



Modalidade do trabalho: Ensaio teórico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

DINÂMICA DO MOVIMENTO DE UM BRAÇO ROBÓTICO¹

Claudio da Silva Dos Santos², Sandra Edinara Baratto Vicilli³, Vanessa Faoro⁴, Antonio Carlos Valdiero⁵.

¹ Trabalho de Dinâmica de Sistemas Não Lineares Do Mestrado em Modelagem Matemática

² Bolsista UNIJUI,aluno do curso do Mestrado em Modelagem Matemática da Unijui

³ Bolsista CNPQ,aluna do curso do Mestrado em Modelagem Matemática da UNIJUI

⁴ Bolsista UNIJUI,aluna do curso do Mestrado de Modelagem Matemática da UNIJUI.

⁵ Professor Doutor do curso do Mestrado em Modelagem Matemática da UNIJUI.

Resumo: Trata-se da modelagem matemática da dinâmica do movimento de um braço robótico de um grau de liberdade com junta rotativa. O sistema mecânico abordado possui diversas aplicações em automação industrial e mecanização agrícola, proporcionando aumento da produtividade, qualidade e desempenho de trabalhos insalubres e perigosos. Tem-se por objetivos a formulação de um modelo matemático a determinação dos parâmetros, a simulação computacional e análise das características do movimento. A metodologia utilizada baseia-se no Princípio D'Alembert na formulação do modelo matemático e da utilização da ferramenta computacional Matlab/Simulink, para implementação das simulações. Para a representação do fenômeno de atrito utiliza-se o modelo Lugre. Como resultados tem-se um modelo computacional que pode ser utilizado para fins de análise das dinâmicas, do projeto mecânico e da síntese do controle. Espera-se contribuir para o entendimento da modelagem de robôs por meio de um exemplo mais simples.

Palavras-Chave: braço robótico, modelagem matemática, simulação computacional.

Este trabalho trata-se da modelagem matemática da dinâmica não linear do movimento de um braço robótico de um grau de liberdade com junta rotativa. O sistema mecânico abordado possui diversas aplicações em automação industrial e mecanização agrícola.

Como aplicação na área de automação industrial, pode-se citar os braços robóticos utilizados em processos de soldagem e pintura, assim como os manipuladores robóticos, utilizados para montagem de peças e manuseio de objetos, conforme CARLOTTO(2006).

Na agricultura de precisão pode-se utilizar mecanismos similares ao braço robótico em equipamentos para poda, colheita, pulverização e movimentação e classificação de produtos agrícolas. De acordo com (TABILE,INAMASU, PORTO, 2008) o uso de tecnologia de informação está presente no setor agrícola, proporcionando aumento da produtividade, qualidade e desempenho de trabalhos insalubres e perigosos.

De acordo com (VALDIERO,2005) o estudo da mecânica e de controle dos manipuladores(robôs) não é uma nova ciência. São apenas coleções de tópicos de áreas clássicas: a engenharia mecânica que fornece metodologias para o estudo das máquinas em situações estáticas e dinâmicas; a matemática



Modalidade do trabalho: Ensaio teórico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

fornece a ferramenta para as descrições dos movimentos espaciais e outros atributos do manipulador; a teoria de controle providencia ferramentas para a formulação e avaliação de algoritmos que realizam os movimentos desejados e controlam as forças; a engenharia elétrica fornece técnicas para projetar sensores e interfaces para manipuladores e a informática fornece as bases para programar robôs na realização das tarefas desejadas.

Segundo (VALDIERO, 2012) a dedução do modelo dinâmico é importante para fins de simulação computacional e de análise do desempenho, pois as simulações computacionais baseadas no modelo permitem testar as estratégias de controle, prevendo problemas de projeto do controlador, sem o perigo de acidentes decorrentes de instabilidade ou de falhas no projeto.

Tem-se por objetivos a formulação de um modelo matemático a determinação dos parâmetros, a simulação computacional e análise das características do movimento.

A metodologia adotada neste trabalho compõe-se das etapas de definição do sistema de coordenadas de referência, de consideração das hipóteses para o problema, da determinação dos parâmetros, da formulação matemática pela aplicação do Princípio D'Alembert, da utilização da ferramenta computacional Matlab para implementação e resolução das equações do modelo. Utiliza-se o modelo Lure para a apresentação do comportamento não linear do fenômeno de atrito.

O desenho esquemático do braço robótico é mostrado na figura 1, onde também estão apresentadas algumas características geométricas e dinâmicas consideradas.

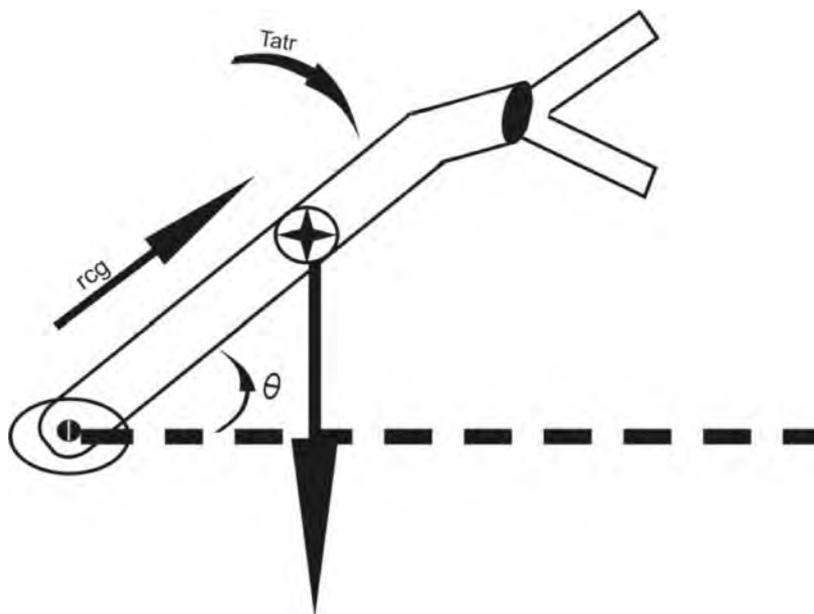


Figura1: Desenho esquemático do braço robótico

Ao ser aplicado um torque motor, T_m , na junta rotativa do braço robótico, obtêm-se um deslocamento angular θ , resultante do equilíbrio dinâmico. Pela aplicação do Princípio D'Alembert, tem-se:



Modalidade do trabalho: Ensaio teórico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

$$\sum T_0 - I_0 \alpha = 0 \quad (1)$$

onde I_0 é o momento de inércia do braço robótico, $\alpha = \theta''$ é a aceleração angular e o somatório dos torques na junta rotativa, $\sum T_0$, considera o efeito gravitacional da força peso do braço (mg), o torque motor (T_m) e o torque de atrito resistente ao movimento (T_{atr}). Logo:

$$T_m - T_{atr} - m g r_{CG} \sin \theta = I_0 \theta''$$

onde θ'' é aceleração angular, m é a massa do braço robótico, g é aceleração da gravidade, θ é a posição angular do braço e o torque de atrito é modelado a partir da seguinte equação Não Linear:

onde T_c representa o torque devido a característica de atrito Coulomb, T_s torque de atrito estático e v^s é a velocidade de Stribeck.

O torque motor (T_m) que instabiliza o sistema é calculado utilizando os valores da posição do centro da gravidade (r_{CG}), a massa (m) e a da aceleração da gravidade (g) através da equação:

Para a simulação computacional, desenvolveu-se o diagrama de blocos, construído através do MatLab Simulink, baseado na equação do modelo, como mostra a figura 2. Observamos que o diagrama de blocos construído, possui a opção de implementar o valor do torque do motor calculado, que será somado no modelo matemático, podendo assim ter a flexibilidade da movimentação do braço robótico. Possui também dois integradores, devido a equação matemática ser de segunda ordem.

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XVII Jornada de Pesquisa

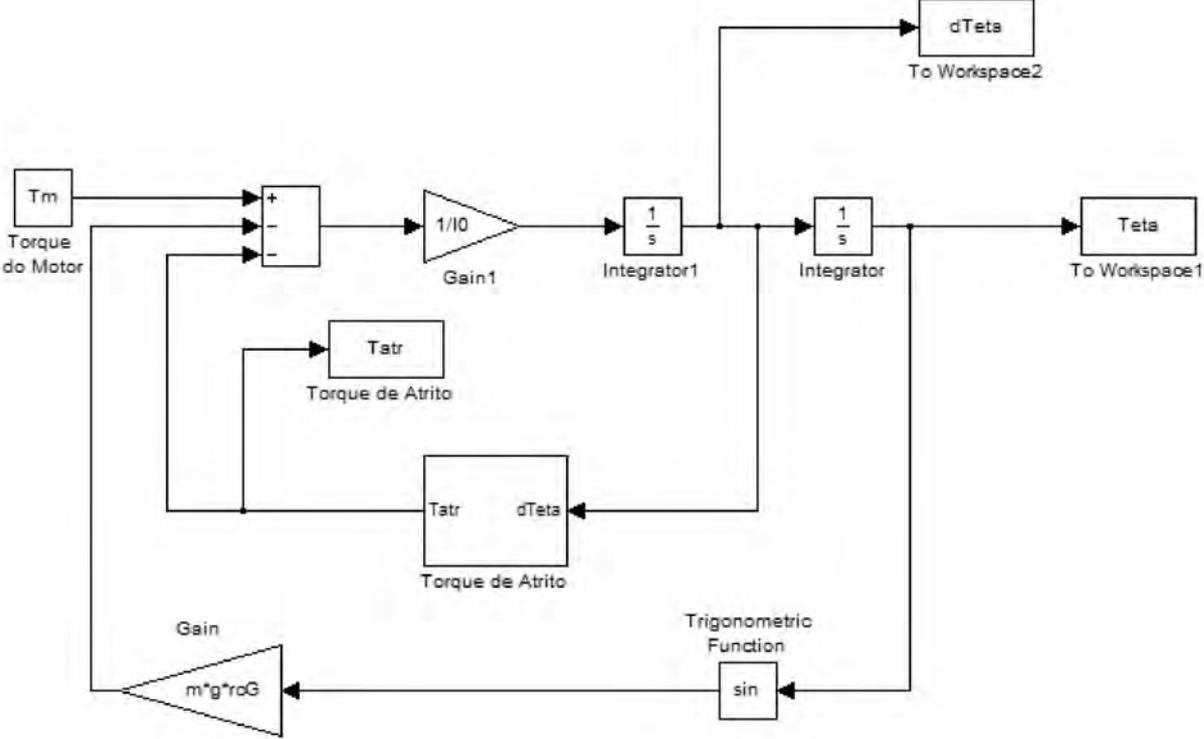


Figura 2: Diagrama de blocos

Os parâmetros do modelo matemático e as condições iniciais utilizadas na simulação computacional estão apresentadas na tabela 1. Os dados foram obtidos através do experimento realizado no laboratório no campus Panambi.

SALÃO DO CONHECIMENTO

XX Seminário de Iniciação Científica II Mostra de Iniciação Científica Júnior
 XVII Jornada de Pesquisa II Seminário de Inovação e Tecnologia
 XIII Jornada de Extensão

2012



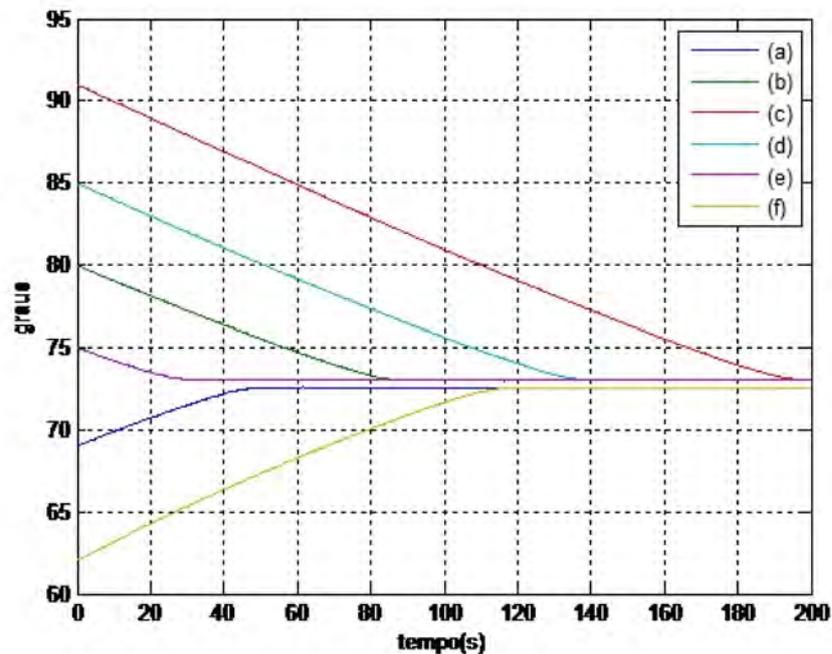
Modalidade do trabalho: Ensaio teórico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

Descrição do parâmetro	Notação	Valores	Observações:
Momento de Inércia	I_0	0,06 kg.m ²	Calculado
Massa do braço	M	0,83 Kg	Pesado
Posição do centro de gravidade.	R_{CG}	0,27 m	Calculado
Aceleração da gravidade.	G	9,81 m/s ²	
Torque de Coulomb.	T_c	0,44 <i>N.m</i>	Ajustado através da simulação computacional.
Torque Estático	T_s	1,0 <i>N.m</i>	Ajustado através da simulação computacional
Comprimento do braço	L	0,27 m	Medido
Torque Motor	T_m	2,1 <i>N.m</i>	Calculado

Tabela 1 – Parâmetros do modelo e condições iniciais.

Para a verificação dos resultados foi gerados gráficos no Matlab, observando a trajetória do movimento do braço robótico e o deslocamento angular em graus, com diferentes condições iniciais.





Modalidade do trabalho: Ensaio teórico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

Figura 3: Gráfico da posição angular inicial com diferentes simulações: (a)= 690; (b)=800; (c)=910, (d)=850, (e)=750 e (f)=620.

Na figura 3 apresenta-se a simulação do movimento do braço robótico a partir de uma posição angular inicial, aplicando um torque motor de 2,1 N.m (valor calculado) produzindo o movimento do braço. Percebe-se que o ponto de equilíbrio é aproximadamente no ângulo de 72,50, por isso, quando o ângulo for maior que o ponto de equilíbrio, o braço tende a cair, mas quando o ângulo é menor ele tende a subir, atingindo assim o ponto de equilíbrio, sendo a instabilidade do sistema. Além disso, podemos observar que existe uma diferença no movimento quando o ângulo inicial é superior ao ângulo do ponto de equilíbrio, pois o movimento de descida faz com que o braço cai em tempo menor atingido assim o equilíbrio. Já quando temos o movimento a partir do ângulo menor que o ponto de equilíbrio o movimento ocorre mais lentamente necessitando um tempo maior até atingir o ponto de equilíbrio.

Através deste trabalho foram demonstradas as etapas da modelagem matemática da dinâmica do movimento de um braço robótico com um grau de liberdade. A partir da formulação de um modelo matemático, da simulação computacional e de determinados parâmetros foi possível analisar as características do movimento do braço, através de um modelo simples. Com isso foi possível perceber que o movimento do braço robótico é rotacional e portanto, um dos parâmetros que dificulta a trajetória é o atrito pois possui características que interferem nos movimentos de subida e descida da trajetória.

Os resultados obtidos com essa pesquisa demonstram a necessidade de estudar mais para poder tecer estratégias de controle de movimentos preciso do braço robótico na realização de tarefas compensando erros em folgas e atrito nos componentes.

Agradecemos a Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ) e o Cnpq pelas bolsas disponibilizadas. Ao professor Antônio A. Carlos Valdiero por ter nos proporcionado esse momento de pesquisa, experiências e aprendizagem, importante para o nosso desempenho profissional.

CARLOTTO, Leonardo; Controle de um robô pneumático em aplicações de segmento de trajetórias retilíneas no espaço da tarefa. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Mecânica, departamento de tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ). Panambi: 2006.

TABILE, Rubens Andre; INAMASU, Ricardo Y.; PORTO, Arhtur José Vieira. Robótica na agricultura de precisão. Publicado em Janeiro de 2008. Disponível em <http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/laboratorio-nacional-de-agricultura-de-preciso/livro-agricultura-de-precisao-um-novo-olhar/2.12>





Modalidade do trabalho: Ensaio teórico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

VALDIERO, Antonio Carlos; Modelagem Matemática de Robôs Hidráulicos. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ): Ed. Unijuí, 2012.

VALDIERO, Antonio Carlos; Projeto Mecânico de Robôs Industriais. Cadernos Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ). Ed. Unijuí 2005.