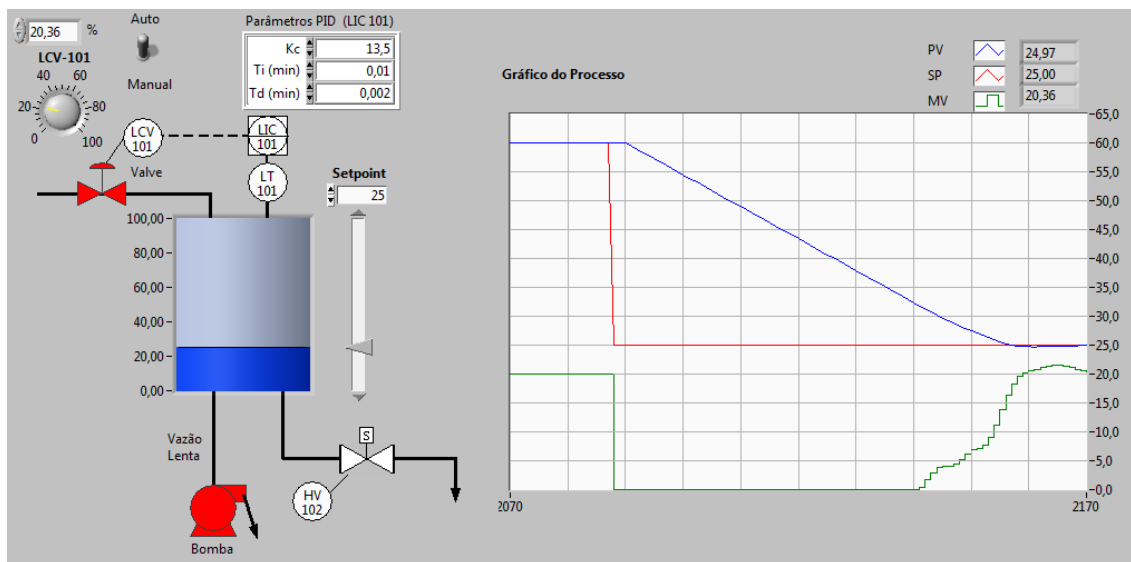


Figura 17: Reação do processo na mudança no Set-Point de 60% para 25%.

Assim como para quando se aumenta, quando é diminuído o Set-Point, o sistema se comporta de maneira eficaz, atingindo o objetivo do controle do processo.

Como se pode ver não foi necessário conhecer os parâmetros do processo, nem as suas funções de transferências para sintonia por este método. Mas para critério de estudos, os parâmetros da simulação do processo, que é representado por um bloco no LabView, foram:

Ganho do Processo = 5; Tempo Morto do Processo = 2; Lag = 0,3 min e Process Load = 100.

CONCLUSÃO

A matéria e o assunto estudado em questão sem dúvida é de extrema prioridade para o curso de Engenharia de Controle e Automação e principalmente para quem pretende atuar na área, em que é indispensável ter conhecimentos de controladores PID assim como saber sintonizá-los, diante disso pode-se concluir com o trabalho realizado a importância proposta de procurar um método e sintonizar um controlador, e que apesar desta ser uma simulação em um *software* buscando se aproximar de um problema real, o estudo para a sintonia foi o mesmo do que se tivesse operando um controlador físico. E que apesar da dificuldade de encontrar materiais técnicos e práticos, foi possível entender o funcionamento dos controladores, o envolvimento com as funções de transferência do processo, assim como vários métodos em que foi escolhido o de Ziegler e Nichols que leva em consideração um amortecimento de $\frac{1}{4}$ e que é muito eficaz para vários processos assim como foi o estudado no trabalho.

BIBLIOGRAFIA

BAZANELLA, A.; GOMES DA SILVA, J. **Sistema de Controle:** princípios e métodos de projeto. Porto Alegre, Brasil: UFRGS Editora, 2006.

JOHNSON, Curtis. **Controle de Processos:** Tecnologia da Instrumentação. USA, Fundação Calouste Gulbenkian, 1990.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno.** 3.ed. Rio de Janeiro, RJ: Prentice-Hall do Brasil, 1998.

SPANDRI, Renato. **Sintonia de Controladores Regulatórios.** Disponível em: <http://www.eq.ufrj.br/links/h2cin/eqe487/suplementar/Sintonia_PETROBRAS.pdf>. Acesso em: 25 Nov. 2012.