

Daniel Fonseca Corradini Ferrando [danielf.kiyoshi@gmail.com]
John Welvins Barros de Araújo [johnwelvins@gmail.com]
Edson Massayuki Kakuno [edson.kakuno@unipampa.edu.br]
 Universidade Federal do Pampa – Unipampa Campus Bagé
 Travessa 45, 1650, 96413-170, Bagé, RS – Brasil.

Introdução

O controle PID (proporcional – integral – diferencial) constitui-se de um refinamento do controle do tipo liga-desliga. Por exemplo: se deseja manter a temperatura de um reservatório de água a 80 °C, o Arduino tradicionalmente aciona um aquecedor e fica monitorando a temperatura através de um transdutor (LM35, PTC, etc.) até que este atinja o alvo de 80 °C, para então desligar o aquecedor (potência = 0). Devido à inércia do sistema, a temperatura ultrapassa os 80 °C antes de o Arduino perceber e desligar o aquecedor. Com o aquecedor desligado, o sistema resfria atingindo uma temperatura abaixo do limite de 80 °C, para só então a potência ser ligada novamente e o ciclo se repetir ao longo do tempo. Percebe-se que a temperatura do reservatório fica oscilando em torno de uma temperatura média próxima a do limite. O controle PID tenta minimizar (ou eliminar) a oscilação e fazer com que a temperatura estabilize-se no alvo pré-definido. Para isso, ele monitora a aproximação da temperatura limite e sistematicamente diminui a potência a ser entregue ao sistema de tal forma a não ultrapassá-la, isto é, ele controla a temperatura através de uma quantidade chamada erro, que é a diferença entre a temperatura atual e a temperatura limite (alvo), onde, na medida que nos aproximamos do alvo, o erro diminui. Pode acontecer que este controle ultrapasse o alvo e, para minimizar este efeito, acrescentamos a parte derivativa do controle, que contribui de forma negativa diminuindo a potência se a variação do erro for muito grande.

Parâmetros PID

Os parâmetros de entrada do controle PID são K_p , K_i e K_d . O parâmetro K_p representa uma proporcionalidade entre o sinal de controle e a saída do atuador. Quanto maior é o K_p , “mais rápido” chega-se a saturação i.e. o valor de 255 no PWM. Quando K_p é igual a infinito, caímos no caso do controle tipo liga-desliga. O parâmetro K_i refere-se à parte integral e normalmente atua quando o valor controlado está próximo do valor alvo. Por último, o parâmetro K_d refere-se a parte derivativa e normalmente contribui de forma negativa no controle PID. A parte derivativa “vê” quão rápido se aproxima a variável que está sendo medida ao valor alvo e “freia” o controle para que ele não ultrapasse o valor desejado. O controle de saída do PID é a somatória das três partes: proporcional, integrativa e derivativa.

A grande dificuldade está em determinar os três parâmetros (K_p , K_i e K_d), uma vez que qualquer controle está sujeito às mais diversas intempéries. Uma possibilidade para se obter os parâmetros de forma aproximada é utilizar o método do relé para encontrar os parâmetros PID. Após a obtenção destes parâmetros, é possível realizar um “ajuste fino” de forma manual que possibilite alcançar o ponto otimizado da operação.

O método do relé consiste em ajustar o controlador para trabalhar no modo liga-desliga, i.e. onde ajusta-se o valor alvo e, posteriormente, o controlador liga um relé até ser atingido o valor alvo. Em seguida, o controlador desliga o relé até que a temperatura diminua e atinja novamente o valor alvo. O sistema oscila com um valor definido próximo ao valor alvo. O sistema também vai apresentar um período característico. Tanto h quanto P_u carregam as informações físicas do sistema. A seguir, apresenta-se dois sistemas onde o método do relé é utilizado.

Caso 1: controle de temperatura com PID

Sistema: Câmara de temperatura composta por uma lâmpada halógena de 12V / 20W como fonte de calor e medida da temperatura através de um Pt100. Ambos estavam encerrados em uma caixa de papelão (paralelepípedo de 5 cm³) com uma das faces aberta (a menor), para ventilar e diminuir a inércia térmica de resfriamento. Circulação de ar não estava forçada. A lâmpada foi alimentada por uma fonte de 7V e controlada através de um transistor de potência (TIP 127), que também foi controlado pela saída PWM do Arduino. O Arduino foi programado para ajustar a temperatura em 50 °C, no modo liga-desliga, código “255” e “0”, respectivamente. A fig.1 mostra o resultado:

Sistema: Câmara de temperatura composta por uma lâmpada halógena de 12V / 20W como fonte de calor e medida da temperatura através de um Pt100. Ambos estavam encerrados em uma caixa de papelão (paralelepípedo de 5 cm³) com uma das faces aberta (a menor), para ventilar e diminuir a inércia térmica de resfriamento. Circulação de ar não estava forçada. A lâmpada foi alimentada por uma fonte de 7V e controlada através de um transistor de potência (TIP 127), que também foi controlado pela saída PWM do Arduino. O Arduino foi programado para ajustar a temperatura em 50 °C, no modo liga-desliga, código “255” e “0”, respectivamente. A fig.1 mostra o resultado.

A amplitude h foi de 52,9 °C – 49,56 °C = 3,24 °C. O período P_u foi de 22,287 segundos.

$E K_u = (4.d) / (\pi.h) = (4 \times 256) / (3,1416 \times 3,24) = 102$

d é a faixa dinâmica do atuador (valor máximo do PWM + 1).

Utilizando o método de Ziegler Nichols Tuning Rules, obtemos:

$K_p = K_u / 1,7 = 58,94$

$T_{int} = P_u / 2 = 22,287 / 2 = 11,1435 \rightarrow K_i = K_p / T_{int} = 5,298$

$T_{der} = P_u / 8 = 22,287 / 8 = 2,78 \rightarrow K_d = K_p \cdot T_{der} = 164,21$

Estes três parâmetros são enviados para a rotina PID do Arduino, ilustrado pela fig.2:

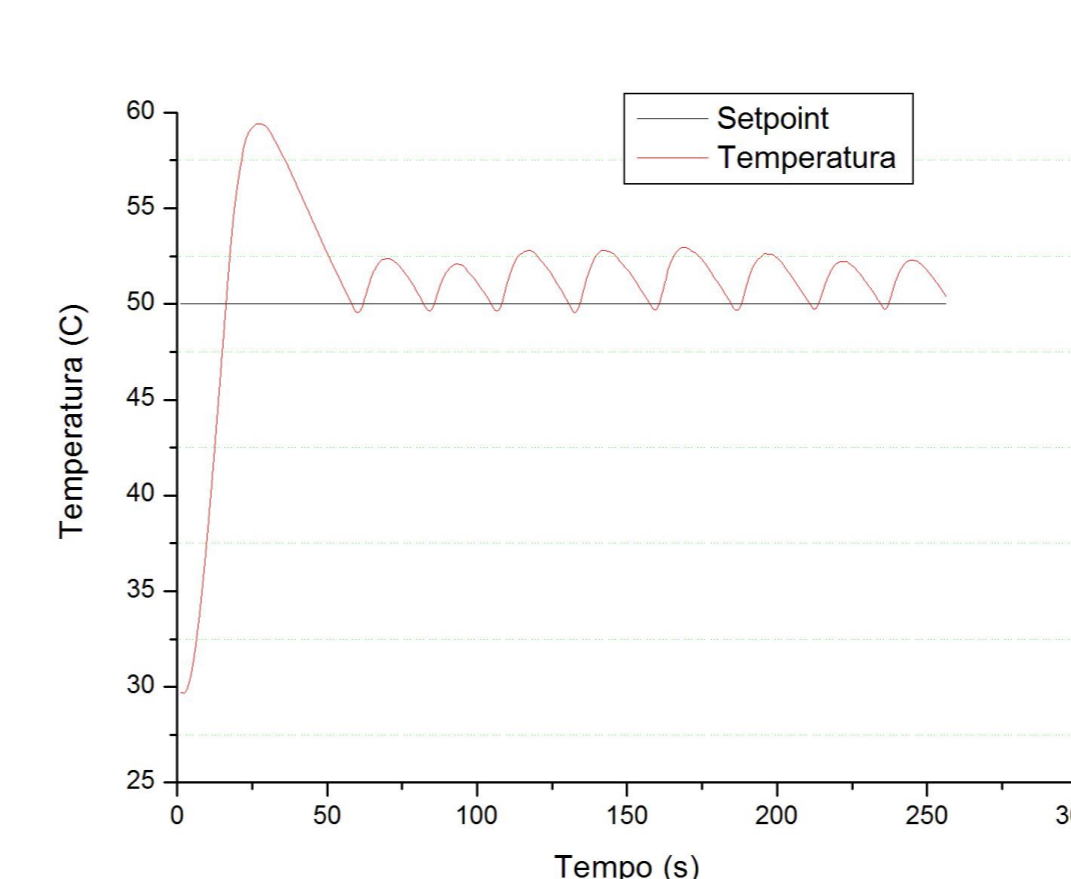


Fig.2 : Temperatura controlada pelo método relay.

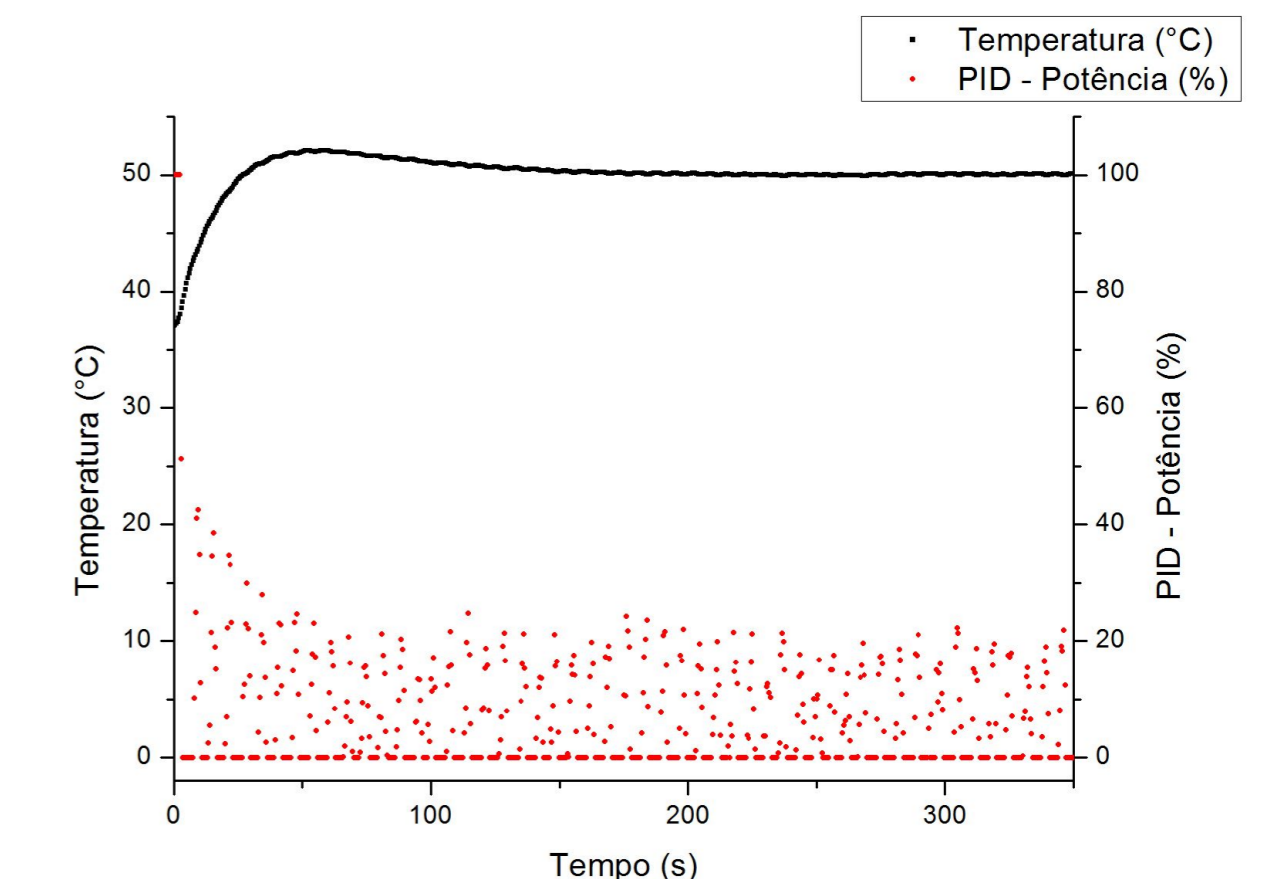


Fig.2 : Temperatura controlada pelo PID com a respectiva potência de controle.

Caso 2: Controle de posição de um carrinho acionado pelo Arduino e posição via ultra-som.

Foi programado um carrinho acionado pelo PWM do Arduino e a posição em relação a um anteparo lida através de um sensor de ultra-som (SR04), para que pare a uma distância de 100 cm do anteparo.

Usando o método do relé, obtemos os seguintes parâmetros:

$h = 6$ cm.

$P_u = 0,4975$ segundos.

$K_u = 54,11$

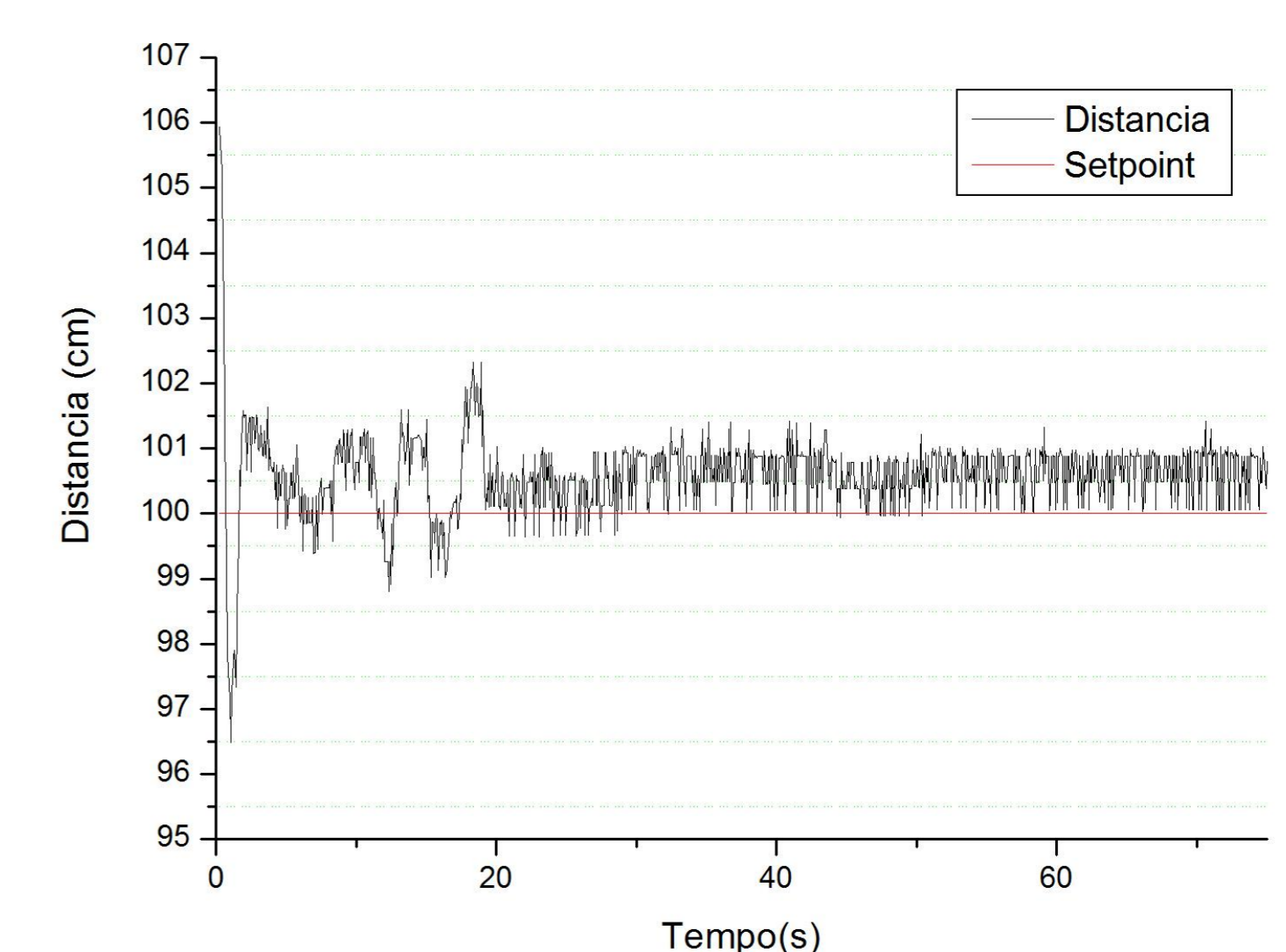
$K_p = 24,6$

$T_{int} = 1,0945 \rightarrow K_{int} = 22,47$

$T_{der} = 0,079 \rightarrow K_{der} = 1,94$

Estes três parâmetros são enviados para a rotina PID do Arduino, o que resultou em:

Fig.3 : Distância controlada pelo PID, utilizando o sensor de ultra-som sr04.



Conclusão

O método do relé permite obter os parâmetros K_p , K_i e K_d de forma simples e direta. Os parâmetros obtidos por este método são razoavelmente precisos e podem ser otimizados de forma manual. Existem outros métodos mais refinados e complexos, que fornecem parâmetros mais precisos que podem ser encontrados nas referências listadas. Como é um método simples de ser executado, é possível implementá-lo dentro do arduino para que o mesmo realize um *auto-tune* do método do relé, sem a necessidade de interferência do usuário.

Referências

- [1] Pinto, J. E. M. G., Aplicação prática do método de sintonia de controladores PID utilizando o método do relé com histerese. Natal, RN, 2014. 116 f. il. Dissertação de mestrado, orientador: Maitelli, A. L.
- [2] <https://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/artigopidbasico.pdf>
- [3] http://pages.mtu.edu/~tbco/cm416/tuning_methods.pdf
- [4] <http://brettbeauregard.com/blog/2011/04/improving-the-beginners-pid-introduction>

Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio material e financeiro do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID/UNIPAMPA, através do Edital CAPES no. 061/2013, e pela Portaria CAPES nº 096/2013 e CNPQ processo 405472 / 2015-3.