

CONTROLE PID DE LUMINOSIDADE E SUPERVISÃO REMOTA DE DADOS

GABRIEL DA SILVA BELÉM¹, GERÔNIMO BARBOSA ALEXANDRE²,

¹Discente de Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns – PE, gsb@discente.ifpe.edu.br;

²M.Sc. Engenharia Elétrica, Professor EBTT, IFPE, Garanhuns – PE, geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: O objetivo do Trabalho é o projeto e a validação de um controlador PID digital de luminosidade. O protótipo didático é composto por: um resistor de 220 Ω , um potenciômetro de 10 k Ω , um LED de alto brilho, um LDR e uma placa Arduino Uno R3. O controlador foi projetado utilizando a biblioteca PID do Arduino e foi validado em diferentes pontos operacionais, com bom desempenho operacional, em todos os cenários o tempo de resposta foi da ordem de segundos. Os dados medidos na planta didática são enviados para o computador onde é plotado em tempo real os gráficos das variáveis de decisão. O diferencial do Trabalho está no baixo custo, na supervisão remota dos dados e na replicabilidade do protótipo por outras instituições de ensino.

PALAVRAS-CHAVE: Controlador PID, luminosidade, supervisão local e remota, protótipo.

PID CONTROL OF LUMINOSITY AND REMOTE DATA SUPERVISION

ABSTRACT: The aim of the work is the design and validation of a digital PID controller brightness. The didactic prototype consists of a 220 Ω resistor, a 10k Ω potentiometer, a high brightness LED, an LDR and an Arduino Uno R3 board. The controller was designed using the Arduino PID library and was validated at different operational points, with good operational performance, in all scenarios the response time was of the order of seconds. The data measured in the didactic plan sent to the computer where the graphs of the decision variables plotted in real time. The differential of the Work is in the low cost, in the remote supervision of the data and in the replicability of the prototype by other educational institutions.

KEY WORDS: PID controller, brightness, local and remote supervision, prototype.

INTRODUÇÃO

A ação de controle e a supervisão de processos é uma das partes mais importantes de qualquer planta industrial e que ambas interagem na operação estável e na otimização do produto. Dentre os mais variados tipos de controle existente, podemos destacar o controle PID por ser o mais utilizado na indústria, devido ao seu desempenho robusto e simplicidade funcional (Ogata, 2015). Em relação ao supervisor, existe inúmeros *softwares* tanto comerciais (Eclipse Scada, CX-Supervisor, Supervisorio LAquis) e livres (ScadaBR e PROCESSING) que irão auxiliar na qualidade, na redução de custos e em um maior desempenho da produção.

O controle PID é o algoritmo de controle mais usado na indústria e tem sido utilizado em todo o mundo para sistemas de controle industrial. Possui um desempenho robusto em diversos cenários industriais, somado a sua simplicidade funcional, que permite aos técnicos e engenheiros operá-los de forma simples e direta. Esse algoritmo é composto por três coeficientes: proporcional, integral e derivativo, que são variados para obter a resposta temporal ótima (Bega, *et al*, 2006).

Neste contexto o objetivo do Trabalho é apresentar o sistema de controle de luminosidade com supervisão de dados remotamente, projetado e validado sob perturbações abruptas e intermitentes no processo. O trabalho desenvolvido utiliza uma plataforma de prototipagem eletrônica *Open Source*

baseada no microcontrolador de 8-bit e no *software* livre de supervisão, o ScadaBR. De modo que seja possível ligar, desligar, mudar parâmetros, monitorar variáveis de controle e gerar relatórios de forma rápida e segura da planta didática que desejarmos de qualquer lugar do mundo através de um acesso remoto pela *internet*.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi feita a revisão do estado da arte nas seguintes plataformas acadêmicas: IEEE Explorer Digital Library, Periódico Capes e Google Acadêmico, dessa pesquisa foram escolhidos alguns artigos que servirão de base do projeto (Candibá, *et al*, 2012) e (Moraes, 2013). Em seguida foi elaborado os esquemáticos elétricos e a lista de material com o respectivo orçamento.

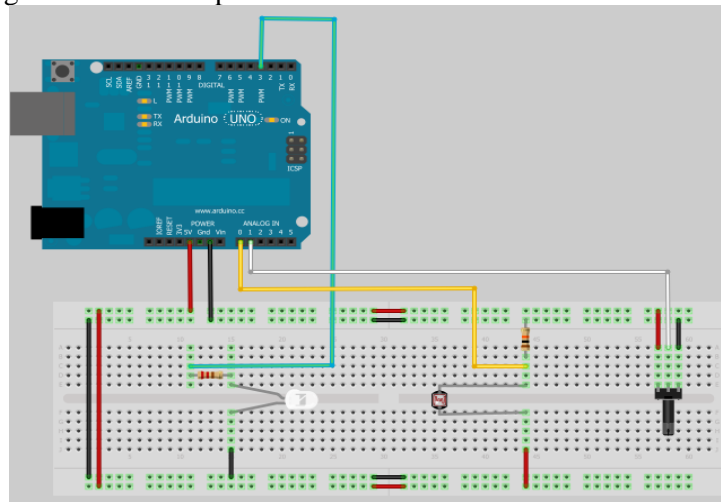
Os materiais utilizados para confecção do protótipo experimental estão dispostos na Tabela 1. O custo total do protótipo foi baixo (R\$ 60,20).

Tabela 1. Lista de material utilizada na confecção da planta de controle de luminosidade.

Material	Preço (R\$)
1 resistor de 220 Ω	0,12
1 resistor de 10 k Ω	0,12
1 potenciômetro de 10 k Ω	2,90
1 LDR – 7mm (900 e 10 k Ω)	1,90
1 LED alto brilho 5mm 3,6V	0,48
1 Arduino Uno R3	54,90
Jumpers	Disponível no Laboratório
Total = R\$ 60,20	

Na Figura 1 é ilustrado o diagrama elétrico da planta de controle de luminosidade, a planta pode ser dividida em três partes: o atuador, o sensor e o controlador PID digital. A planta e o atuador consistem em um LED de alto brilho, já o sensor é o LDR, um resistor que varia com a intensidade luminosa e o controlador digital foi implementado usando a biblioteca PID do Arduino.

Figura 1. Diagrama elétrico da planta de controle de luminosidade. Fonte: Moraes, 2013.



O sistema avaliado não é isolado, de forma que possa sofrer interferências externas (distúrbios) tais como, sombra ou luz excessiva em cima do sensor de luminosidade (LDR). Desta forma, o LED branco de alto brilho – que está conectado à uma porta PWM do microcontrolador – irá emitir luz proporcionalmente ao distúrbio, de modo que o *set-point* dado pelo potenciômetro seja respeitado.

Para monitoramento e comando remoto foi desenvolvida um sistema supervisorío no software ScadaBR, aplicação recebe em tempo real os dados medidos na planta (leitura dos sensores) e plota os gráficos em tela específica. Ao final do ciclo operacional (programado pelo usuário, em horas, dias, semanas ou meses) é a ferramenta gera um relatório e envia por e-mail do chefe da manutenção da fábrica (*e-mail* configurado).

Remotamente o operador pode enviar um comando para desligar a planta didática ou aumentar / diminuir o brilho do LED (alteração no PWM – Pulse Width Modulation). Atualmente a aplicação supervisiona apenas a planta de controle de luminosidade, mas o ScadaBR permite o monitoramento de vários processos simultaneamente.

O ScadaBR é *software* livre e de fácil operação bastando apenas configurar as *Data Source*, e a forma que o usuário deseja que as informações sejam representadas, além disso, gera gráficos e relatórios, alarmes e lógicas programáveis. Além de possuir diversos protocolos de comunicação como: Modbus, Bacnet, OPC, entre outros. Podendo ser utilizado tanto em sistemas baseado em Linux como Windows. Na Figura 2 é ilustrado a configuração da Aplicação para o controle de luminosidade do LED.

Figura 2. Barra de menu e *Data Source* configurados.



O diferencial do Trabalho está no fato do operador possuir total controle da planta através da *internet*. Podendo fazer coleta, gestão e análise dos dados e podendo aplicar essas informações para otimizar a produção e nas tomadas de decisões.

O protocolo de comunicação utilizado entre o microcontrolador e o SCADABR foi o Modbus RTU, RS485 do tipo ponto a ponto. O protocolo e os registradores necessários são definidos na programação do microcontrolador que também é o responsável pelo controle PID digital da luminosidade do LED de alto brilho. Com a programação concluída foi necessário configurar o ScadaBR para que o *software* consiga apresentar as variáveis de decisão: tensão fornecida ao LED (Output), Leitura do sensor LDR (Input) e o valor estabelecido para a luminosidade (Set-point). Na Figura 3 é ilustrada a configuração dos registradores que recebem as variáveis de decisão e em seguida imprimem as informações por meio de gráficos.

Figura 3. Tela de configuração dos *Data Points*.

Nome	Tipo de dado	Status	Escravo	Faixa	Offset (baseado em 0)
Input	Numérico		1	Registrador holding	0
Output	Numérico		1	Registrador holding	2
Setpoint	Numérico		1	Registrador holding	1

Nos Trabalhos de Moraes (2013) e Schenkel (2016) foi utilizado o PROCESSING como *software* de supervisão do processo, aqui foi utilizado o ScadaBR, devido este possuir o *toolbox* para supervisão remota e o envio de relatórios por *e-mail*, bem como é possível configurar mensagens (Short Message Service, SMS) de alerta no processo e o gerenciamento de senhas e usuários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 ilustra a planta didática de controle de luminosidade montada pelo aluno-bolsista instalada no Laboratório de Instrumentação e Controle Industrial do IFPE Campus Garanhuns.

Após a montagem da planta foi feito o experimento de identificação paramétrica do sistema completo em malha fechada, em seguida o projeto e sintonia do controlador PID pelo método de Ziegler e Nichols, resultando nos seguintes ganhos: Proporcional = 0,002; Integral = 0,1e Derivativo = 0,0. O desempenho em malha fechada do controlador projetado é ilustrado nas Figuras 5 e 6, apresentando desempenho ótimo na operação estável da planta, com tempo de estabelecimento de 0,5 segundos.

O valor de referência para luminosidade (*set-point*) é definido manualmente pelo operador através do potenciômetro. No caso das Figuras 5 e 6 o valor estabelecido para a luminosidade foi de 760 lux (curva em verde) e o controlador conseguiu que a saída de controle atendesse a exigência (curva em vermelho), desta forma o erro de controle é zero (subtração das curvas em verde e em vermelho), este fato foi alcançado devido ao ganho integrador.

Figura 4. Detalhes da planta didática de controle de luminosidade confeccionada.

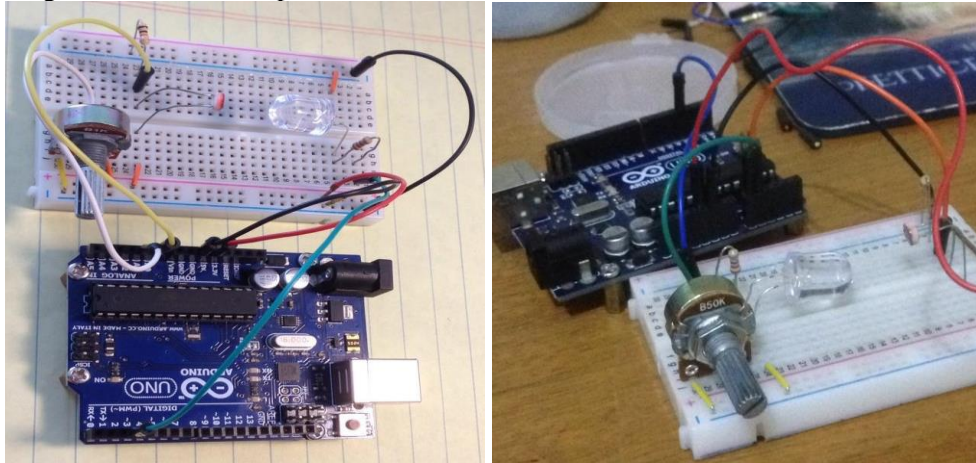


Figura 5. Respostas das variáveis de decisão: tensão fornecida ao LED (PID-LUX-Output), Leitura do sensor LDR (PID-LUX-Input) e o valor estabelecido para a luminosidade (PID-LUX-Setpoint).

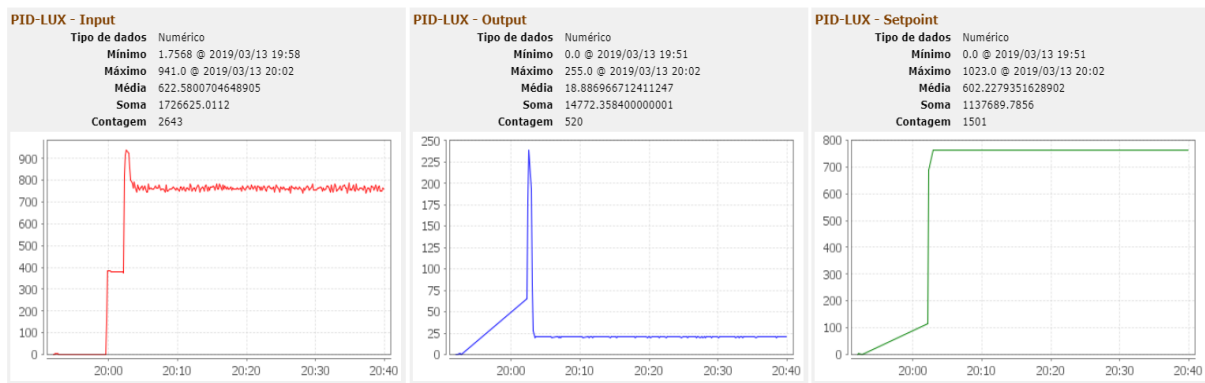


Figura 6. Detalhes da Resposta de controle, onde a luminosidade controlada (curva em vermelho) na planta seguiu a referência estabelecida (curva em verde).



A reposta de controle apresentou um *overshoot* de 150 lux, mas depois se estabilizou não apresentando oscilações. Para testar o circuito como fonte de distúrbio, pode-se utilizar uma lanterna para incidir mais luz ou um anteparo para fazer sombra ao LDR. Durante os testes o controlador foi submetido as variações do *set-point* e a distúrbios na planta (sombreamento e aproximação da lanterna) em todos os cenários a ação de controle cumpriu com os objetivos de fazer a medição ser igual a valor estabelecido para a luminosidade.

Todos os gráficos ilustrados nas Figuras 5 e 6, bem como os valores em formato de tabelas são enviadas para o *e-mail* do chefe de manutenção ao final do dia. O acesso a plataforma remotamente se dar pelo acesso à *internet* e o cadastro do usuário por meio do seu *e-mail*, desta forma o usuário pode observar os gráficos em tempo real bem como receber o relatório do final do dia no seu endereço de *e-mail* para fins de registro e histórico do processo.

CONCLUSÃO

A solução apresentada do controle PID digital mostrou-se eficiente quando avaliada no ajuste da luminosidade operando em malha fechada, em termos das mudanças operacionais de funcionamento da planta, bem como no compromisso da estratégia de controle na redução de tempo e na qualidade do produto final. Para controlar a luminosidade em uma sala é necessário aperfeiçoar o algoritmo de controle desenvolvido, bem como projetar o circuito *dimmer* que irá gerenciar a corrente elétrica consumida pelas lâmpadas.

O ScadaBR se apresenta como uma ferramenta robusta e eficiente para supervisor e/ou aquisição de dados, atendendo os requisitos do usuário.

A confecção da bancada didática é uma ferramenta que: (1) Permite medições em tempo real das variáveis de decisão; (2) apresenta baixo custo (62,00 R\$); (3) Permite aplicações no processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas de Controle do Bacharelado (guia de laboratório). O diferencial do protótipo está na supervisão local e remota dos dados medidos.

Como trabalhos futuros sugere-se: (a) comunicação com outros processos; (b) sintonia e validação do controle neuronal; (c) sintonia e validação do controlador PI Fuzzy; (d) implementação do chamado *Hardware-in-the-loop*, onde a planta industrial é real e controlador é virtual (no caso o controle PI desenvolvido); (e) criação de um banco de dados para monitorar o histórico operacional; (f) projetar e validar um sistema inteligente para diagnóstico de falhas (nos sensores, nos atuadores e no processo) na planta didática.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Pernambuco Campus Garanhuns.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bega, Egídio A.; Finkel, Vitor S.; Koch, Ricardo. Instrumentação industrial. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Rio de Janeiro, 2006.
- Candibá, Aionan; Jambeiro, Bruna; Rezende, Igor; Dantas, Letícia; Bitencourt, Andrea. Controle de Luminosidade em uma Sala. Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012.
- Moraes, Marcelo. Controle de Luminosidade com Arduino PID. 2013. Disponível: <https://arduinoymyself.blogspot.com/2013/04/controle-de-luminosidade-com-arduino-pid.html>. Acesso em: 30/03/2019.
- Ogata, Katsuhiko. Engenharia de Controle Moderno. 5ª Edição. Pearson. 2015.
- Schenkel, Anderson Weber; Mello, Grazielle Techio; Dallepiane, Patricia Gomes; Gehm, Sandi da Costa; Lucchese, Taís Rieger; Braidá, Valéria. LED Brightness Control. Congresso de Iniciação Científica da Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, 2016
- Souza, Edilson Santana de; Melo, Leandro Terra; Rodrigues, Viviane Bicalho. Controle de Luminosidade de LED. Relatório Final da Disciplina Laboratório de Controle e Automação I, UFMG, 2008. Disponível em: http://www.cpdee.ufmg.br/~palhares/refinal_lab.pdf