

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

VALIDAÇÃO DO MODELO DINÂMICO DE UMA TRANSMISSÃO MECÂNICA DO TIPO FUSO DE ESFERAS DE UM ROBÔ GANTRY COM INCLUSÃO DA NÃO LINEARIDADE DE ATRITO

Angelo Fernando Fiori, an@unochapeco.edu.br¹
Ismael Barbieri Garlet, ismael.garlet@hotmail.com¹
Odmartan Ribas Maciel, odeijui@hotmail.com¹
Andrei Fiegenbaum, andrei.fig@hotmail.com¹
Antonio Carlos Valdiero, valdiero@unijui.edu.br¹
Luiz Antonio Rasia, rasia@unijui.edu¹

¹Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijuí, Rua Prefeito Rudi Franke, Nº 540, Bairro - CEP 98280000 - Panambi(RS)

Resumo: Objetiva-se com este trabalho apresentar uma metodologia de identificação da não linearidade de atrito em baixa velocidade bem como desenvolver e validar a modelagem matemática da dinâmica de uma transmissão mecânica do tipo fusão de esferas de um robô Gantry acionada por motorredutor de corrente alternada com inversor de frequência, validando-a com a inclusão da não linearidade descrita. Esta não linearidade dificulta o desenvolvimento de estratégias mais precisas de controle, afetando diretamente a segurança, a produtividade e a qualidade das tarefas que estes robôs desempenham, as quais estão especialmente relacionadas a aplicações industriais de alta robustez. Construiu-se o protótipo de uma junta do robô Gantry, a qual foi utilizada para fazer a aquisição de dados experimentais e posteriormente validar a modelagem proposta através de simulações computacionais. Para isso o protótipo conta com sensores de medição de deslocamentos (angulares e linear) e a utilização de um painel de comandos a partir do inversor de frequência, o qual envia os sinais de controle ao robô. O sistema de aquisição de sinais e controle é composto por uma placa dSPACE 1104 montada em microcomputador. Como resultados, tem-se a sistematização da modelagem matemática de um manipulador robótico Gantry acionado por transmissões do tipo fusão de esferas com motor elétrico de corrente alternada e inversor de frequência, a inclusão da não linearidade de atrito através de uma proposta metodológica para identificação da não linearidades indicada, além da validação experimental do modelo que inclui as principais características de atrito em baixa velocidade. Pretende-se contribuir no desenvolvimento de modelos matemáticos eficazes para fins de projeto, de simulação e de síntese de estratégias de controle e compensação baseadas em modelo.

Palavras-chave: Modelagem matemática, Robô de pórtico, Identificação experimental.

1. INTRODUÇÃO

Os modelos matemáticos são muito importantes segundo Slotine e Li (1991) para prever o comportamento de sistemas, em especial dos sistemas mecânicos. Ao prever o comportamento, um robô, por exemplo, pode ser mais bem projetado e dimensionado a partir das especificações de componentes, além de permitir simular, analisar e controlar o desempenho na tarefa programada.

Para Romano (2002), os robôs industriais se caracterizam pela integração entre os mecanismos, atuadores, sensores, unidade de controle e de potência e efetuator. O processo de desenvolvimento contínuo de sistemas robóticos melhorou a funcionalidade e adaptabilidade dos robôs de pórtico no exigente ambiente de automação industrial, fazendo com que este tipo de robô fosse empregado em distintas áreas para a execução de diversas funções, das quais se destacam guincho robô, máquinas de corte laser e usinagem CNC.

Segundo Paatz (2008), os robôs do tipo Gantry são os mais robustos e possuem uma cinemática mais simples por se utilizar juntas prismáticas, com eixos perpendiculares, sendo muito aplicados pela facilidade de programação.

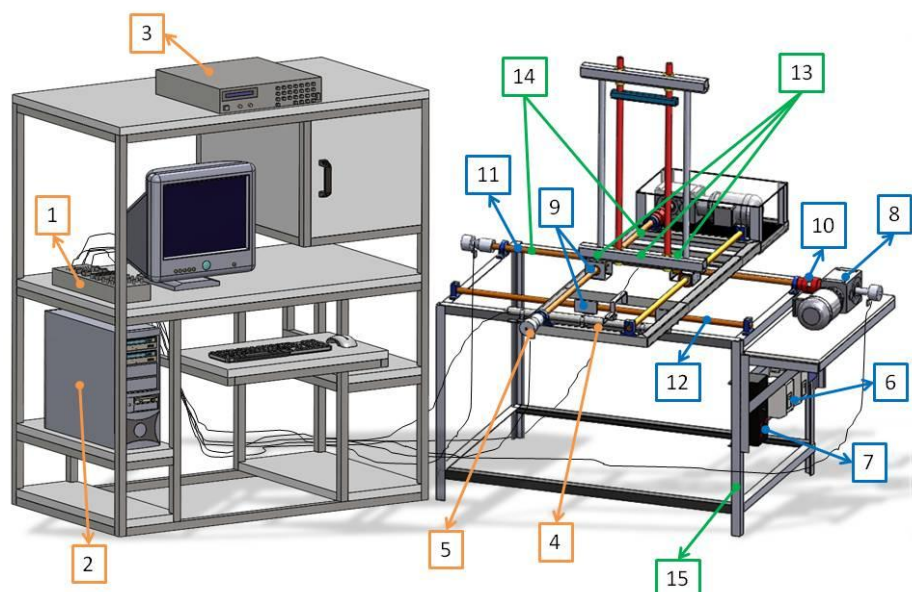
No entanto, há características não lineares presentes em robôs que dificultam a modelagem e o controle nas tarefas. Em especial, a característica não linear do atrito, a qual está presente em todos os mecanismos mecânicos que incorporem movimentos e pode, conforme destaca Canudas de Wit *et al.* (1995), gerar erros/ciclos limites no

seguimento de trajetórias. Estudá-lo e compreendê-lo é importante para perceber seus efeitos em tais mecanismos, de modo a compensar e por consequência diminuir seus efeitos.

Assim, objetiva-se neste trabalho, em relação à literatura recente (Douat, 2014; Hanifzadegan e Nagamune, 2015; Shimada *et al.*, 2013; Yang, Yan e Han, 2015), apresentar uma metodologia de identificação da não linearidade de atrito em baixa velocidade bem como desenvolver e validar a modelagem matemática da dinâmica de uma transmissão mecânica do tipo fuso de esferas de um robô Gantry acionada por motorreductor de corrente alternada com inversor de frequência, validando-a com a inclusão do mapa de atrito. Para isto, este trabalho está organizado em três seções onde será descrita a bancada construída para a identificação e validação bem como a metodologia utilizada; na seção seguinte será apresentada a modelagem matemática de uma junta robótica com as características descritas; na terceira seção os resultados e a validação realizada bem como as perspectivas futuras, os agradecimentos e as referências utilizadas.

2. DESCRIÇÃO DA BANCADA EXPERIMENTAL E METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO

A bancada experimental de testes é composta por mecanismo, acionamento e sistema de controle (conforme a Fig. 1), foi desenvolvida a partir da metodologia de projeto de sistemas mecatrônicos proposta por Valdiero e Rasia (2016) e permite realizar experimentos para a validação dos modelos matemáticos estudados.



Controle		Acionamento		Mecanismo	
1	dSPACE	6	Inversor de Frequência	13	Elos
2	Microcomputador	7	Caixa de Comando	14	Juntas
3	Fonte de Alimentação	8	Motorreductor CA	15	Bancada
4	Transdutor de Deslocamento	9	Castanhas de Esferas		
5	Endoder	10	Acoplamento Elástico		
		11	Eixo Fuso		
		12	Eixo Liso		

Figura 1 - Projeto da bancada experimental do Robô Gantry

A estrutura cartesiana implica em deslocamentos lineares (dada que é uma junta prismática) de um elo em relação ao anterior, ou seja, do segundo grau de liberdade sob o primeiro grau (constituídos da mesma forma e com os mesmos componentes). Para a construção e a validação foi construído apenas o primeiro grau de liberdade do robô Gantry sendo os componentes deste descritos a seguir.

O manipulador robótico adotado é do tipo Gantry com juntas prismáticas do tipo fuso de esferas, as quais transformam rotações em translações a partir dos torques aplicados por motorredutores CA ligados a inversores de frequência, os quais são controlados através de *softwares* e *hardwares* de comando e aquisição de dados. Este robô está instalado no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) no Campus Panambi da Unijuí, conforme apresentado na Fig. 2 a seguir.

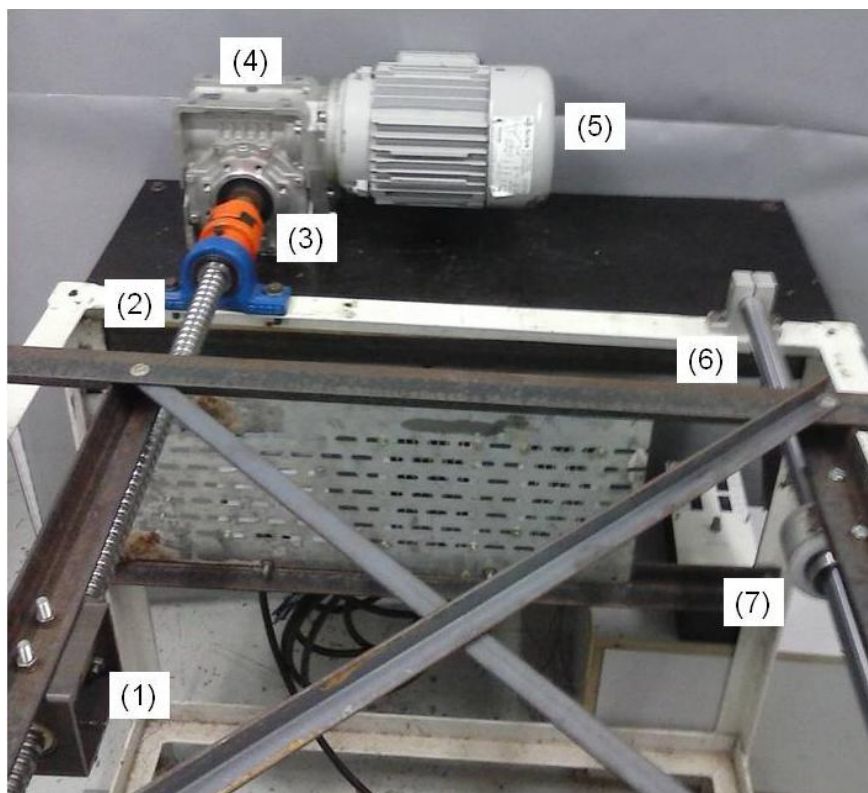


Figura 2 - Componentes do protótipo do sistema de acionamento elétrico com transmissão do tipo fuso de esferas

A partir da rede elétrica (fonte de potência), após operação pelo sistema de controle, a alimentação de energia elétrica vai para o motor de corrente alternada – CA – (5) onde é convertida em energia mecânica. A energia mecânica é transmitida por um redutor de engrenagens (4) conectado no fuso (2) por meio de um acoplamento elástico (3) que permite desalinhamentos entre o eixo de saída do redutor e o eixo movido do fuso. O torque motor da saída do redutor é transmitido para um fuso (2), onde a castanha de esferas (1) se desloca. Paralelamente, existe uma guia lisa (6) com esferas (7) que tem a função de junta prismática passiva. A potência fornecida pela concessionária é na forma de corrente alternada com tensão de 220V. Tal potência foi medida em cada teste para cada entrada de comando no inversor de frequência.

O microcomputador que realiza a interface entre o usuário e o robô, utiliza-se de uma placa de aquisição e controle dSPACE 1104 a qual estabelece relação com o software Matlab/Simulink através do software ControlDesk, de modo a capturar e controlar os dados.

Estes sensores (encoder incremental e do transdutor de deslocamento) enviam os sinais de rotação e deslocamento através de pulsos que são recebidos e interpretados na dSPACE e capturados através do ControlDesk.

Aliado aos sensores e a placa de aquisição e controle, há um sistema composto por: um inversor de frequência e uma caixa de comandos manuais. Este sistema está ligado na rede, onde se pode medir tensão, corrente (voltímetro e amperímetro) e potência (wattímetro).

Na caixa de comandos, se podem permitir manualmente a passagem da corrente alternada da rede de modo que, através do inversor de frequência e de um potenciômetro, se possam controlar as partidas/paradas, a inversão de movimentos – sentido do deslocamento angular, e velocidade.

A alimentação em corrente contínua dos sensores e da placa é controlada através de uma fonte HP de 24 VDC (*Voltage Direct Current* – Tensão Corrente Contínua). Esta fonte de alimentação não permite que tensões e correntes além das programadas (24V e 1A) passem e acabem danificando os componentes da instrumentação.

As especificações técnicas dos componentes encontram-se descritas na Tab. 1. Na bancada descrita foram feitas as simulações e identificação experimental da não linearidade de atrito que seguiu a seguinte metodologia: regulação de um potenciômetro em uma determinada marcação, a qual representava uma determinada velocidade de execução do movimento. Em cada marcação era executado o deslocamento positivo e negativo, variando a em cada teste a velocidade, conforme a viabilidade da instrumentação, da mais baixa a mais alta. Em cada teste são coletados os dados obtido através do ControlDesk e da instrumentação. Além da coleta das potências, obteve-se também os dados de tempo de simulação e deslocamento linear e angular a partir do software ControlDesk. Em cada experimento foi gerado o gráfico de seu deslocamento e posteriormente, no trecho onde a velocidade é constante, ajustou-se uma reta. O ajuste da reta se faz necessário para melhorar o ajuste dos parâmetros estáticos de atrito, além do fato de que quando a aceleração é nula a inércia é desprezada. Para isso, o coeficiente angular da reta indica a velocidade naquele trecho.

Tabela 1 – Descrição dos Componentes e suas características

Componente	Código	Fabricante	Principais Características
Motor CA	IP56-60Hz-4 Polos	NOVA	Trifásico Blindado; Rotação: 1730 rpm (181,1651 rad/s); Potência: 750 W; Rendimento: 74% (se utilizada 50% da potência), 78,4% (se utilizada 75% da potência) e 80,5% (se utilizada 100%).
Redutor de Engrenagens	W63-U-24-P80B14-B3	ATI Brasil	Relação de Redução: 24x; Rendimento dinâmico: 78%.
Eixo Fuso Roscado	SFUR-2510-T4N	Kalatec	Diâmetro: 25 mm (0,025m); Passo: 10 mm (0,01m); Capacidade carga dinâmica: 100 kg; Passo: 10 mm (0,01m); Curso total: 1265mm (1,265m).
Castanha de Esferas para o Eixo Roscado	SFU02510-4	Kalatec	Diâmetro: 25 mm (0,025m); Capacidade carga dinâmica: 2954 kg;
Eixo Liso	SF25 2500	Kalatec	Diâmetro: 25 mm (0,025m); Capacidade carga dinâmica: 100 kg; Curso total: 1200mm.(1,2m)
Castanha de Esferas para o Eixo Liso	LM25UU	Kalatec	Diâmetro: 25 mm (0,025m); Capacidade carga dinâmica: 100 kg;
Acoplamento Elástico	10.11-AZ02	Acriflex	Desalinhamentos Axial: 0,8 mm (0,0008m); Desalinhamentos Radial: $\pm 0,2$ mm (0,0002m); Desalinhamentos Angular: 1° (0,0174532925 rad).
Fonte HP	6543A	Agilent Power (for HP)	Corrente Contínua; Voltagem de saída: 0-35V; Corrente de saída: 0-6A; Corrente máxima: 5,4A; Precisão 15mV e 6,7mA.
Encoder Incremental	7510-0622-1000	Hohner	Pulsos: 1000 ppr (pulsos por rotação); Precisão: 0,09° (0,0015 rad); Alimentação: 24V.
Transdutor de Deslocamento Linear Micropulso Sem Contato	BTL6-A110-M0500-A1-S115	Balluff	Faixa de Medição: 500 mm; Saída analógica de 0-10V; Precisão da repetição $\leq 10\mu\text{m}$.
Wattímetro	G007497	EBERLE	VCA/VCC 200V; Watt: até 10A; V: 1000VCC/750VCA.
Alicate Multímetro Digital	ET-3111	MINIPA	Tempo de Amostragem: 3 vezes por segundo; Faixa de medição: até 1000A (corrente AC), até 750V (tensão AC), até 1000V (tensão DC), até 20M Ω (resistência).
Inversor de Frequência	CFW10-0040-S2024-PSZ	WEG	Monofásico; Corrente Nominal de Saída: 4A.

3. MODELAGEM MATEMÁTICA

Os modelos que descrevem as dinâmicas da junta prismática para o atrito e a folga são não lineares, para os quais são adotadas como hipóteses simplificadoras as seguintes condições:

- A dinâmica elétrica não será considerada na modelagem, por ser entendida como muito rápida em relação à dinâmica mecânica. Ou seja, a dinâmica será modelada a partir do torque motor aplicado;
- Os elementos da transmissão são corpos rígidos (se despreza a elasticidade);
- Na modelagem incluiu-se as características não lineares do atrito.

O modelo para uma junta prismática em um robô Gantry pode ser obtido através do método de Newton-Euler (onde cada corpo rígido é considerado separadamente) a partir do equilíbrio dinâmico no diagrama de corpo livre do eixo-fuso e da massa deslocada conforme a Fig. 3 a seguir.

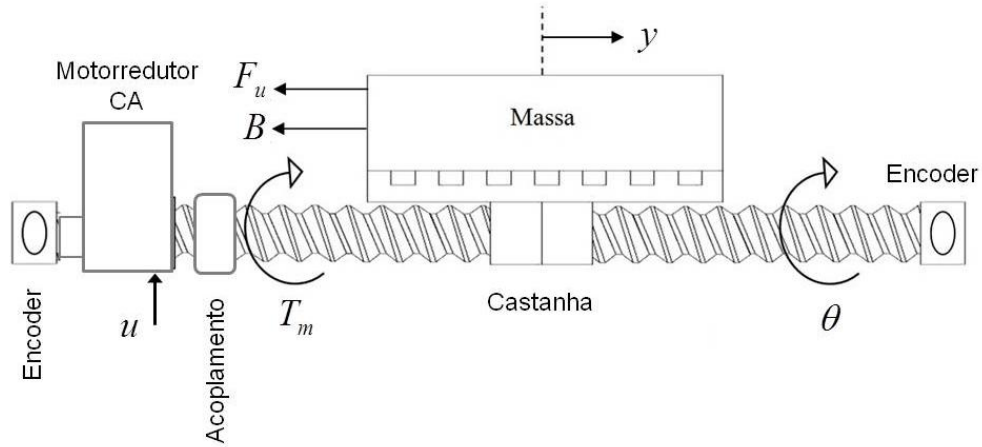


Figura 3 - Forças Atuantes na Dinâmica da Castanha (Fiori *et al.*, 2014)

Assim, considerando o somatório das forças atuantes na massa, tem-se:

$$\sum F = M\ddot{y} \quad (1)$$

$$F_u - B\dot{y} = M\ddot{y} \quad (2)$$

$$M\ddot{y} + B\dot{y} = F_u \quad (3)$$

Os parâmetros e variáveis da Eq. (3) estão descritos conforme Tab. 2, com suas respectivas unidades.

Tabela 2 - Descrição dos Parâmetros e Variáveis do Modelo Castanha-Massa

Parâmetro/Variável	Descrição	Unidade
M	Massa deslocada sobre o eixo-fuso	kg
y	Deslocamento linear da junta prismática	m
F_u	Força de reação da massa mola deslocada	N
B	Coefficiente de atrito viscoso da massa	Ns/m

O modelo descrito na Eq. 3 deve ser reescrito, haja vista que não se pode prever se o comportamento do atrito realmente será representado apenas pela reta descrita em $B_{eq}\dot{y}$, havendo, portanto, outras características presentes e significativas. Logo,

$$M_{eq}\ddot{y} + F_{atreq} = \frac{2\pi}{p} T_m \quad (4)$$

onde F_{atreq} , representa ainda a força de atrito equivalente, mas contemplando as demais características do atrito descritas e apresentadas na seção a seguir.

Para Valdiero (2012) e Sanca (2006), o atrito exhibe diversas características clássicas compostas pelo atrito estático, atrito de Coulomb, atrito viscoso e o atrito de arraste, baseados em mapas estáticos e características dinâmicas mais complexas como o atrito de Stribeck, atrito estático crescente, memória do atrito e o deslocamento de predeslizamento. Sanca (2006) destaca ainda que as características do atrito dependem geralmente da velocidade, temperatura, sentido do movimento, lubrificação e desgaste das superfícies, da posição e da história do movimento, de modo que a escolha do modelo de atrito apropriado depende das características apresentadas.

A combinação das características de atrito citadas até agora, resultam em uma função não linear semelhante a representada na Fig. 4 onde são relacionadas a força de atrito (F_{atr}) e a velocidade em regime permanente ($\dot{y}(t)$).

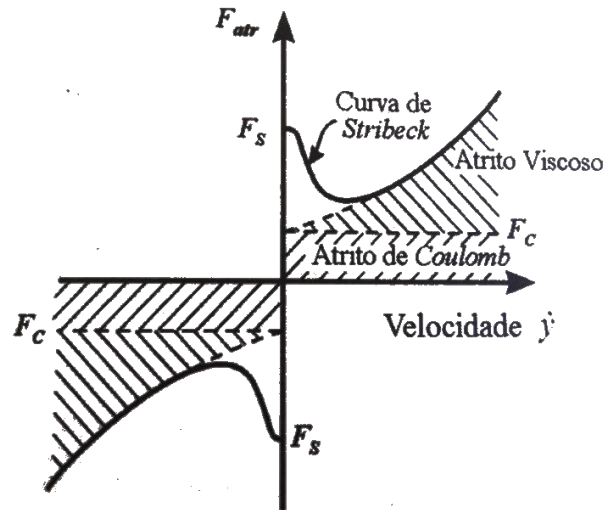


Figura 4 - Combinação das Características do Atrito em Regime Permanente (Valdiero, 2012).

Um grande avanço na modelagem do atrito foi proposto por Canudas de Wit *et al.* (1995). O modelo dinâmico denominado LuGre é baseado nas microdeformações que ocorrem entre as superfícies de contato. Quando uma força tangencial é aplicada, as cerdas elásticas se deflexionam como molas. Se estas deflexões forem suficientemente grandes, as cerdas irão deslizar (*stick-slip*). Segundo Sanca (2006), a velocidade é que determina a deflexão média das cerdas nos movimentos em regime permanente, a qual é modelada pelo atrito de Stribeck: quando em velocidades baixas é menor e em regime permanente a deflexão diminui com velocidade crescente.

Para Canudas de Wit *et al.* (1995) o atrito dinâmico é dado pela Eq. (5).

$$F_{atr} = \left(F_c + (F_s - F_c) e^{-\left(\frac{\dot{y}}{\dot{y}_s}\right)^2} \right) \text{sgn}(\dot{y}) + \sigma_2 \dot{y} \quad (5)$$

4. RESULTADOS E VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL

A partir da Eq. 5 fez-se a identificação do mapa estático de atrito que relaciona a força de atrito e a velocidade conforme a Fig. 5.

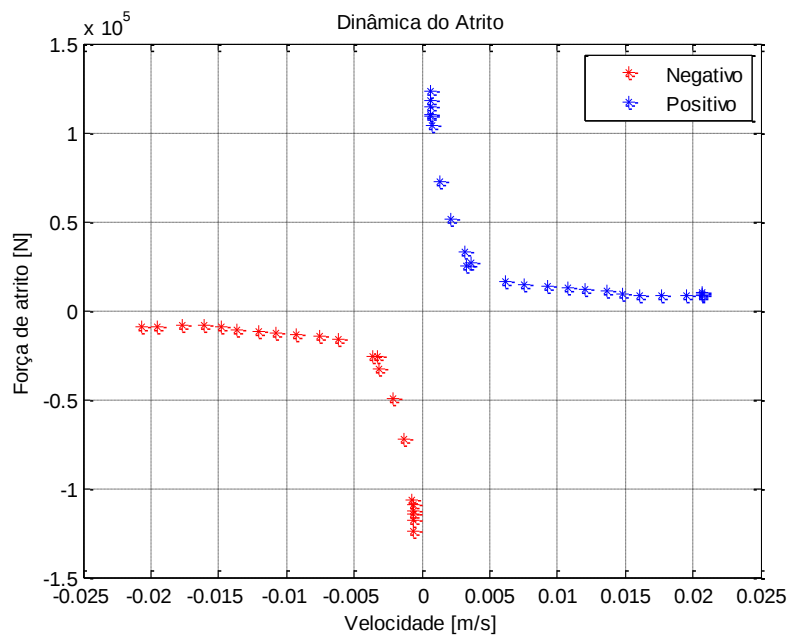


Figura 5 - Gráfico do Mapa Estático do Atrito

Com a curva apresentada na Fig. 5, pode-se ajustar uma curva ao mapa estático, conforme apresentado na Fig. 6. Levando em consideração a Eq. 5 a qual captura as características do atrito estático, atrito de Coulomb, atrito de arraste e o atrito de Stribeck. Para o ajuste utilizou-se a função *nlinfit* do MatLab e o ajuste por simulações computacionais, de modo a realizar o melhor ajuste dos parâmetros, descritos na Tab. 3.

Tabela 3 - Parâmetros para o Cálculo das Características do Atrito

Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
F_c	Coefficiente de atrito de Coulomb	10300	N
F_s	Coefficiente de atrito estático	12300	N
$\dot{y}_s$	Velocidade de Stribeck	0,002	m/s
σ_{2p}	Coefficiente de amortecimento viscoso positivo	$3,2189 \cdot 10^3$	Ns^2/m^2
σ_{2n}	Coefficiente de amortecimento viscoso negativo	$1,5277 \cdot 10^4$	Ns^2/m^2
M	Massa deslocada	11,250	kg
J_m	Momento de inércia do eixo motor	$1.2298 \cdot 10^{-5}$	kgm^2
M_{eq}	Massa equivalente	23,0530	kg

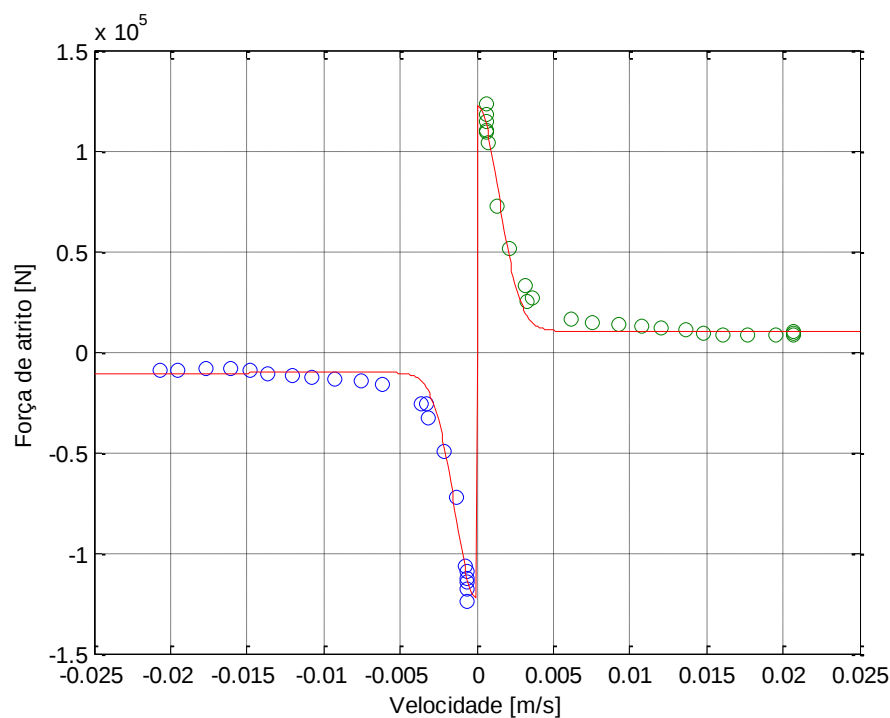


Figura 6 - Mapa Estático do Atrito Relacionando a Força de Atrito e a Velocidade em Regime Permanente

Os valores descritos na Tab. 3 serão utilizados nas simulações computacionais posteriores.

Aleatoriamente, se escolheu uma simulação para validar o modelo (Fig. 7). As características desta simulação estão descritas na Tab. 4 a seguir. A simulação representa um deslocamento negativo (volta).

Tabela 4 - Parâmetros para a Validação do Modelo com a Inclusão do Atrito

Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
y_{ss}	Velocidade em regime permanente	-0,0206	m/s
t_i	Tempo inicial do movimento	5	s
T_m	Torque motor aplicado	-14.8983	Nm
y_0	Condição inicial de partida	0.1801	m

Considerando os parâmetros descritos, utilizou-se o Simulink/MatLab, para a escrita do diagrama de blocos e simulação do modelo descrito na Eq. 4 com a inclusão da não linearidade de atrito da Eq. 5, conforme as Fig. 7.

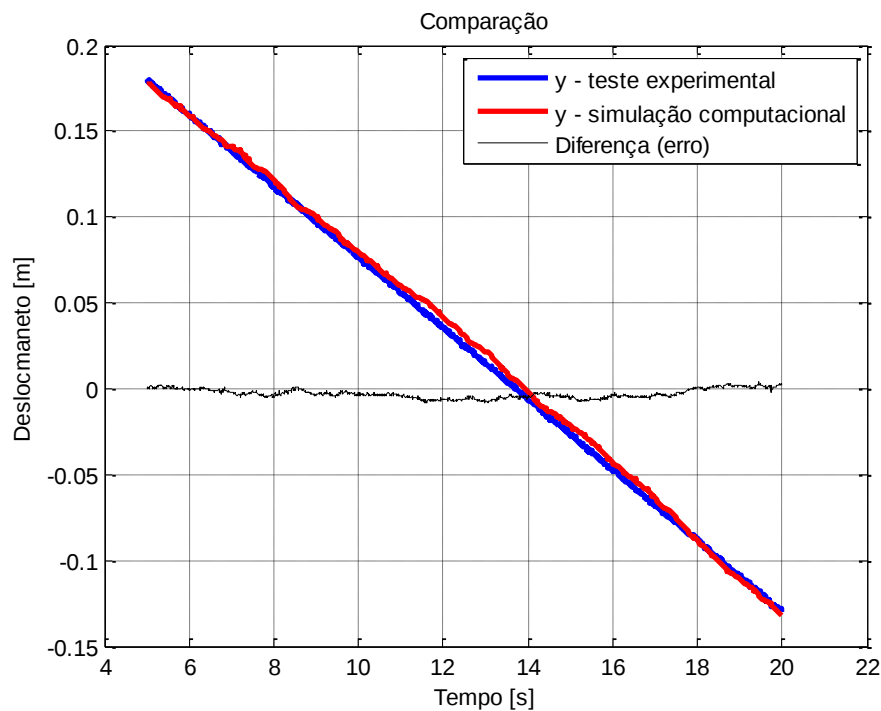


Figura 7 – Deslocamento Negativo para a Validação do Modelo Dinâmico Sem Folga

Na Figura 7 apresenta-se a validação do modelo no trecho negativo. Na comparação entre o teste experimental e a simulação computacional, percebe-se que o modelo descreve com acurácia o trecho além de representar bem o experimento.

5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Objetivou-se com este trabalho apresentar uma metodologia de identificação da não linearidade de atrito em baixa velocidade, bem como desenvolver e validar a modelagem matemática da dinâmica de uma transmissão mecânica do tipo fuso de esferas de um robô Gantry acionado por motorreductor de corrente alternada com inversor de frequência, validando-o com a inclusão da não linearidade de atrito.

Para isto, construiu-se o protótipo de uma junta do robô Gantry, o qual foi utilizado na aquisição de dados experimentais. Posteriormente, validou-se a modelagem matemática proposta (Fiori *et al.*, 2014) através de simulações computacionais. Identificaram-se os principais parâmetros característicos da dinâmica modelada e se fez a proposição de um modelo dinâmico para um robô Gantry que contenha a não linearidades de atrito. Além disso, apresentou-se o mapa estático das principais características do atrito. A validação do modelo da junta utilizando o mapa estático do atrito, através de simulações computacionais na bancada construída, implementação de modelos, aquisição e tratamento de dados a partir de instrumentação descrita. Os resultados em malha aberta mostraram a validade do modelo descrito.

Pode-se futuramente fazer a inclusão de outras não linearidades, como por exemplo a dinâmica elétrica.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. Os autores são gratos ao apoio financeiro na forma de bolsa de mestrado concedido pela CAPES, bem como pelas bolsas de iniciação científica da FAPERGS e CNPq, bem como pela estrutura física e de pessoal da UNIJUÍ em seu Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) instalado no Campus Panambi.

7. REFERÊNCIAS

- Canudas De Wit, C.; Olsson, H.; Åström, K. J.; Lischinsky, P. 1995, “A New Model for Control Systems with Friction”. IEEE Transactions on Automatic Control, [s.l], vol. 40, n. 3, pp. 419-425.
- Douat, L. R.; Queinnec, I.; Garcia, G.; Michelin, M., 2014, “Identification and Vibration Attenuation for the Parallel Robot Par2”, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 22, No. 1.
- Fiori, A. F.; Viecelli, S. E. ; Maraschin, L. B. ; Garlet, I. B.; Valdiero, A. C.; Rasia, L. A., 2014, “Modelagem Matemática da Transmissão Mecânica em uma Junta Robótica com Fuso de Esferas”, Congresso Nacional de Matemática Aplicada à Indústria (CNMAI), Caldas Novas.

- Hanifzadegan, M.; Nagamune, R., 2015, "Tracking and Structural Vibration Control of Flexible Ball-Screw Drives with Dynamic Variations", IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 30, pp. 133-142.
- Paatz, S. 2008, "Anatomy of a Robot", Engineering & Technology. pp. 42-44.
- Romano, V. F. (Ed.). 2002, "Robótica Industrial: aplicação na indústria de manufatura e de processos". São Paulo: Edgard Blücher.
- Sanca, A. S. 2006, "Controle com Compensação de Atrito para Estruturas de Base Móveis de Robôs Manipuladores". 117 f. Dissertação (Engenharia Elétrica – UFBA), Departamento de Engenharia Elétrica. Salvador.
- Shimada, N.; Yoshioka, T.; Ohishi, K. Toshimasa, M. Yokokura, Y., 2013, "Reliable Force-Sensorless Contact Detection Method for Ball Screw Drive Cartesian Robot", IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2013), Taipei, Taiwan, pp. 1-6.
- Slotine, J.-J. E.; Li, W. 1991, "Applied Nonlinear Control". Prentice Hall: New Jersey.
- Valdiero, A.C.; Rasia, L.A., 2016, "Gestão de projetos de pesquisa e desenvolvimento de produtos mecatrônicos", In: Valdiero, A.C.; Thesing, N.J. (Eds.), Desafios em Engenharia Industrial, Ed. Unijuí, Ijuí, Brasil.
- Valdiero, A. C. 2012, "Modelagem Matemática de Robôs Hidráulicos". Ijuí: Unijuí.
- Yang, T.; Yan, S. Han, Z., 2015, "Nonlinear model of space manipulator joint considering time-variant stiffness and backlash", Journal of Sound and Vibration. Vol. 341. pp. 246-259.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

DYNAMIC MODEL VALIDATION OF A MECHANICAL TRANSMISSION TYPE BALL SCREW IN A ROBOT GANTRY WITH INCLUSION OF NON LINEARITY OF FRICTION

Angelo Fernando Fiori, an@unochapeco.edu.br¹

Ismael Barbieri Garlet, ismael.garlet@hotmail.com¹

Odmartan Ribas Maciel, odeijui@hotmail.com¹

Andrei Fiegenbaum, andrei.fig@hotmail.com¹

Antonio Carlos Valdiero, valdiero@unijui.edu.br¹

Luiz Antonio Rasia, rasia@unijui.edu¹

¹Regional Northwest University of Rio Grande do Sul (UNIJUI), Prefeito Rudi Franke street – 540, 98280000, Panambi/RS

Abstract. The work objective is present a methodology for the identification of friction non linearity at low speed and develop and validate mathematical modeling of the dynamics of a mechanical transmission of the type ball screw of a Gantry robot driven by current gear motor alternating with frequency inverter, validating it with the inclusion of non-linearity described. This nonlinearity hinders the development of more accurate control strategies, directly affecting the safety, productivity and quality of jobs that these robots play, which are especially related to industrial high strength applications. The prototype was constructed in a joint of the robot gantry, which was used to make the acquisition of experimental data and subsequently validate the modeling proposed by computational simulations. For this prototype has displacement measuring sensors (angular and linear) and using a control panel from the frequency inverter, which sends control signals to the robot. The data acquisition and control system consists of a dSPACE plate 1104 mounted on a microcomputer. As a result, it has been systematization of mathematical modeling of a robotic manipulator gantry driven transmission type ball screw with electric motor AC current and frequency inverter, the inclusion of non-friction linearity through a methodology for identification of nonlinearities shown in addition to the experimental validation of the model that includes the main friction characteristics at low speed. It is intended to contribute to the development of efficient mathematical models for design purposes, simulation and synthesis of control strategies and compensation-based model.

Keywords: Mathematical modeling, gantry robot, experimental identification.