

SISTEMA DE CONTROLE DE POSIÇÃO UTILIZANDO CONTROLADORES PID

SILVEIRA, Alessandro La Rocca^{1*}, OSINSKI, Cristiano², STIEGELMAIER, Claudinei³

^{1,3} FAHOR, Curso de Engenharia de Controle e Automação, Faculdade Horizontina, Campus Arnaldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

² UFPR, Universidade Federal do Paraná, Campus Centro Politécnico, Avenida Coronel Francisco H. dos Santos, 100, Curitiba, RS, Brasil.

*Autor Correspondente: as002104@fahor.com.br

RESUMO

O presente artigo visa estudar, analisar e prototipar um sistema de controle PID (Proporcional, integral, derivativo), a fim de explorar suas propriedades na criação de um sistema de malha fechada que permita o equilíbrio de uma esfera a uma distância pré-estabelecida de um sensor. Os sistemas de controle PID permitem que um sistema mantenha-se em equilíbrio mesmo quando sofre distúrbios externos. Um protótipo foi construído para que os testes pudessem ser validados. Um software de computador foi utilizado para analisar os dados extraídos do microcontrolador utilizado no protótipo. Os resultados aqui oferecidos baseiam-se unicamente neste protótipo e carecem de análise por pares para ter sua eficácia validada.

Palavras chave: Controle de Posição, Controladores PID, Sensor Ultrassônico.

Position Control System Using PID Controllers

ABSTRACT

This article aims to study, analyze and prototype a PID (Proportional, Integral, Derivative) control system in order to explore its properties in the creation of a closed-loop system that allows the equilibrium of a sphere at a pre-established distance from a sensor. PID control systems allow a system to remain in equilibrium even experiencing external disturbances. The study was based on Nise (2016) and scientific articles available in other publications. A prototype was built so that the tests could be validated. A computer software was used to analyze the data extracted from the microcontroller used in the prototype. The results here offered are based solely on this prototype and require peer review to validate its effectiveness.

Keywords: Position Control, PID Controllers, Ultrasonic sensor.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de posicionamento sempre foram objetos de diversos estudos com o objetivo de torná-los mais eficientes e precisos. Na indústria, o posicionamento está presente em praticamente todos os ramos, seja por meio de servomotores para usinagens precisas ou por meio de simples deslocamento de materiais entre os processos produtivos.

A posição exata de um determinado objeto pode determinar a diferença entre o sucesso e fracasso em um processo de fabricação. Um controle de posição bem projetado garante o funcionamento preciso de uma máquina e propicia uma efetividade maior no desempenho de um sistema ao enfrentar distúrbios externos.

Sistemas de corte a *laser*, por exemplo, utilizam controle de posição para definir a distância exata da peça que precisa ser cortada, sendo assim, um projeto bem elaborado mostra-se necessário, justificando a necessidade deste estudo.

Este artigo pretende demonstrar as vantagens do uso de um sistema de controle de malha fechada, utilizando o sistema PID para equilíbrio de uma esfera a uma distância pré-estabelecida de um sensor.

O artigo está estruturado como se segue. Na Seção 2 os principais conceitos relacionados aos controladores PID são apresentados. Na Seção 3 um passo a passo sobre o desenvolvimento do protótipo é discutido. Na Seção 4 os resultados são analisados. Finalmente, na Seção 5, as conclusões são apresentadas.

2 CONTROLADOR PID

De acordo com Ogata (2011), metade dos controladores industriais em uso nos dias atuais utiliza estratégias de controle PID ou PID modificadas. Sua utilidade reside na sua aplicabilidade geral à maioria dos sistemas de controle e parcialmente à sua simplicidade funcional, permitindo operá-los de maneira simples e direta.

Segundo Dorf (2001) a popularidade dos controladores PID pode ser atribuída parcialmente ao seu desempenho robusto sobre uma grande faixa de condições operacionais e em parte à sua simplicidade funcional, que permite aos engenheiros operá-los de uma maneira simples e correta. Para implementar um controlador desses, três parâmetros devem ser determinados para um dado processo: ganho proporcional, ganho integral e ganho derivativo.

A estrutura de controle PID mais utilizada na literatura e que representa a relação matemática entre o sinal de controle e o erro é dada por (Astrom, 1995):

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}, \quad (1)$$

onde $u(t)$ é o sinal de controle e $e(t)$ é o sinal do erro ($e(t) = r(t) - y(t)$), T_i é a integral do tempo, T_d é a derivada do tempo. Outra forma de representar o algoritmo PID é pela função de transferência:

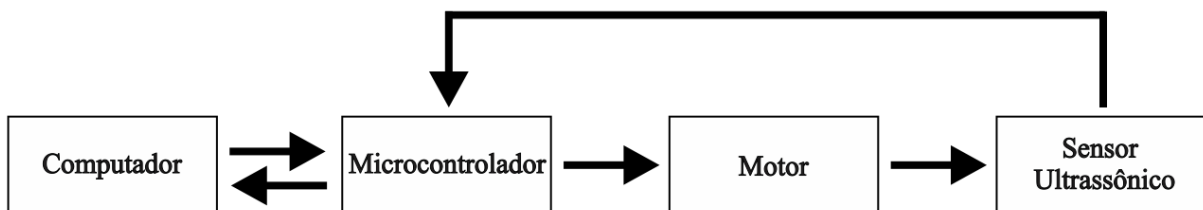
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right), \quad (2)$$

A configuração apropriada desses parâmetros melhorará a resposta dinâmica, reduzirá o overshoot, eliminará erros de estado estacionário e aumentará a estabilidade do sistema (Astrom, 1995).

3 DESENVOLVIMENTO

O hardware da planta didática é composto de quatro módulos principais: microcomputador, microcontrolador, motor e sensor ultrassônico. A ligação destes quatro módulos pode ser vista na Figura 1.

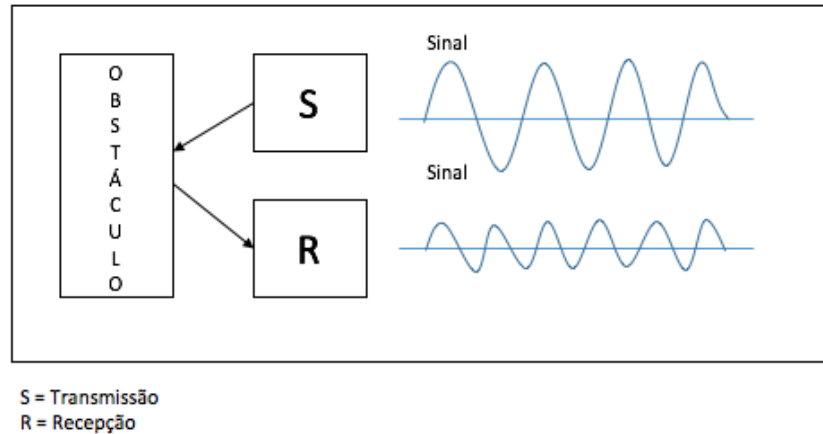
Figura 1 – Descrição dos módulos do projeto.



Fonte: Autores (2018)

O sensor ultrassônico é o responsável por fazer a leitura da distância da esfera. Estes sensores operam com um tipo de onda a qual não fica sujeita a interferências eletromagnéticas. Seu princípio de funcionamento é baseado na emissão e recepção de ondas sonoras entre dois pontos, sendo um emissor e um receptor, onde o emissor envia um sinal proveniente das vibrações ultrassônicas, essa onda é refletida no objeto e retorna para o receptor. A Figura 2 mostra o princípio de funcionamento do sensor ultrassônico.

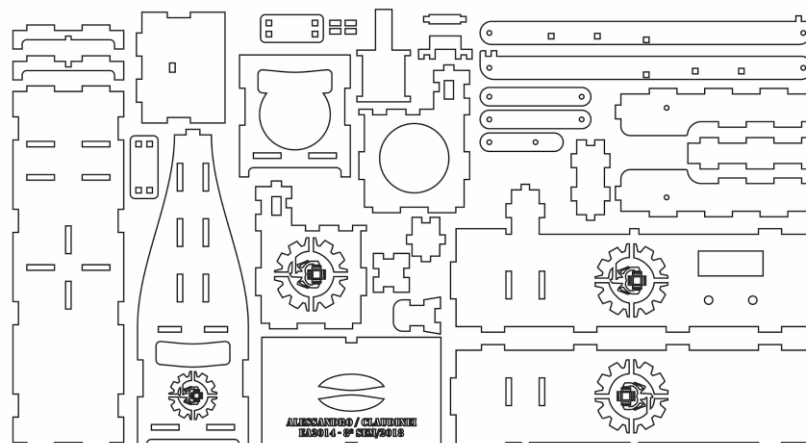
Figura 2 – Princípio de funcionamento do sensor ultrassônico.



Fonte: Autores (2018)

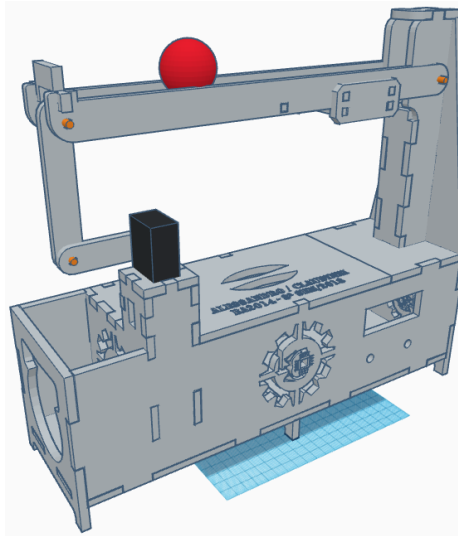
O microcontrolador é responsável por fazer a leitura do sensor e o cálculo matemático do PID. O computador serve para ler os dados e demonstrar graficamente os resultados obtidos, um sensor ultrassônico foi utilizado para leitura da distância da esfera e um motor do tipo Servo Motor foi utilizado para mover a plataforma de suporte para atingir o equilíbrio necessário. Uma tela LCD do tipo 16x2 foi utilizada para informar dados como *setpoint* e leitura atual do sensor e um potenciômetro foi adicionado para permitir a variação do *setpoint*. A base para a sustentação da esfera foi primeiramente projetada em software e pode ser vista nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Projeto inicial da estrutura.



Fonte: Autores (2018)

Figura 4 – Controle de posição.



Fonte: Autores (2018)

A estrutura foi feita em MDF e cortada a laser. Ela contém um suporte móvel para a esfera, espaço para alocação do microcontrolador e suporte para fixação do servo motor.

Figura 5 – Base para a sustentação

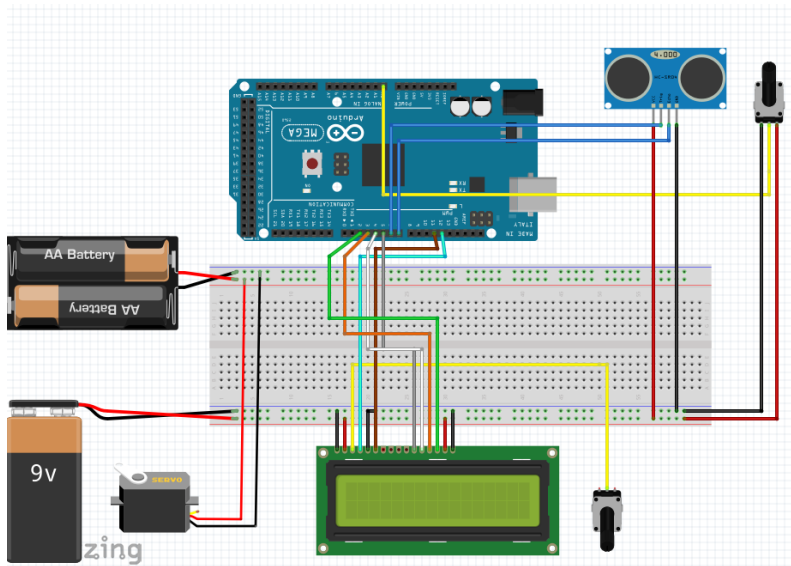


Fonte: Autores (2018)

O sensor ultrassônico gera uma tensão de 0 a 5V proporcional a uma distância de 0 a 20cm, referente à posição em que a esfera se encontra. Esta variação de tensão é lida e interpretada pelo microcontrolador através da entrada analógica, que realiza a conversão para

centímetros. A partir da referência definida pelo usuário, dado em cm, o controlador PID efetua o controle da variação de tensão na saída analógica tentando fazer com que o erro seja nulo (Figura 7). O Arduino é responsável por fazer o driver para controle de velocidade do servomotor. A saída do Arduino, em PWM, é ligada a um driver de potência que realiza o controle eletrônico de velocidade e de potência do motor.

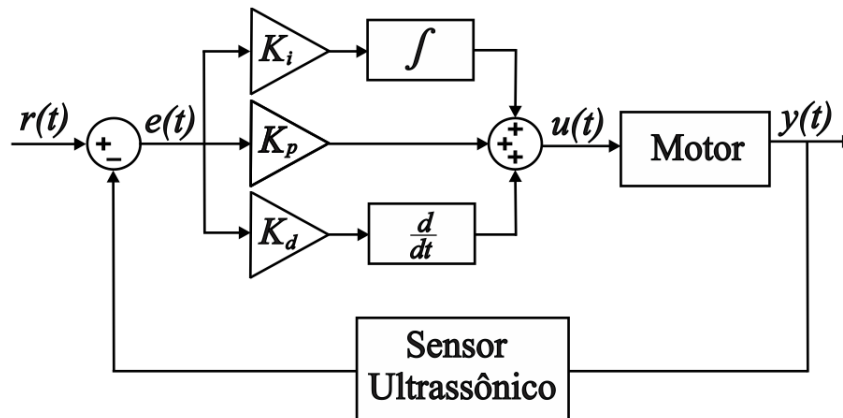
Figura 6 – Circuito eletrônico



Fonte: Autores (2018)

Adaptando o sistema de controle PID para o sistema de controle proposto neste trabalho, tem-se a Figura 7.

Figura 7 – Diagrama de blocos da malha de controle.



Fonte: Autores (2018)

A interface serial é a responsável pela comunicação entre o computador e controlador, sendo possível a gravação do firmware e a passagem das variáveis de entrada e saída do sistema. Com o código gravado, o microcontrolador realiza o cálculo com as variáveis de entrada e o resultado dessa operação é fornecido ao drive de potência.

Através do método de Ziegler e Nichols foi determinado os ganhos iniciais, através destes realizou-se a sintonia fina dos ganhos através do método de tentativa e erro. Os valores dos parâmetros que melhor se adaptaram ao problema de controle podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1- Parâmetros utilizados para o controlador

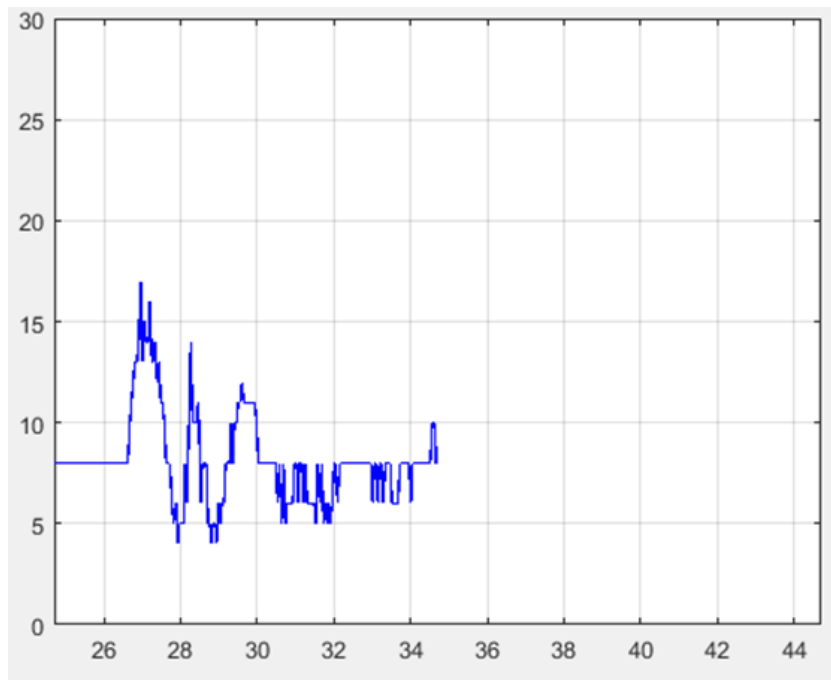
Parâmetro	QUANTIDADE
K_p	1,15
K_i	0,15
K_d	0,014

Fonte: Autores (2018).

4 RESULTADOS

Para validar o protótipo e testar o comportamento do controlador PID frente à distúrbios, foram aplicadas três perturbações no sistema com intensidades diferentes. Para os três casos, inicialmente, a esfera foi mantida em posição de equilíbrio, ou seja, seu *setpoint* ficou em 6 cm. O primeiro caso consiste de uma pequena perturbação, como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Resposta do sistema a um degrau de potência

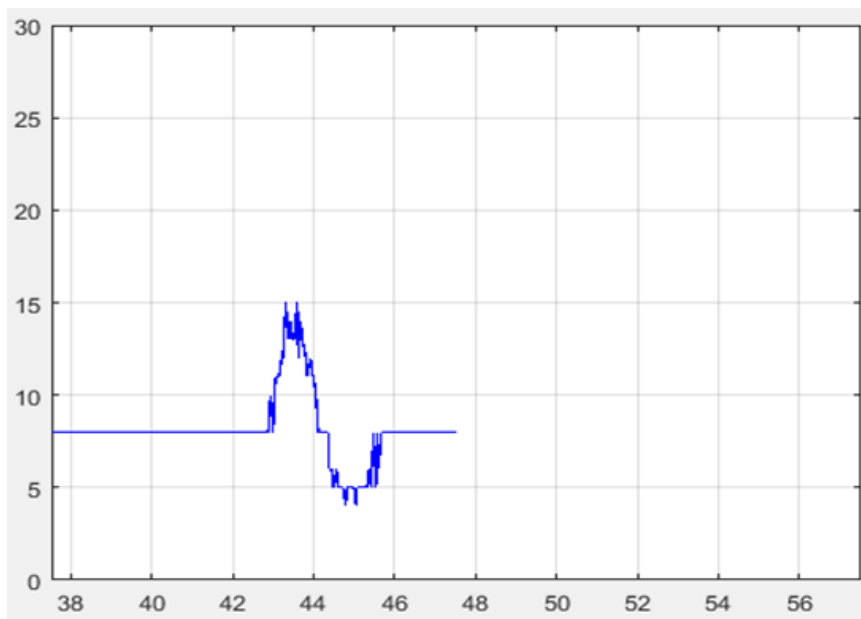


Fonte: Autores (2018)

Observando a Figura 8, percebe-se que a esfera desloca-se no tempo gerando uma resposta transitória, que varia de um *overshoot* de 15 cm até um *undershoot* de 5 cm. O tempo de acomodação, gira em torno de 10 segundos.

O segundo caso consiste de uma perturbação média, como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 – Resposta aplicando um distúrbio médio

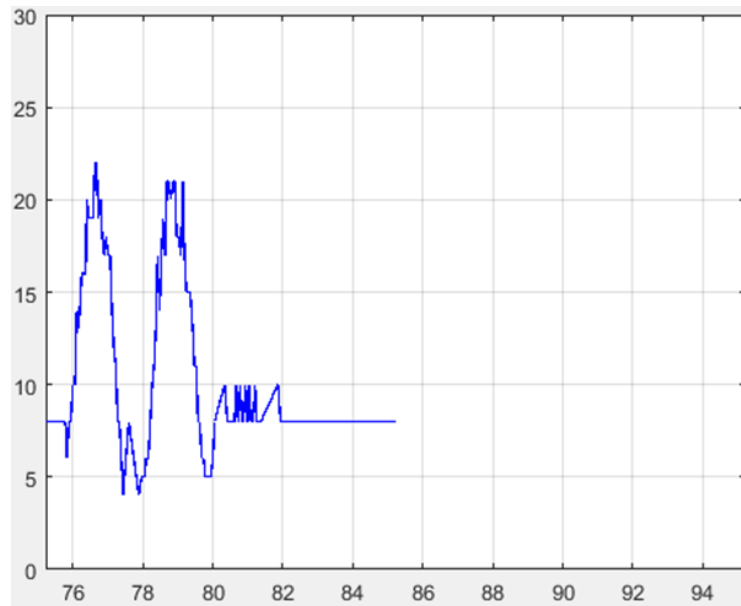


Fonte: Autores (2018)

Observando a Figura 9, percebe-se que a esfera desloca-se no tempo gerando uma resposta transitória, que varia de um *overshoot* de 15 cm até um *undershoot* de 5 cm. O tempo de acomodação, gira em torno de 4 segundos.

O segundo caso consiste de uma grande perturbação, como pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 – Resposta aplicando um distúrbio alto



Fonte: Autores (2018)

Observando a Figura 7, pode-se concluir que o sistema apresenta uma boa resposta frente à aplicação de um degrau de potência. Conclui-se também que o sistema apresenta uma estabilidade maior em distúrbios maiores, devido a sensibilidade da esfera em relação a base móvel. Como nem a esfera, nem a base móvel, apresentam ranhuras para gerar maior atrito entre elas, a menor inclinação da base móvel passa a gerar um distúrbio no sistema graças a ação da gravidade, fazendo com que o sistema precise de um maior tempo para atingir a estabilidade.

CONCLUSÃO

Este artigo demonstrou as vantagens do uso de um sistema de controle de malha fechada, utilizando o sistema PID para equilíbrio de uma esfera a uma distância pré-estabelecida de um sensor. Os testes realizados concluíram que a força da gravidade é um fator que gera distúrbios neste tipo de sistema, exigindo que o controle PID opere quase que ininterruptamente. Atingir o equilíbrio é um grande desafio neste tipo de controle, forçando o uso de parâmetros de PID consistentes e bem elaborados.

REFERÊNCIAS

NISE, Norman S.. Engenharia de Sistema de Controle / Norman S. Nise; tradução e revisão técnica Jackson Paul Matsuura - 6. ed. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.

OGATA, Katsuhiko. Engenharia de Controle moderno / Katsuhiko, Ogata: tradução de André Fábio Kohn, José Carlos Teixeira de Barros Moraes. - Rio de Janeiro: Prentice - Hall do Brasil, 1985. – Rio de Janeiro : LTC, 2001

DORF, Richard C., BISHOP Robert H. Sistemas de Controle Moderno; Oitava Edição S. Sathiyavathi, K. Krishnamurthy. Publicado em Journal of Scientific & Industrial Research. Vol. 72, August 2013, pp. 481-484. Disponível em: <<http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/20253/1/JSIR%2072%288%29%20481-484.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

SAIT, Debdoot. Publicado em IJCTA, 9(39), 2016, pp. 9-14 © International Science Press. PID, I-PD and PD-PI Controller Design for the Ball and Beam System: A Comparative Study. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/5f97/e2c5c588b90063414e21e82a4af0338fbc1a.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

Mohammad Keshmiri, Ali Fellah Jahromi, Abolfazl Mohebbi, Mohammad Hadi Amoozgar and Wen-Fang Xie, Modeling and Control of Ball and Beam System Using Model Based and Non-model Based Control Approaches. Publicado no INTERNATIONAL JOURNAL ON SMART SENSING AND INTELLIGENT SYSTEMS, VOL. 5, NO. 1, MARCH 2012. Disponível em: <<http://s2is.org/Issues/v5/n1/papers/paper2.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

A. Taifour Ali, Ahmed A. M., Almahdi H. A., Osama A. Taha, and A. Naseraldeem A., “Design and Implementation of Ball and Beam System Using PID Controller.” Publicado em Automatic Control and Information Sciences, vol. 3, no. 1 (2017): 1-4. doi: 10.12691/acis-3-1-1. Disponível em: <<http://pubs.sciepub.com/acis/3/1/1/>>. Acesso em: 06 mai. 2018.



De 04/06/2018 a 06/06/2018

TERMO DE COMPROMISSO DE APRESENTAÇÃO

Eu, Alessandro La Rocca Silveira autorizo, caso meu Trabalho Sistema de Controle de Posição Utilizando Controladores PID, de autoria de Alessandro La Rocca Silveira, Cristiano Osinski e Claudinei Stiegelmaier, seja aprovado pela Comissão Científica da SEMANA INTERNACIONAL DE ENGENHARIAS E ECONOMIA FAHOR, a publicação nos anais e no site da instituição.

Assim sendo, firmo que a presente declaração é expressão absoluta da verdade e me responsabilizo integralmente, em meu nome e de eventuais coautores, pelo material apresentado.

Horizontina, 25 de maio de 2018.

Alessandro La Rocca Silveira