



## Controle de Posição e Velocidade utilizando um Servomotor e um Fuso de Esferas com Carga Variável

### Position and Speed Control using a Servomotor and a Ball Screw with Variable Load

Hiago Galindo de Almeida<sup>1</sup>,

Marcio Aurelio Furtado Montezuma<sup>2</sup>

#### RESUMO

Este artigo se concentra na criação de uma plataforma dedicada ao teste de sistemas de controle de posição e velocidade, especialmente aqueles que enfrentam variações de carga. Sua relevância se destaca no contexto da automação industrial e da robótica. A pesquisa abrange a concepção de modelos tridimensionais e o dimensionamento de materiais para a plataforma, com o objetivo de melhorar a precisão e a eficiência dos sistemas de controle em aplicações industriais. O controle preciso de posição e velocidade desempenha um papel crucial em várias áreas, como sistemas mecânicos e automação industrial. Para alcançar a precisão e o desempenho desejados, técnicas avançadas são necessárias, especialmente em cenários onde cargas variáveis podem ser aplicadas, como esteiras industriais. Este trabalho surge em resposta à crescente demanda por tecnologias que aprimorem a automação industrial, garantindo a segurança nas operações e otimizando a eficiência energética. Os resultados desta pesquisa contribuirá para o avanço da automação e do controle industrial, fornecendo uma base sólida para futuras pesquisas e aplicações práticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle, posição, velocidade

#### ABSTRACT

This article focuses on creating a platform dedicated to testing position and speed control systems, especially those that face load variations. Its relevance stands out in the context of industrial automation and robotics. The research covers the design of three-dimensional models and the sizing of materials for the platform, with the aim of improving the precision and efficiency of control systems in industrial applications. Precise position and speed control plays a crucial role in various areas such as mechanical systems and industrial automation. To achieve the desired accuracy and performance, advanced techniques are required, especially in scenarios where variable loads may be applied, such as industrial conveyors. This work arises in response to the growing demand for technologies that improve industrial automation, ensuring safety in operations and optimizing energy efficiency. The results of this research will contribute to the advancement of industrial automation and control, providing a solid foundation for future research and practical applications.

**KEYWORDS:** Control, position, speed,

#### INTRODUÇÃO

O projeto desenvolvido com a finalidade de criar uma plataforma onde sistemas de controle de posição e velocidade com carga variável possam ser testados, apresenta grande relevância para o setor de automação. O estudo abrange a concepção de modelos tridimensionais e o dimensionamento dos materiais empregados na plataforma, visando aprimorar a precisão e a eficiência de sistemas de controle em aplicações industriais, automação e robótica.

<sup>1</sup> Voluntário do PIVICT. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Brasil. E-mail: hiagoalmeida@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1836589774923097.

<sup>2</sup> Docente no Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil. E-mail: montezuma@utfpr.edu.br. ID Lattes: 2487283169795744.



O controle de posição e velocidade é uma área fundamental em sistemas mecânicos, automação industrial e robótica. Para alcançar precisão e desempenho desejados, diversas técnicas são empregadas para garantir o correto posicionamento e a movimentação controlada dos dispositivos, como exemplo este tipo de controle pode ser aplicado em esteiras que estão sujeitas a diversas cargas aplicadas. O controle de posição e velocidade desempenha um papel fundamental em sistemas mecânicos, automação industrial e robótica, sendo essencial para alcançar o desempenho desejado e a qualidade da manufatura. Segundo Ogata (2010) destaca a essencialidade dos sistemas de controle na engenharia e na tecnologia moderna. Ogata argumenta de maneira convincente que os sistemas de controle desempenham um papel fundamental na otimização de processos, garantindo a estabilidade de sistemas complexos e permitindo a automação de tarefas críticas.

O histórico da pesquisa remonta à crescente demanda por tecnologias que permitam um controle mais preciso e seguro de dispositivos e sistemas mecânicos em variados setores da indústria. A necessidade de melhorar a automação de processos produtivos, garantir segurança em operações industriais e otimizar a eficiência energética impulsionou a investigação e o desenvolvimento de soluções avançadas de controle de movimento.

Neste trabalho está sendo desenvolvido os elementos mecânicos e de suporte para a aplicação dos sistemas de controle que podem ser empregados no sistema descrito.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Neste projeto, desenvolvemos uma plataforma de controle de posição e velocidade, utilizando um servo motor e um fuso de esferas capaz de lidar com cargas variáveis e inclinação controlável. Essa tarefa ocorreu no Laboratório de Sistemas Automatizados e Controle (LaSisC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, dividida em duas etapas. Na primeira, selecionamos cuidadosamente os componentes, como motor elétrico, fuso de esferas, correias e polias sincronizadoras, encoder linear e suportes de inclinação. A segunda fase envolveu a modelagem dos suportes e plataformas para integrar esses componentes, visando atingir os objetivos de controle de posição e velocidade. A meticulosa seleção e engenharia de componentes foram fundamentais para o sucesso da pesquisa, com detalhes adicionais fornecidos nas seções subsequentes.

### **MOTOR ELÉTRICO**

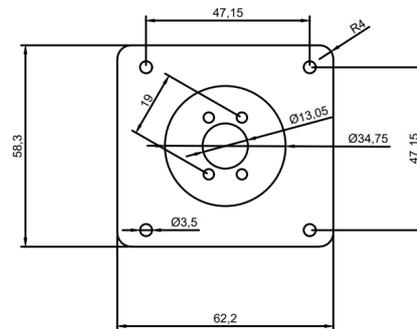
O conjunto motor foi projetado para a utilização de um motor da empresa Maxon, que possui um eixo com 6 mm de diâmetro e um encoder acoplado. De acordo com o fabricante, esse motor opera com uma faixa de tensão de até 48 V. A escolha desse motor foi baseada em sua qualidade de funcionamento, construção robusta e alta sensibilidade à variação da tensão de alimentação.

Para a integração do motor neste projeto, foi necessário criar um suporte de fixação. Desenvolvemos um suporte em acrílico azul de 5.78 mm que será fixado ao motor usando parafusos e um 'L' de metal para proporcionar estabilidade.

O primeiro passo para o dimensionamento adequado desse suporte foi a coleta das medidas do motor e da chapa de acrílico. Em seguida, criamos um modelo no software AutoCad. A Figura 1 apresenta a vista superior do suporte desenvolvido em acrílico, juntamente com suas dimensões.



Figura 1 – Suporte Motor



Fonte: Elaborado por autores (2023)

## FUSO DE ESFERAS

Para realizar a movimentação linear em conjunto com o motor, optamos pelo uso de um fuso de esferas. O modelo escolhido, disponível em nosso laboratório, é o Atuador Linear THK-KR20 da marca THK.

Este atuador linear THK oferece um trilho de deslocamento com 200 mm de comprimento entre suas extremidades, e a cada revolução de seu eixo, o bloco de movimento desloca-se 1 mm. Para uma melhor visualização, a Figura 2 apresenta o atuador que será utilizado neste projeto.

Figura 2 – Atuador Linear THK-KR20



Fonte: Elaborado por autores (2023)

## CORREIAS E POLIAS SINCRONIZADORAS

Com os modelos do motor e do atuador linear à nossa disposição, o próximo passo é selecionar o conjunto de polias e correia que conectará ambos. Neste projeto, optamos por duas polias com um diâmetro interno de 6 mm, correspondendo ao eixo do motor e do atuador linear.

A polia motora possui 16 dentes, com um passo de 2.5 mm do modelo T2.5. Da mesma forma, a polia do atuador linear também apresenta 15 dentes, com um passo de 2.5 mm, do mesmo modelo que a polia motora. Para unir o conjunto de polias, utilizamos uma correia com 58 dentes e um passo igual a 2.5 mm, resultando em um comprimento total de 145 mm. Todas essas medidas são essenciais para o cálculo do entre-centros das polias, garantindo o posicionamento correto do motor e do atuador linear. Para realizar esse cálculo, foram necessárias as medidas a seguir.

- Número de dentes da polia motora (P1) = 16
- Número de dentes da polia motora (P2) = 15
- Passo da polia e correia (Passo) = 2.5mm



- Tamanho da Correia (L) = 145mm

Para realizar o calculo precisamos calcular o diâmetro primitivo das polias. O calculo foi realizado de acordo com a formula 1.

$$D1 = (P1 \cdot Passo) / \pi \quad (1)$$

$$D2 = (P2 \cdot Passo) / \pi \quad (2)$$

Com isso temos que os valores de D1 e D2 são respectivamente 12.7324 e 11.9366. Para o calculo do entre centros precisamos do Raio dessas polias, para isso basta dividir o diâmetro primitivo por 2 assim obtivemos os raios R1 e R2 onde seus valores respectivamente são 6.3662 e 5.9683.

A formula para o calculo do entre centro pode ser verificada na equação 3, o 'x' é o valor de entre-centros.

$$L = (\pi \cdot (R1 + R2)) + 2 \cdot \sqrt{x^2 + (R1 - R2)^2} \quad (3)$$

Após a resolução da fórmula obtivemos uma distancia de entre centros equivalente á 53.1235mm.

## ENCODER LINEAR

Para o controle preciso da posição do "carro"no atuador linear, é essencial a utilização de um sensor. Neste projeto, optamos pelo uso do encoder linear da marca Sino, modelo Ka300 com uma escala linear de 320 mm.

A dimensão total de medição de 320 mm é mais do que adequada para o nosso projeto, considerando que o atuador linear apresenta uma variação linear de 200 mm.

## INCLINAÇÃO E DOBRADIÇAS

Conforme mencionado na descrição do projeto, o controle levará em consideração a mudança de carga e inclinação. Para realizar os ajustes de inclinação, utilizaremos um suporte de câmera da marca Innorel, modelo Z-Flex-INNOREL MH5, que será adaptado para elevar e ajustar a inclinação da plataforma com os componentes.

Para fixar um lado da plataforma, utilizaremos dobradiças de encaixe com dimensões de 75 mm x 54 mm.

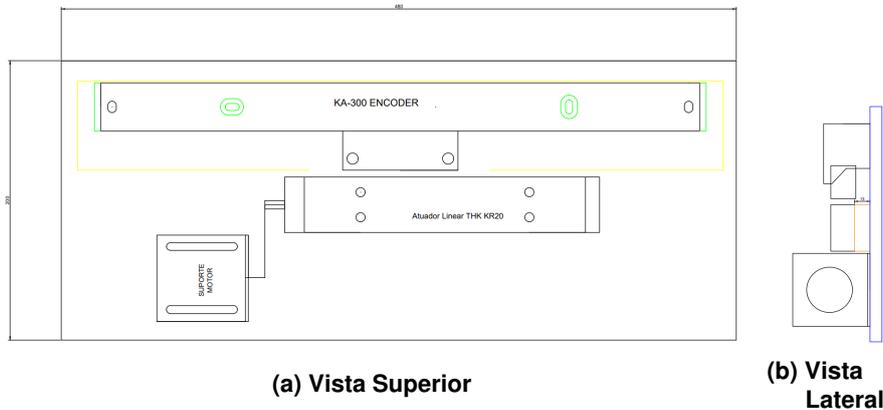
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa revelam uma análise abrangente das características essenciais da plataforma, incluindo as especificações do servo motor e de todos os outros materiais, bem como a capacidade de controle de inclinação. Por meio de cálculos precisos e simulações, foram determinados os tamanhos ideais dos componentes e as tolerâncias necessárias para garantir a operação eficaz da plataforma em relação aos objetivos de controle estabelecidos.

Com base nos dados apresentados, foi criado um modelo no AutoCad da plataforma, que demonstra o posicionamento e o tamanho necessários para a instalação de todas as peças. Você pode visualizar o modelo na Figura ?? a seguir. Para a base de todos os equipamentos, será

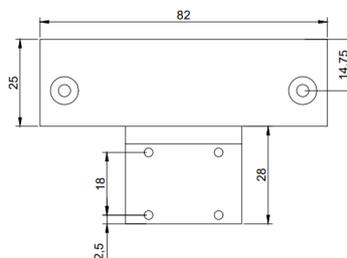
necessário utilizar uma chapa de acrílico com 10 mm de espessura para suportar o peso dos componentes.

**Figura 3 – Suporte Geral do Projeto Vista Superior e Lateral**



Na figura 3b é possível observar um retângulo laranja esse retângulo será utilizado para elevar a altura do atuador linear THK-KR20 em 13 mm para equiparar a altura com o encoder, para a conexão do atuador com o encoder será desenvolvida uma peça em acrílico que conectará a parte móvel do atuador com a parte móvel do sensor linear, onde essa peça pode ser verificada na figura 4 a seguir.

**Figura 4 – Engate do Atuador com Encoder**



Fonte: Elaborado por autores (2023)

Para fixar as peças serão utilizados os próprios orifícios de fixação presentes no corpo das peças, o motor foi utilizado a peça de acrílico desenvolvida apresentada na seção anterior juntamente com um suporte de metal em 'L' como pode ser verificado na figura 5.

**Figura 5 – Motor Com Suporte**



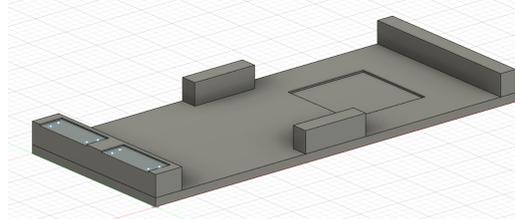
Fonte: Elaborado por autores (2023)

Com todo os suportes da parte superior demonstrados foi realizado um modelo 3d da parte inferior do suporte onde os equipamentos responsáveis pela inclinação serão posicionados, a imagem



pode ser verificada na figura 6.

Figura 6 – Base de Inclinação



Fonte: Elaborado por autores (2023)

Embora tenhamos obtido resultados sólidos na fase de dimensionamento, a montagem completa da plataforma foi impedida por restrições de tempo. Essa limitação não invalida os resultados do dimensionamento, que são valiosos para pesquisas futuras. Os resultados fornecem uma base sólida para avanços práticos na implementação da plataforma de controle de posição e velocidade com base nas diretrizes dimensionais estabelecidas neste estudo.

## CONCLUSÃO

Resumindo, este estudo desenvolveu uma plataforma de controle de posição e velocidade bem-sucedida, integrando componentes como servo motor e fuso de esferas para lidar com cargas variáveis e inclinação controlável. A pesquisa ocorreu no Laboratório de Sistemas Automatizados e Controle da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com atenção meticulosa à seleção de componentes e à modelagem de suportes. A plataforma servirá como base para futuras pesquisas e aplicações em controle de sistemas, contribuindo para avanços na automação e engenharia de controle.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu profundo agradecimento ao meu orientador pela orientação sábia e ensinamentos valiosos ao longo desta jornada de pesquisa. Também agradeço à minha família pelo apoio inabalável e encorajamento constante, que foram fundamentais para o sucesso deste projeto.

## CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

DANIEL, Douglas; PATRÍCIA ANDRADE SILVA ; DE, Luhmamm. Sistema de controle de velocidade e posição para mesa coordenada cartesiana utilizada em máquinas ferramenta. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, v. 3, n. 3, p. 7–26, 2015. Disponível em: <https://exatastechnologias.pgsskroton.com.br/article/view/2366>. Acesso em: 13 abril. 2023.

Ogata, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. 5ª ed, Prentice Hall/Sp, 2010.

YUMPU.COM. Descobrimo medidas desconhecidas (II). yumpu.com. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/view/54276518/descobrimo-medidas-desconhecidas-ii>. Acesso em: 10 maio. 2023.