

**XXIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS
SEMANA NACIONAL DE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA - 2019**

**SIMULAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE UMA ESTUFA COM CONTROLE DA
ILUMINAÇÃO POR LED'S PARA CULTIVO DE PLANTAS**

Allan Pereira da Silva¹ e Márcia Lissandra Machado Prado²

1. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: allanpereira016@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: marcia.lissandra@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de controle; Controle de Luminosidade; LED.

INTRODUÇÃO

Para que determinadas plantas tenham um crescimento adequado e de qualidade, elas precisam de um ambiente propício. Estufas podem ser um lugar ideal para seu desenvolvimento com um controle efetivo de intensidade de luz, temperatura e umidade. Para um cultivador é uma tarefa muito importante e delicada escolher a potência, lúmens e o tipo de iluminação da estufa (BITTENCOURT, 2013). Seria interessante a possibilidade de automatizar esse processo com o uso de um controlador. A escolha do LED (*Light-emitting Diode*) deve-se aos seus benefícios, entre eles, o aproveitamento maior de energia, e isso o torna economicamente mais viável. Além disso, sua vida útil é de aproximadamente 50.000 horas, ou seja, se deixarmos os LEDs ligados 24 horas por dia na estufa, demoraria 4 anos para ter que trocar. O LED não possui elementos tóxicos na sua composição, então, em caso de quebra, não gera danos à plantação em relação a toxicidade. Lâmpadas de LED podem criar os mais variados efeitos, além da possibilidade de controlar a intensidade, cor e distribuição da luz. Essa flexibilidade é um dos motivos pelos quais o LED pode ser usado em diferentes tipos de ambientes e para diversas utilidades, nesse caso, na estufa (ENEERGILUX, 2019).

Esse trabalho tem o objetivo de projetar e simular um controlador capaz de automatizar o sistema de iluminação em estufa de plantas mesmo com os ruídos naturais provenientes do ambiente implantado.

MODELAGEM DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A ideia inicial era construir o protótipo da estufa de plantas com um sistema simples de iluminação para, assim, ser possível extrair a sua função de transferência e projetar o controlador para aplicar ao sistema. Porém, devido à pandemia do COVID-19, não foi possível fazer a implementação prática do sistema juntamente com a estufa. Antes das atividades presenciais serem suspensas, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o funcionamento da estufa, iluminação de LED, circuitos eletrônicos e os conceitos e ferramentas utilizados em Teoria de controle. Sem um protótipo para extrair sua função de transferência, foram pesquisados materiais com experimentos que pudessem fornecer uma função similar, e, a partir daí, elaborar um controlador em comparativo com o utilizado no material escolhido.

O procedimento a ser realizado para projetar um sistema de controle a partir do fenômeno de iluminação é primeiro escolher o atuador e o sensor. O LED seria usado como atuador. Além disso, seria usado o sensor de luminosidade LDR (*Light Dependent Resistor*), que é basicamente um resistor que varia sua resistência de acordo com a luminosidade incidida nele (SCHENKEL et al., 2015), ou seja, quanto maior a luz, menor a resistência fornecida por ele. Estes dispositivos são as peças fundamentais para um sistema simples de iluminação.

Para o projeto do controlador foi escolhida a modelagem obtida em Schenkel (2015), em que é feito um circuito divisor de tensão para monitorar a variação de luminosidade a partir dos parâmetros do LDR. Com o uso de uma fonte de tensão variável de 0 a 12 volts, um ohmímetro e um luxímetro, é possível obter a curva característica do LDR. Depois de feitas as medições e usando os dados obtidos no software Excel foi extraída uma função de transferência exponencial no domínio do tempo como é mostrado na Equação 1:

$$FT(t) = 776e^{-1t} \quad (1)$$

PROJETO DO CONTROLADOR PI TRADICIONAL

Apesar do artigo de referência (SCHENKEL et al., 2015) não deixar explícitas as especificações de projeto, foi feito um cálculo inverso do procedimento natural para projeto de controlador PI com alocação de polos (OGATA, 2010), ou seja, utilizando a função de transferência no domínio da frequência e a função do controlador PI em malha fechada, encontrou-se a equação canônica do sistema. Após isso, foi necessário encontrar a frequência natural e o coeficiente de amortecimento através da comparação entre o denominador da forma canônica e a equação característica. Encontradas essas informações é possível calcular o percentual máximo de sobressinal (mp) e o tempo de estabelecimento (ts), sendo ele, usando um critério de 2% de variação.

Tendo em mãos o $mp = 12,48\%$ e o $ts = 0,5$ segundos, foi utilizado o método de alocação de polos (OGATA, 2010) para construir o controlador PI com a abordagem de projeto apresentada no diagrama de blocos da Figura 1. O método de alocação de polos inicia-se com a determinação dos polos de malha fechada desejados, com base nas especificações da resposta temporal e/ou da resposta em frequência, como velocidade, coeficiente de amortecimento ou banda passante, bem como das especificações de regime permanente (OGATA, 2010). Como já temos as especificações de mp e ts , para projetar o sistema de uma entrada e uma saída, projetamos um controlador (compensador) tal que os polos dominantes de malha fechada tenham um coeficiente de amortecimento desejado e uma frequência natural não amortecida (OGATA, 2010). Nessa abordagem, admitimos que os efeitos na resposta dos polos não dominantes de malha fechada sejam desprezíveis (OGATA, 2010). Assim, comparando o denominador da equação canônica do sistema com a planta do sistema em malha fechada com a equação geral do controlador PID é possível descobrir os valores para os ganhos proporcional e integrativo que foram, respectivamente, 0,0193 e 0,2698.

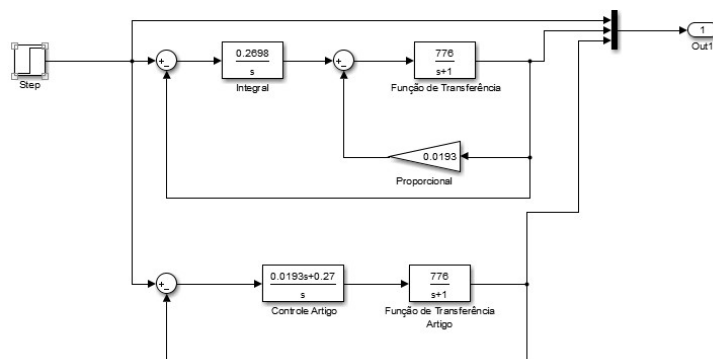


Figura 1: Diagrama de blocos do controlador PI com realimentação do KP (a segunda saída) e do controlador PI tradicional (a terceira saída).

O sistema é alimentado com uma função degrau que será exibida na primeira saída e podemos observar duas configurações diferentes. Uma é a do controlador PI com realimentação do ganho proporcional (KP) para evitar a introdução de um zero

indesejado no sistema (SANTOS et al., 2017), essa configuração vai para a segunda saída. A outra é a configuração tradicional e foi ela a utilizada pelo artigo de referência citado anteriormente. Os resultados dessa diferença na configuração do diagrama de blocos são apresentados no tópico a seguir.

RESULTADOS

Nesse momento vale a pena explicar como funcionaria o protótipo da estufa de plantas com controle de luminosidade. Basicamente o usuário iria definir um nível de luminosidade desejada através do circuito eletrônico montado, dependendo da espécie da planta na estufa e, a partir daí, quando houvessem variações de intensidade luminosa no ambiente, o sistema de controle seria responsável por manter o nível no valor especificado inicialmente. Chamamos esse valor de *setpoint*. Ou seja, caso o ambiente estiver incidindo mais luminosidade que o desejado pelo usuário, o controle iria reduzir a quantidade de tensão fornecida aos LEDs. Caso estiver uma sombra, por exemplo, o controle iria aumentar a quantidade de tensão fornecida.

Sabendo disso, os autores do artigo de referência fizeram testes práticos e provocaram propositalmente uma entrada ruidosa no sistema. Como não foi possível montar o sistema físico devido a situação do COVID-19, o sistema teve sua resposta simulada no software MATLAB tanto com um degrau simples (para simular um *setpoint* qualquer) quanto com um degrau adicionado a um ruído branco, sendo ele, o responsável por representar as variações de luminosidade no ambiente real, o que é algo totalmente imprevisível em condições normais.

A ideia aqui é comparar as duas configurações mostradas na metodologia e ver as vantagens e as desvantagens de cada uma, para assim, dar ao usuário a opção de um ou outro de acordo com suas necessidades. A Figura 2 mostra tanto o sistema com ruído quando o sistema sem ruído para então fazermos uma análise a partir deles.

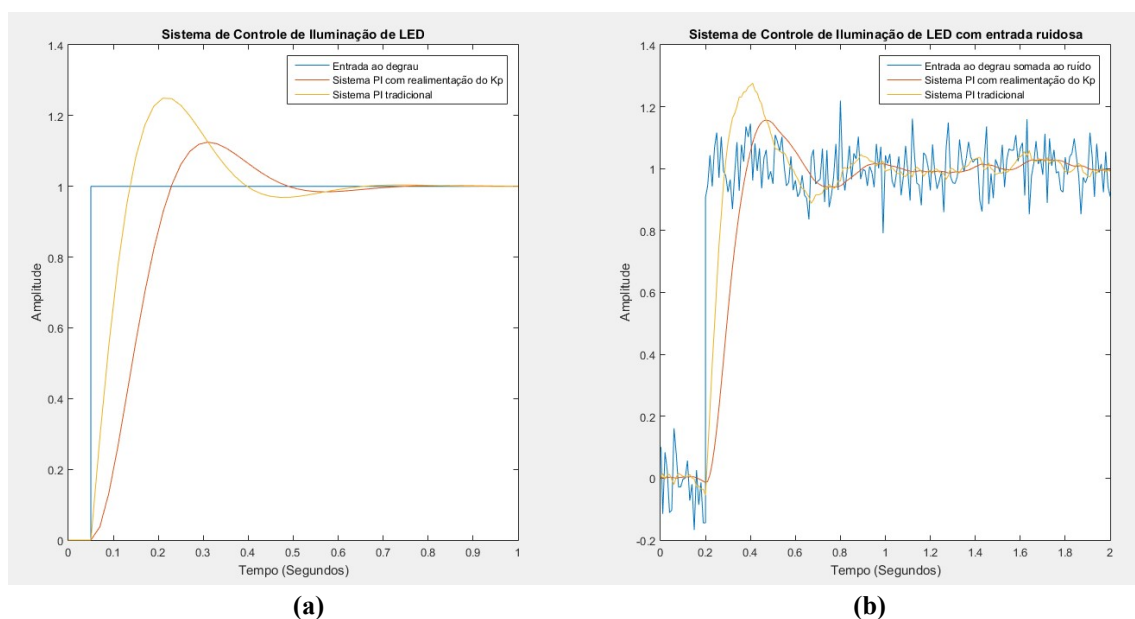


Figura 2: (a) Respostas do sistema de iluminação sem ruído, (b) Respostas do sistema de iluminação com ruído

Como pode-se observar, a configuração tradicional é mais rápida tanto para alcançar o tempo de pico como para entrar no critério do tempo de estabelecimento. Porém, dá para perceber que a configuração do controlador PI com realimentação do KP tem um máximo sobressinal menor, o que significa que o sistema oscila menos do que com a configuração tradicional. Dependendo da planta, pode ser que essa variação do sistema tradicional seja prejudicial a sua saúde e ao seu desenvolvimento, visto que as variações luminosas nos ambientes não controlados acontecem diversas vezes durante o dia. Caso a prioridade do usuário seja velocidade na inicialização (que provavelmente ocorreria apenas uma vez) e velocidade no tempo de acomodamento sem se importar tanto com as oscilações do sinal, a configuração tradicional seria a melhor opção.

CONCLUSÃO

Mesmo apresentando resultados diferentes, ambas as configurações do sistema atendem o especificado em máximo sobressinal e tempo de estabelecimento. Além disso, ambos os sistemas se comportaram bem em relação ao ruído, sabendo que, quando esse ruído for muito alto a resposta tradicional demonstra um sinal com curvas mais abruptas enquanto a realimentação do PI com o KP mostra curvas mais suaves.

Os ganhos proporcional e integral são pequenos, ou seja, seu custo de desenvolvimento não é alto e como foi explicado nesse artigo, também seria de fácil montagem. Sistemas assim podem melhorar a qualidade e a velocidade da produção dos alimentos do nosso dia-a-dia, sendo assim uma contribuição realmente útil para a sociedade, principalmente aos agricultores.

Um trabalho futuro derivado desse poderia ser o controle de outros fatores na estufa como umidade e temperatura, que também influenciam no cultivo das plantas.

Sabendo que o objetivo era desenvolver um controlador de luminosidade conclui-se que ele foi cumprido mesmo sendo apenas em nível de simulação.

REFERÊNCIAS

BITENCOURT, B. C. B. (2013). Monitoramento e Controle de Estufas Hidropônicas. Monografia de TCC do curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Sorocaba, Sorocaba – SP.

ENERGILUX (2019). Conheça 5 benefícios da iluminação LED. Disponível em <<https://blog.energilux.com.br/conheca-5-beneficios-da-iluminacao-led>>. Acessado em 30 de março de 2019.

OGATA, K. (2010). Engenharia de Controle Moderno, 5ª Edição, Prentice Hall.

SCHENKEL, A. W.; MELLO, G. T.; DALLEPIANE, P. G.; GEHM, S. C.; LUCCHESI, T. R.; BRAIDA V. (2015). LED BRIGHTNESS CONTROL, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ.

SANTOS, A. H. M.; PRADO M. L. M. (2017). Alocação de Polos Robusta Aplicada a um Sistema de Secagem de Madeira, Universidade Estadual de Feira de Santana – BAHIA.