

IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLE DE TEMPERATURA PI EM EXTRUSORA DE IMPRESSORA 3D

MICHAEL CHAVES ROCHA DE OLIVEIRA¹, ERLEI DOS ANJOS NASCIMENTO², ROSINEIDE MIRANDA LEÃO³ e LUIZ SOARES CORREIA⁴.

¹Estudante de Engenharia de Controle e Automação, UNIP, Brasília-DF, mikkaoliver@gmail.com;

²Estudante de Engenharia de Controle e Automação, UNIP, Brasília-DF, erleidosanjos@hotmail.com;

³Dra em Ciências Mecânicas, Msc em Ciências Mecânicas, UNB, Brasília -DF, rosemirandaleao@gmail.com;

⁴Me. em Engenharia Civil, Prof. e Orientador, UNIP, Brasília-DF, luiz.correia@docente.unip.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: O presente estudo apresenta os principais aspectos do sistema de controle de aquecimento de uma extrusora de uma impressora de modelagem por deposição fundida (MDF), destacando ao longo das informações apresentadas os pontos positivos e negativos e a introdução desse processo em impressoras “3D”. O mesmo tem por objetivo avaliar o funcionamento e a aplicação de um sistema de controle de temperatura na câmara de liquefação da ponta extrusora da impressora. Os dados do controlador PID foi obtido através da literatura. No processo metodológico realizou-se um desenvolvimento de um controlador PID e sintonização com uma extrusora de impressora 3D, utilizando o material poliácido láctico (PLA) como material de extrusão, que mesmo apresentando um ruído na aquisição do valor de temperatura através do sensor, ainda se mostrou um controlador rápido, além de manter a temperatura adequada para deposição e fusão do material utilizado. Portanto, variações de temperatura que poderiam prejudicar um processo de produção de modelos em 3D foram eliminados.

PALAVRAS-CHAVE: Controlador, PID, Extrusora, Temperatura, Sintonização.

IMPLEMENTATION OF PI TEMPERATURE CONTROL IN 3D PRINTER EXTRUDER

ABSTRACT: The present study presents the main aspects of the heating control system of an extruder of a fused deposition modeling (MDF) printer, highlighting along the information presented the positive and negative points and the introduction of this process in "3D" printers. It aims to evaluate the operation and application of a temperature control system in the liquefaction chamber of the printer's extruder tip. The PID controller data was obtained from the literature. In the methodological process, a development of a PID controller and tuning with a 3D printer extruder was carried out, using the polylactic acid material (PLA) as extrusion material, which even presenting a noise in the acquisition of the temperature value through the sensor, still proved to be a fast controller, in addition to maintaining the appropriate temperature for deposition and melting of the material used. Therefore, temperature variations that could harm a 3D model production process were eliminated.

KEYWORDS: Controller, PID, Extruder, Temperature, Tuning.

INTRODUÇÃO

A impressão 3D como hoje é conhecida muito difundida na indústria 4.0 por possibilitar a confecção de peças ou modelos de geometrias complexas com customização e alto padrão de acabamento, além de não ter desperdício utiliza material reciclável, o método mais amplamente utilizado hoje é a Modelagem por Deposição fundida (MDF) por ter baixo custo na produção de peças e alto poder de customização para aplicações específicas.

Para qualquer impressora que utilize o (MDF), se faz necessário o ajuste de vários parâmetros e não menos importante o controle da temperatura na ponte extrusora da impressora que tem relação direta na adesão das camadas depositadas, densidade e acabamento final da peça alterando a conformidade. No controle (PID), o sistema liga e aquece o extrusor da impressora e matem na temperatura determinada, isto só é possível porque este sistema trabalha com parâmetros de ajustes constantes, isto faz com que a temperatura fique estável (Silva et al., 2012).

Há também uma necessidade de sistemas eficientes que minimize o desperdício de energia elétrica, aplicando sistemas de controle eletrônico de temperatura aumenta a eficiência e minimiza o desperdício de energia (Barros et al., 2014).

Para atender os requisitos mencionados e na garantia de atender as qualidades de uma boa impressão 3D, pode utilizar um controlador Proporcional, Integral e Derivativo (PID), mantendo a estabilidade da temperatura eliminando o erro proporcional que existe entre a temperatura desejada e a temperatura real, eliminado também possíveis perturbações que afetam o controle.

Neste trabalho vamos apresentar os resultados obtidos no controle de um bico extrusor em uma impressora 3D utilizando um controlador Proporcional e Integral (PI) somente pois não há necessidade de utilizar o controle Derivativo com a intenção de suavizar o valor de temperatura a ser alcançado, somente eliminando o erro proporcional e perturbações constantes conseguimos chegar no controle desejável e estável no processo de impressão 3D.

MATERIAL E MÉTODOS

Buscando fundamentar os pontos apresentados ao longo do trabalho realizou-se uma pesquisa científica de forma qualitativa. O presente trabalho trata-se de um estudo de natureza tecnológica com abordagem qualitativa e tem o objetivo exploratório através de procedimentos técnicos experimentais.

O controle desenvolvido foi implementado em uma impressora que utiliza poliácido láctico (PLA) como material de extrusão. O protótipo foi desenvolvido com um micro controlador da família PIC, e programado na linguagem C, para a leitura de temperatura utilizamos um modulo MAX6675 com um termopar tipo K, um display LCD 16x2, um transistor darlinghton npn , um resistor de 15k e um de 100ohm para polarização do transistor como driver do atuador, um cartucho de impressora 3D como atuador, chaves push button para incremento e decremento do setpoint e reset do sistema, resistores de 10k para pull-up e capacitores de 100nf usado como desacoplamento do sistema.

Figura 1. Controlador de Temperatura PI (hardware)

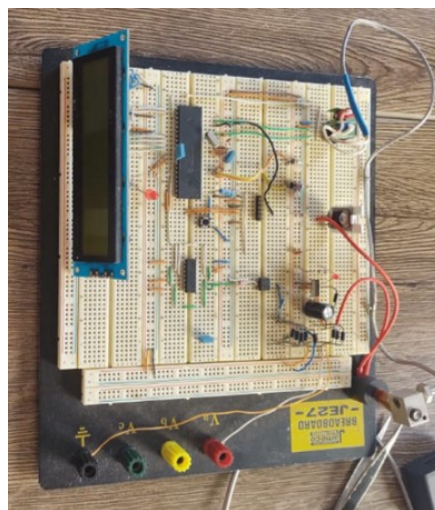
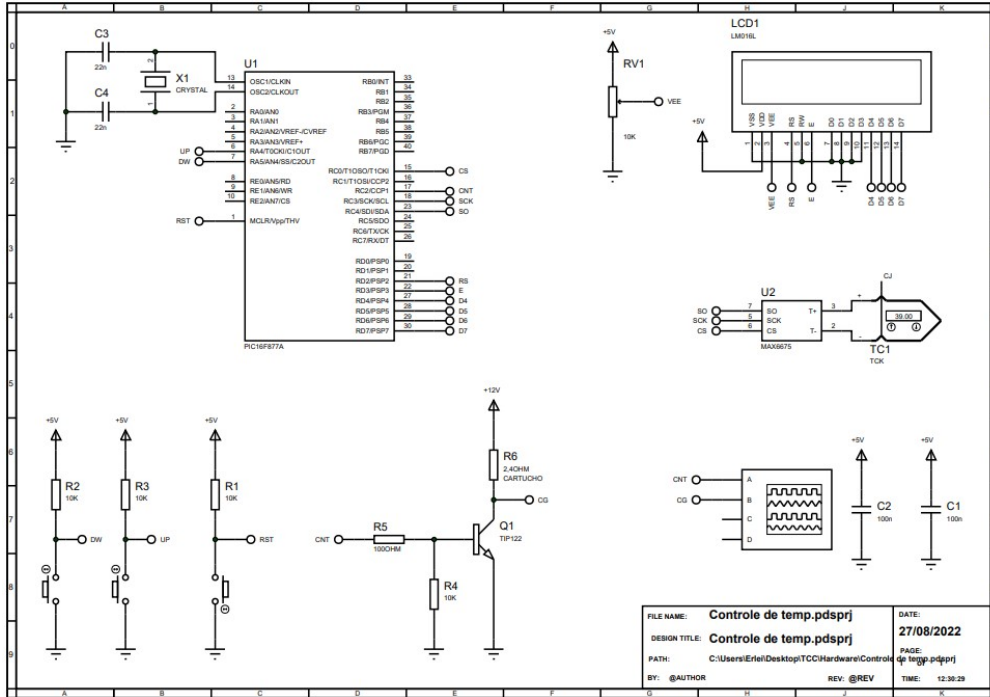


Figura 2 – Diagrama Elétrico do Circuito Eletrônico



Para um resultado satisfatório no controle, é necessário um acerto dos valores constantes de K_p (constante proporcional) e K_i (constante integral), o ajuste foi realizado através do método de Ziegler e Nichols de resposta ao degrau do início da década de 1940, no qual se obtém experimentalmente uma curva de resposta com aspecto senoidal do sistema quando implementamos um sinal degrau, a partir deste ponto podemos determinar as constantes de atraso e calcular as constantes (K_p) e (K_i) (Ogata et al, 2010).

TABELA 1. Regra de Sintonia Ziegler-Nichols baseada na resposta em degrau da planta.
Fonte: Ogata com adaptações, 2010.

Constantes	K_p	K_i	K_d
PID	$0,9T/L$	$0,3/L$	0

O trabalho de Ziegler & Nichols para a sintonia de controladores PID foi muito inovador para época por ser o primeiro método de sintonia de controladores PID. Porém, deve-se lembrar que as fórmulas não garantem nem um resultado específico, nem a estabilidade do controle em malha fechada, devendo ser utilizadas com cautela ou em casos que é permitido a oscilação do sistema, exemplo de uma aplicação não permitida, seria o controle de elevadores. Na etapa seguinte foi feito a montagem do projeto em simulador Proteus e finalmente um processo em uma impressora 3D com o controle de temperatura embarcado no bico extrusor de plástico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O controle da temperatura e estabilidade dessa na câmara de liquefação do bico extrusor é uma variável que influencia diretamente nas propriedades finais do material perfilado devido a sua alta influência na homogeneidade, maleabilidade, alongamento, resistência à tração e torção além do aspecto visual do produto, que em alguns projetos é pré-requisito essa condição de acabamento de alto nível (Ogata et al., 2010).

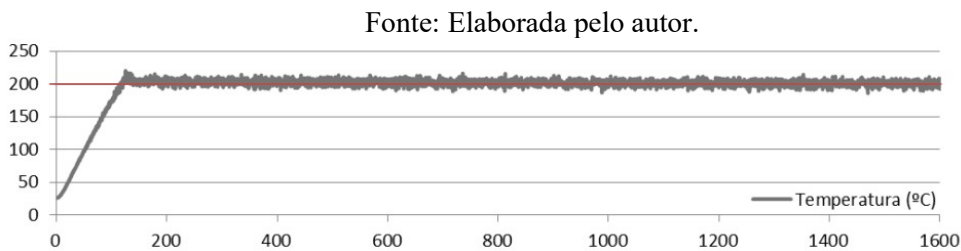
Para análise experimental do bico extrusor, foi aplicado um sinal do tipo degrau com valor empírico já demonstrado na tabela 1, mediante observação da curva de resposta obteve-se as constantes de atraso (L) e tempo (T), e assim utilizando a regra de sintonia Ziegler-Nichols, pôde-se calcular as constantes do controlador, obtendo os seguintes resultados:

Tabela 2. Constantes do controlador PI - Bico extrusor.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Constantes	Kp	Ki	Kd
PID	9,3T/L	0,5/L	0

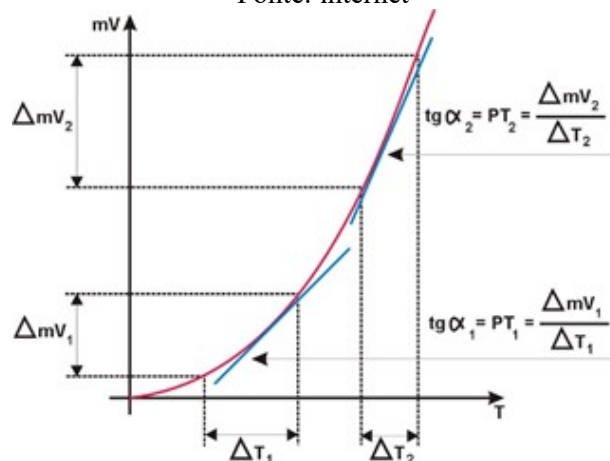
Com as constantes calculadas, programou-se o controlador PI do bico extrusor e foi configurado o valor de temperatura desejado em 200 °C, obtendo-se a seguinte resposta do sistema controlado:

Gráfico 1. Curva de resposta de temperatura controlada em função do tempo (s) – Bico extrusor.



O controlador PID ajustado para o bico extrusor obteve um tempo de resposta de aproximadamente 140 segundos e também foi capaz de manter a estabilidade do sistema com valor de erro muito próximo do valor de temperatura desejado “set point”, apesar de apresentar maior variação no sinal obtido de temperatura. Essa variação é proveniente de ruídos presentes nos sinais do sensor termopar tipo k, por ter uma curva característica em que a tensão varia não linearmente conforme a temperatura aumenta, essa condição faz os ruídos se tornar mais significativos à medida que a temperatura se eleva.

Gráfico 2. Variação de tensão em milivolts em função da temperatura
 Fonte: internet



Portanto, quando se trabalha em altas temperaturas, uma pequena variação do valor de tensão resulta numa grande variação de temperatura, como ressaltam (Azevedo et al., 2013) e (Cabreira et al., 2018) a abordagem de mapeamento da temperatura na impressão tem grande influência na análise de parâmetros da impressão final. Em resumo, é muito vantajoso avaliar a possibilidade de se implementar o controle PI de temperatura no processo de impressão 3D, em impressoras que não dispõe de controle de temperatura, corre grande risco das peças confeccionadas não se enquadre ou atenda as normas ou requisitos desejados quando demandados.

CONCLUSÃO

O controlador PI de temperatura desenvolvido neste trabalho atingiu as expectativas esperadas em manter a estabilidade da temperatura ao longo do processo de impressão de peças, mesmo havendo uma variação maior em altas temperaturas, que já explicado que é devido ao tipo de sensor utilizado, esta perturbação não foi prejudicial no processo levando em consideração os vários testes de peças produzidas utilizando o poliláctico (PLA) que tem uma faixa de temperatura de fusão mais ampla tornando a perturbação do sensor irrelevante no processo de impressão 3D, em outros processos de impressão 3D que empregam outros materiais na extrusão, esses ruídos seriam prejudiciais, a próxima etapa dos estudos experimentais vai estar direcionado em utilizar métodos matemáticos que levam em consideração dados estatísticos para melhorar as variações sofridas pelos ruídos e sensores com maior precisão.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Paulista pelo apoio em todo o nosso caminhar acadêmico.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, Fábio M. D. Estudo e projeto de melhoria em máquina de impressão 3D – Universidade de São Paulo, 2013
- BARROS, Juliana S, G. Avaliação de duas tecnologias de controle para acionamento de sistema de aquecimento resistivo em creche suína: 2014. Dissertação (mestrado) - UEC, FEA, Campinas, SP.
- CABREIRA, Vinicius. Avaliação dos parâmetros de processamento em impressão 3D nas propriedades do poliláctico. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- OGATA, Katsuhiko. Engenharia de Controle Moderno. 5ª edição. São Paulo – Pearson Prentice Hall, 2010.
- SILVA, Carlos E. F. Rosado, Victor O. G. Sintonia de um Controlador PID no aquecimento de uma câmara térmica: 2012, UNESP-SP.