

TORQUE DE ATRITO NOS FUSOS DE UM ROBÔ CARTESIANO

Werley Rocherter Borges Ferreira, Faculdade de Engenharia Mecânica - UFU, rocherter@gmail.com
João Carlos Mendes Carvalho, Faculdade de Engenharia Mecânica - UFU, jcmendes@mecanica.ufu.br

Resumo. Planejamento de trajetórias robóticas consiste em definir o caminho que o elemento terminal do robô deve passar para realizar uma determinada tarefa. O planejamento de trajetórias pode ser realizado no domínio da tarefa ou no domínio das articulações. Seja qual for o domínio que as trajetórias são planejadas, elas devem ser definidas por uma função de ajuste de curva, tais como aproximação ou interpolação dos pontos que as definem. Muitos estudos de ajuste de curva têm sido realizados, procurando obter curvas suaves, de forma que a curva de referência promova o movimento do robô o mais suave possível. A utilização de curvas suaves em trajetórias robóticas evita vibrações do robô ao longo da trajetória, desgaste dos atuadores e erro de “tracking”. Porém somente a utilização de curvas suaves não garante um erro de “tracking” mínimo, visto que para isto deve-se considerar toda a dinâmica do sistema, além das perdas causadas pelo atrito seco e viscoso. Neste trabalho são apresentados os torques de atrito estático dos fusos de uma mesa Cartesiana de 2 g.d.l., os quais serão inseridos no modelo dinâmico do sistema a fim de obter a estratégia de controle que reduza o erro de segmento.

Palavras chave: Torque de Atrito, Robô Cartesiano, Planejamento de Trajetória.

1. INTRODUÇÃO

No ápice da automação industrial surgiu o robô que, diferentemente das outras máquinas automáticas, pode ser reprogramado para executar diversas tarefas sem alterar a planta da empresa. Um robô é um sistema que pode ser pneumático, hidráulico ou eletromecânico, projetado a fim de executar tarefas com maior rapidez e precisão que os seres humanos. Eles podem substituir o trabalho humano em ambientes perigosos e em tarefas repetitivas e cansativas como corte de chapas, pintura, solda, colagem e manipulação de objetos.

Para cada tarefa que o robô realiza, a trajetória do seu elemento terminal precisa ser definida em sua programação. Esta trajetória pode ser descrita em termos das coordenadas articulares (espaço das articulações) ou em função das coordenadas que definem o trajeto do elemento terminal no espaço Cartesiano (espaço da tarefa). O planejamento de tarefas no espaço das articulações é aplicado em ambientes de trabalho onde não existem obstáculos e é desejável que o movimento ocorra o mais rápido possível. Já o planejamento no espaço da tarefa é muito utilizado em operações onde o trajeto especificado deve ser seguido corretamente.

Diversos autores tais como, Fang et al. (1998) e Macfarlane (2001) afirmam que as trajetórias definidas no espaço das articulações não mantêm a orientação do elemento terminal do robô. Com isso, para operações em que é necessário uma orientação constante, como transporte de fluidos, a trajetória deve ser definida no espaço da tarefa. Isso se deve à relação matemática que descreve o comportamento do elemento terminal em função da movimentação das articulações/atuadores.

O Planejamento de trajetórias robóticas é realizado por meio de ajuste de curva, que pode ser por aproximação ou interpolação. Seja qual for a forma de ajuste de curva utilizada, é sempre desejável que as trajetórias robóticas sejam as mais suaves possíveis, isto é, deve ter continuidade de posição, velocidade e aceleração. Muitos autores consideram também a continuidade do jerk (derivada da aceleração) para garantir uma trajetória ainda mais suave.

Para gerar trajetórias contínuas pode-se utilizar uma polinomial única porém, esse procedimento não é recomendado para trajetórias com muitos pontos, visto que polinomiais de alta ordem possuem comportamento indesejado devido a problemas numéricos como instabilidade e erros de truncamento.

O procedimento mais adequado para evitar polinomiais de alta ordem em planejamento de trajetórias robóticas é empregar polinomiais por partes. Em planejamento de trajetórias robóticas a spline cúbica, que consiste em uma polinomial por partes, é muito utilizada porque possui continuidade de posição, velocidade e aceleração. Porém, no primeiro e último ponto da trajetória a spline cúbica não possui continuidade de aceleração que, como consequência, essa trajetória não possui uma partida e chegada suaves.

Para evitar o problema da descontinuidade da aceleração da spline cúbica, os segmentos extremos podem ser modificados por um polinômio do quinto grau. Assim, a curva resultante terá continuidade de posição, velocidade e aceleração em todo o trajeto.

Porém, para que o robô tenha um movimento contínuo, somente a continuidade da curva que gera a trajetória não é suficiente, visto que, o atrito seco insere no sistema efeitos não lineares. Assim, neste trabalho será determinado o atrito seco das articulações de um robô cartesiano para que este parâmetro possa ser inserido em sua lógica de controle, e consequentemente, a redução do erro de seguimento e suavização do movimento.

2. ROBÔ CARTESINO

Robô Cartesiano é uma estrutura eletromecânica que movimenta o elemento terminal (ferramenta) ao longo dos eixos coordenados x , y e z com o auxílio de juntas prismáticas. Na Figura (1) é mostrada a estrutura projetada, e a identificação dos componentes é apresentada na Tab. (1).

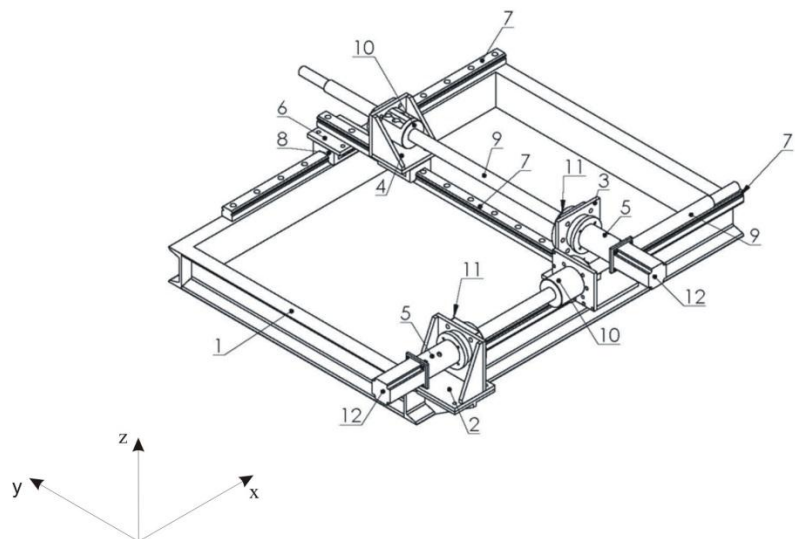


Figura 1. Robô Cartesiano

Tabela 1. Componentes da estrutura Cartesiana.

Número	Nome	Quantidade
1	Base	1
2	Suporte longitudinal fixo	1
3	Suporte longitudinal móvel	1
4	Suporte transversal móvel	1
5	Espaçador	2
6	Conexão entre guia linear e trilho	1
7	Trilho	3
8	Guia linear	3
9	Fuso	2
10	Porca de esferas recirculantes	2
11	Mancal	2
12	Motor	2

Esta estrutura se encontra em fase de construção, na Fig. (2) é apresentado sua montagem incompleta.

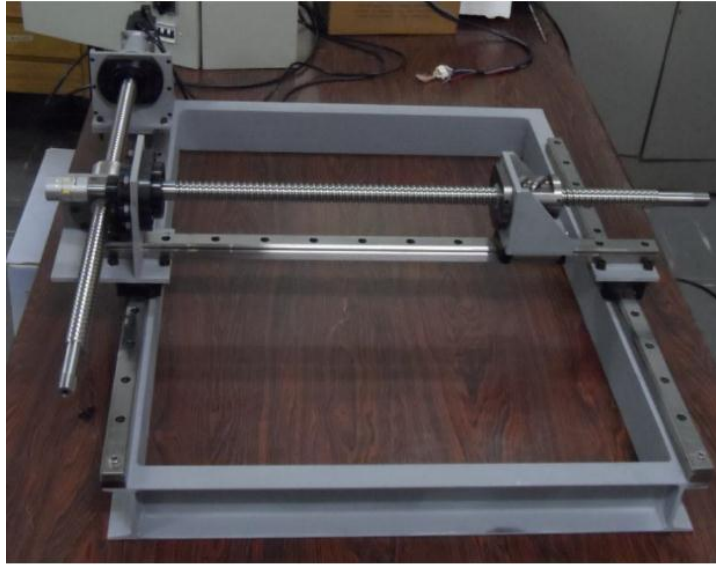


Figura 2. Robô Cartesiano em fase de construção.

3. DETERMINAÇÃO DO TORQUE DE ATRITO

O principal objetivo deste trabalho é determinar o torque de atrito nos fusos, pois a partir disso é possível obter a aceleração e a velocidade máxima que o robô poderá atingir. Além disso, o valor do atrito poderá ser inserido no modelo dinâmico para a obtenção da função de transferência do sistema de controle.

Para encontrar o valor do torque de atrito estático, uma alavanca foi acoplada nos fusos conforme a Fig. (3), e uma massa conhecida foi deslocada ao longo da alavanca a fim de variar o torque no fuso. No momento em que fuso saía da inércia, a distância do braço de alavanca era anotada e o torque calculado.



Figura 3. Experimento para a determinação do torque de atrito estático.

Este experimento foi realizado para diferentes posições no fuso, dividindo-o em trinta partes iguais. Para o fuso responsável pelo movimento ao longo do eixo x , o torque de atrito médio foi de $1,64 \text{ Nm}$, os valores em cada parte do fuso são apresentados pela Fig. (4).

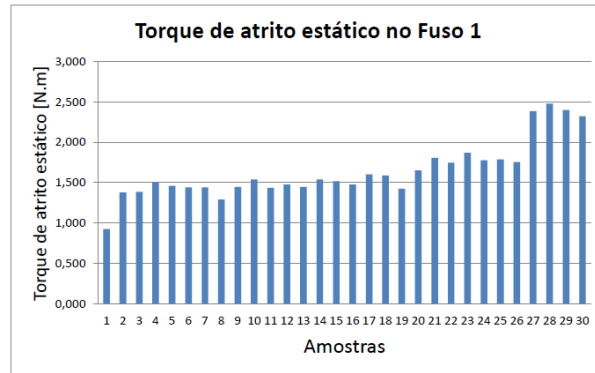


Figura 4. Torque de atrito estático ao longo do fuso 1.

A partir da Figura (4) pode-se observar que o atrito possui uma tendência crescente conforme se caminha para sua extremidade, isso se deve a um desalinhamento.

Para o fuso responsável pelo movimento ao longo do eixo y , o torque de atrito médio foi de $1,45 \text{ Nm}$, os valores em cada parte do fuso são apresentados pela Fig. (5).

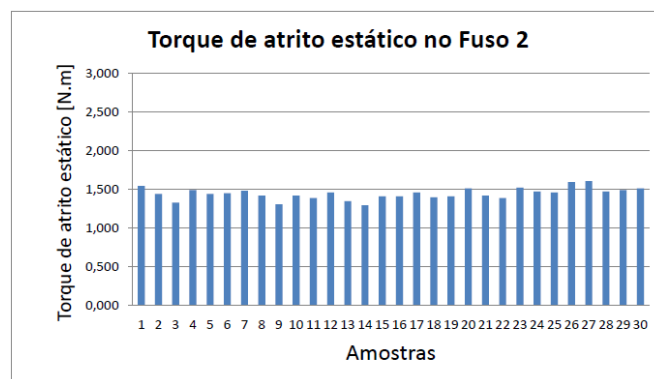


Figura 5. Torque de atrito estático ao longo do fuso 2.

4. CONCLUSÃO

A partir dos torques de atrito obtidos serão calculadas as restrições cinemáticas do robô Cartesiano, bem como a função de transferência que informará a estabilidade do sistema. Assim, será possível reduzir o erro de segmento de trajetória para altas velocidades, além da suavização do movimento.

5. REFERÊNCIAS

- Fang, Y. C., Hsieh, C. C., Kim, M. J., Chang, J. J., Woo, T. C., 1998, "Real Time Motion Fairing With Unit Quaternions", Computer-Aided Design, Vol. 30, no 3, pp: 191-198.
- Macfarlane, S. On-Line Smooth Trajectory Planning for Manipulators. 2001. 164 f. M.Sc. Thesis, The University of British Columbia, Columbia Britânica, Canadá.