



CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO E DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO DE UMA CÉLULA DE CARGA

Roberta Goergen

Acadêmica do curso de Doutorado em Modelagem Matemática UNIJUI
betinhamtm@gmail.com

Patricia Carolina Pedrali

Acadêmica do curso de Doutorado em Modelagem Matemática UNIJUI
patricia.pedrali@unijui.edu.br

Antonio Carlos Valdiero

Professor/Pesquisador do curso de Mestrado e Doutorado em Modelagem Matemática
UNIJUI
valdiero@unijui.edu.br

Luiz Antônio Rasia

Professor/Pesquisador do curso de Mestrado e Doutorado em Modelagem Matemática
UNIJUI
rasia@unijui.edu.br

Resumo. Neste trabalho apresenta-se a metodologia para a medição e a determinação da equação da calibração de uma célula de carga. Esta célula de carga é utilizada em uma pesquisa de doutorado, onde é estudado o controle de força em atuadores pneumáticos. A grande necessidade e a crescente utilização de sistemas mecatrônicos e de robôs manipuladores exercendo tarefas de precisão e repetitividade nos mais diversos ramos da indústria, da agricultura e de serviços, requerem em algumas situações o contato entre o manipulador e o meio nos movimentos desejados e programados para a execução do trabalho robotizado. Estas situações, de contato do mecanismo e/ou efetuator final com o meio, caracterizam-se em um problema de controle de força. Foram realizados testes experimentais para determinação da equação que relaciona o sinal elétrico do sensor com a força de carga. Pretende-se contribuir para o desenvolvimento de um módulo inovador e de baixo custo de medição de força para aplicações em atuadores pneumáticos.

Palavras-chave: Controle de força. Calibração. Repetitividade.

1. INTRODUÇÃO

A grande necessidade e a crescente utilização de sistemas mecatrônicos e de robôs manipuladores exercendo tarefas de precisão e repetitividade nos mais diversos ramos da indústria, da agricultura e de serviços, requerem em algumas situações o contato entre o manipulador (por meio de sua garra ou ferramenta) e o meio nos movimentos desejados e programados para a execução do trabalho robotizado. Estas situações, de contato do efetuator final com o meio, caracterizam-se em um problema de controle de força (Cruz [1]; Carneiro e Almeida [2, 3, 4]; Vadiero *et al.* [5]).

Diante deste contexto, neste trabalho é apresentada uma metodologia para a medição e a determinação da equação da calibração de uma célula de carga. Esta célula de carga é utilizada para uma pesquisa de doutorado em que é estudado o controle

de força em atuadores pneumáticos, com potencial de aplicação em robôs manipuladores e/ou sistemas mecatrônicos.

A seção seguinte descreve a metodologia utilizada e a bancada de calibração montada no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) da UNIJUÍ Campus Panambi. A seção 3 apresenta os resultados da calibração.

2. METODOLOGIA

Nesta seção descreve-se de forma sucinta a metodologia de calibração da célula de carga, desde a coleta de dados experimentais até o ajuste da curva de calibração. A base teórica desta metodologia é baseada em Albertazzi e Souza [6].

As atividades experimentais foram desenvolvidas no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS/ UNIJUÍ Campus Panambi), que possui infraestrutura computacional e experimental adequada. Realizou-se a coleta de dados experimentais para cargas de compressão (convencionadas como forças negativas) na célula de carga e também com cargas de tração, variando os pesos padrões.

Na Figura 1, mostra-se a bancada experimental na qual foram realizadas as coletas dos dados com pesos padrões em gramas.



Figura 1 – Bancada experimental

Na Figura 2, apresenta-se o desenho esquemático da bancada experimental em que é utilizada a célula de carga para o estudo do controle de força em atuadores pneumáticos.



Figura 2 – Protótipo da bancada experimental

São realizadas medições com acréscimo e redução das cargas num total de dois ciclos de repetição. Os dados coletados são tabelados e usados para cálculo de indicadores estatísticos. Determina-se então o grau de uma equação polinomial e seus parâmetros para o adequado ajuste e validação com os dados experimentais. A seção seguinte apresenta os resultados da aplicação desta metodologia na determinação da equação de calibração de uma célula de carga.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção descreve os resultados obtidos experimentalmente para a calibração da célula de carga e a equação de ajuste.

Na Tabela 1 apresenta-se os dados coletados e a repetitividade calculada por faixa de medição considerando 95,45% de confiabilidade.

Tabela 1. Dados experimentais de compressão

Peso (g)	Medição 1 (u)	Medição 2 (u)	Re
0	1,590	1,592	0,006
100	1,546	1,549	0,010
200	1,502	1,505	0,010
300	1,458	1,460	0,006
400	1,414	1,416	0,006
500	1,369	1,371	0,006
600	1,325	1,327	0,006

700	1,279	1,282	0,010
800	1,236	1,237	0,003
900	1,191	1,195	0,013
1000	1,149	1,150	0,003
2000	0,705	0,707	0,006
3000	0,261	0,269	0,026
4000	-0,179	-0,170	0,029
5000	-0,625	-0,624	0,003
6000	-1,065	-1,062	0,010
7000	-1,508	-1,514	0,019
8000	-1,966	-1,954	0,038
9000	-2,393	-2,397	0,013
10000	-2,834	-2,835	0,003

Na Figura 3, apresenta-se o gráfico que relaciona o sinal de tensão (Volts) na célula de carga com a força de carga aplicada (Newtons).

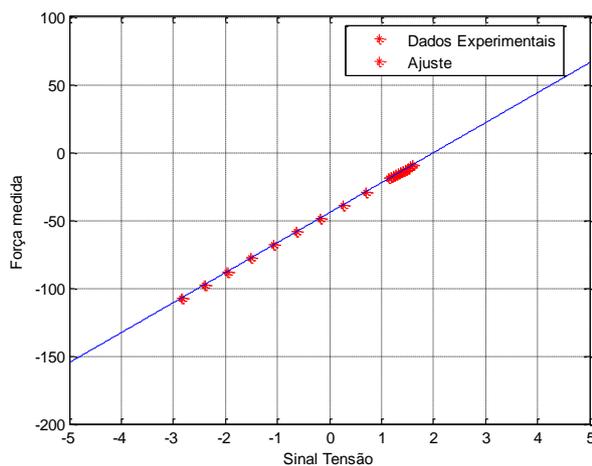


Figura 3 – Dados experimentais e ajuste da curva

O resultado do ajuste apresentado na Fig. 3, mostra que a equação descreve satisfatoriamente a força medida. Portanto comparando-se os dados experimentais com o ajuste, observa-se uma boa concordância.

A equação de ajuste obtida é descrita por:

$$F = 22,1u - 44,63 \quad (1)$$

A repetitividade é a faixa de valores onde se espera que os erros aleatórios do sistema de medição se encontram, neste sentido, a estimativa da repetitividade pelo

desvio padrão resultou em valores baixos, apesar do número de medições ser baixo sugerindo um bom desempenho do sistema.

Agradecimentos

Os autores são agradecidos à FAPERGS, CNPq e UNIJUÍ pelas bolsas de iniciação científica e desenvolvimento tecnológico, e ao FINEP pelo apoio na complementação do Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS), por meio da Chamada Pública MCTI/FINEP/CT-INFRA - PROINFRA - 02/2014 - Equipamentos Multiusuários, Ref.: 0141/16 (Protocolo Eletrônico: 124), com a liberação de recursos para compra de equipamentos para construção de protótipos para pesquisas de mestrado e doutorado.

4. REFERÊNCIAS

- [1] F.B.C. Cruz. Modelagem, controle e emprego de robôs em processos de usinagem. 225 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2010
- [2] J.F. Carneiro and F.G. Almeida. A high-accuracy trajectory following controller for pneumatic devices. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. v. 61, p. 253-267, 2012
- [3] J.F. Carneiro and F.G. Almeida. Using two servovalves to improve pneumatic force control in industrial cylinders. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 66, p. 283–301, 2013
- [4] J.F. Carneiro and F.G. Almeida. Micro tracking and positioning using off-the-shelf servopneumatics. *Journal of Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, v. 30, n. 3 p. 244-255, 2014
- [5] A. C. Valdiero; C. S. Ritter; C.F. Rios and M. Mafikov., *Nonlinear Mathematical Modeling in Pneumatic Servo Position Applications*, *Mathematical Problems in*

Engineering, vol. 2011, Article ID 472903, 16 pages, 2011. doi:10.1155/2011/472903
[6] A. G. Albertazzi Jr.; A. R. Souza, Fundamentos de metrologia científica e industrial, Manole, São Paulo, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia apresentada neste trabalho para a medição e a determinação da equação da calibração de uma célula de carga foi validada, mostrando a concordância entre os dados experimentais e a equação de ajuste, e serve de procedimento metodológico para a calibração de células de carga e transdutores de força a serem utilizados nos projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I) que tratam do controle de força. Da mesma forma, os baixos valores de repetitividade indicam pouca variação do experimento entre faixas podendo-se concluir a boa precisão da célula de carga.