

IDENTIFICAÇÃO DE UM SISTEMA PARA INJEÇÃO DE FERTILIZANTES TIPO VENTURI COM VÁLVULA AUTOMÁTICA

Douglas R. S. S. Araújo, douglassoprani@ifes.edu.br¹
Nara Moraes Marcarini, naramarcarini@gmail.com¹
Mariana J. F. Tybel, ttmaryy@hotmail.com¹
Rodrigo Fiorido, rodrigofiorido@gmail.com¹
Rodrigo Fiorotti, rodrigo.fiorotti@ifes.edu.br¹
Z. B. C. Antônio, antonio.zancanella@ifes.edu.br¹

¹Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus* São Mateus. Depto. De Engenharia Mecânica
Rodovia BR 101 Norte, Km 58, Bairro Litorâneo. 29932-54 – São Mateus – ES

Resumo: A modelagem matemática consiste em identificar uma planta a partir do estudo do comportamento dos dados de entrada e saída coletados do sistema, seja por meio, por exemplo, de uma função de transferência, por espaço de estados ou outra representação linear ou não linear. A partir da utilização desse método é possível obter um modelo para a planta a ser controlada e então um controlador melhor sintonizado a fim de otimizar a ação de controle e fazê-lo mais rígido. Para isso, os softwares são ferramentas essenciais, uma vez que facilitam a construção da função que rege o sistema, planta, com simulações via computador. Nesse artigo, abordaremos as etapas para a obtenção da função de transferência, com o auxílio da ferramenta de identificação do software Matlab®, de uma planta real prototípica à injeção de fertilizantes a partir de injetores tipo Venturi com válvula automática. Os resultados obtidos foram modelos matemáticos com um ajuste esperado de até em torno de 80%.

Palavras-chave: *Identificação de Sistema, Sistema Automático, Injeção de Fertilizantes, Automação e Controle*

1. INTRODUÇÃO

Na automação, controlar um processo significa atuar sobre ele ou sobre as condições a que ele está sujeito, de modo a atingir algum objetivo, segundo Ogata (2010). Esse conceito é encontrado na indústria, onde há necessidade de um controle rígido com modificações rápidas e precisas dos processos. Dessa forma, podemos manter os resultados sempre próximos do ideal, mesmo que existam influências externas tentando desviar as condições do esperado, pois o sistema está, em geral, sujeito à ação de sinais exógenos chamados de perturbações que são sinais de entrada cujos valores não podem ser manipulados (FERNANDES, 2008).

Em virtude dos processos modernos possuírem muitas entradas e saídas tornando-se mais complexos, a descrição de um sistema de controle moderno exige um grande número de equações (COUTO, 2006). A integração dessas equações é o que chamamos de modelagem, conjunto de símbolos e relações matemáticas que traduzem, de alguma forma, um fenômeno em questão (BASSANEZI, 1994). De tal modo que através dela é possível maior planejamento quanto ao dimensionamento das variáveis do sistema.

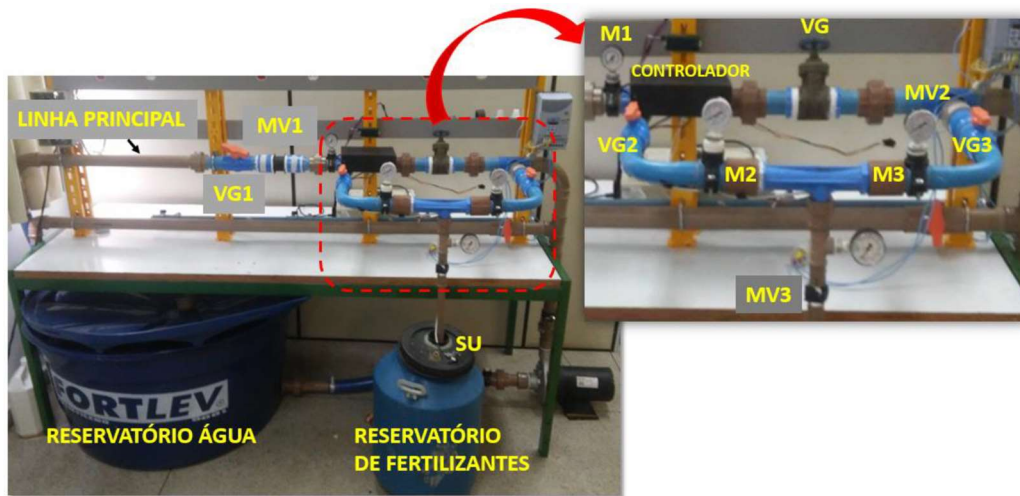
Segundo Aguirre (2000) existem diversas maneiras e técnicas para se obter modelos matemáticos. Neste artigo, trataremos da identificação de caixa preta ou modelagem empírica, cujo sistema interior não pode ser desvendado ou quando seus elementos internos podem ser desconsiderados, em malha aberta, reconhecendo a importância de cada instrumento, sem inseri-los especificamente na equação. O objetivo do trabalho é fazer a identificação de um sistema de injeção de fertilizantes com injetor tipo Venturi com válvula automática, por meio do *software Matlab*®.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. Sistema de injeção de Fertirrigação tipo Venturi

Segundo Evans e Waller (2007), a fertirrigação ou quimigação, é definida como a aplicação de aditivos químicos junto à água. Nesse processo, foi utilizada uma estrutura desenvolvida para a simulação de tal função, ela é composta por uma instalação de bombeamento com um Moto-bomba DANCOR® centrífuga de 1,5 cv de potência – série CAM W-16; Um reservatório de fertilizantes com 55 litros de capacidade de armazenamento e outro de água com 500 litros de

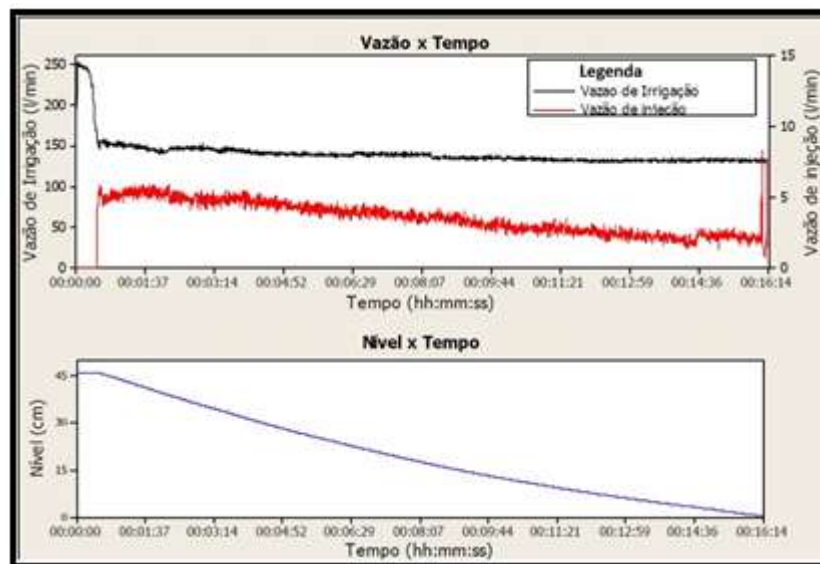
capacidade de armazenamento; Sensores e válvulas de controle de fluxo, demonstrados na Figura 1. Assim, temos os medidores de vazão (MV1, MV2, MV3), os manômetros (M1, M2, M4) e o *ATmega2560*[®] como micro controlador embarcado na plataforma de desenvolvimento *Arduino*[®]. Desse modo, a saída do sistema é a vazão de sucção que passa pelo Venturi e a entrada é a vazão na linha principal.



Bancada prototípica à Fertirrigação

Figura 1: Bancada utilizada para coleta de dados.

Na Figura 2, observa-se o comportamento dinâmico do sistema citado operando de forma não automatizada em que a vazão de injeção/sucção, linha de saída, não consegue manter o *setpoint*, bem como evidenciam Giulik *et al* (2007) sobre a influência da variação do nível do líquido de fertilizantes durante a operação de injeção que ocasionam uma perda na capacidade de sucção do injetor Venturi. Este fato descreve a motivação para um controlador sobre a válvula automática e consequentemente obtenção de um modelo da planta com objetivo de melhor entendimento do processo e sintonia deste controle.

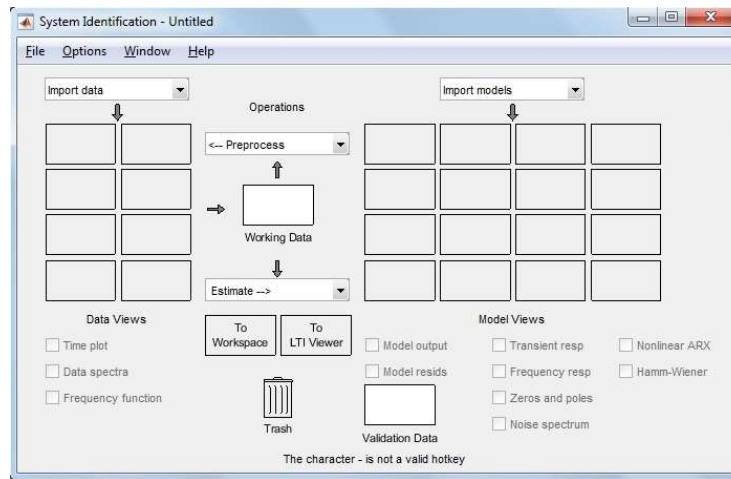


Nível

Figura 2: Comportamento dinâmico do sistema operando de forma não automatizada.

2.2 *Matlab*[®] e o toolbox de identificação

O *Matlab*[®] é um *software* que pode ser utilizado para identificação de sistema utilizando um pacote de ferramentas específico. Este pode ser utilizado para simulação e construção de modelos matemáticos de sistemas dinâmicos. A interface desse pacote de ferramentas, chamado *identification toolbox*. Tal interface é mostrada na Fig. 3.

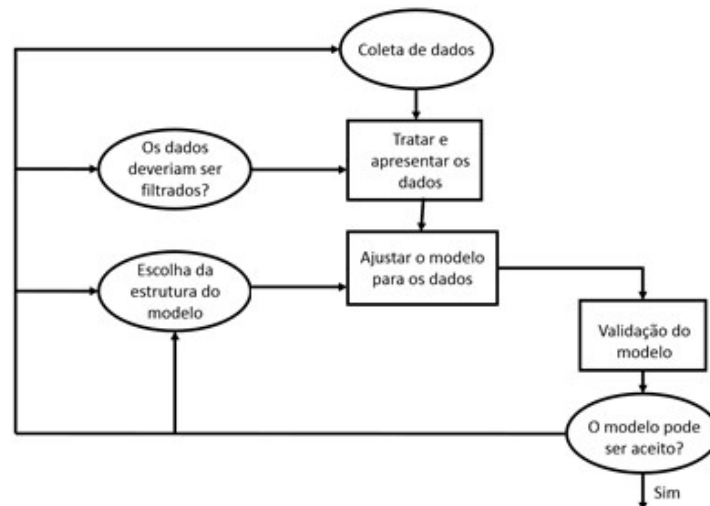


Software Matlab®

Figura 3: Interface gráfica do toolbox de identificação

2.3 Materiais e Métodos

O processo completo de modelagem é demonstrado criteriosamente através do fluxograma da Fig. 4.



Processo de modelagem

Figura 4: Fluxograma de identificação de sistemas

Inicialmente, a coleta foi feita com degraus, analisando o tempo de resposta e estabilização da planta. Os dados são gerados em amostras pelo sistema por meio de testes. Os testes, por sua vez, compreendem os ensaios efetuados no próprio sistema com o objetivo de excitá-lo de maneira a garantir que algumas de suas características dinâmicas estejam presentes nos dados (AGUIRRE, 2004). Em seguida, o tratamento dos dados foi realizado por meio de um código com o objetivo de eliminar alguns picos derivados da instabilidade dos sensores.

Por conseguinte, foi feita a importação dos dados coletados no domínio do tempo para o *toolbox*. Nele, inicia-se manipulação dos dados através de sua filtragem a fim de diminuir os ruídos. O passo seguinte consiste na seleção de um *range* para validação e outro para estimação a partir dos dados coletados.

Em seguida, foram feitas estimações para a função de transferência e no estado de espaço. Foram propostos apenas sistemas lineares para a identificação neste projeto. Então, foram escolhidos sistema de até 3ª ordem de acordo com o melhor ajuste obtido.

2.4 Resultados e discussão

Com a amostra do teste, foi selecionado um range de 61,95% para estimação, dado a ser processado, e outro de 38,05% para validação. Assim, foi alcançado um ajuste de 81,65% através da função de transferência e outro ajuste de 72,03% por meio da função de estado, conforme a Fig. 5.

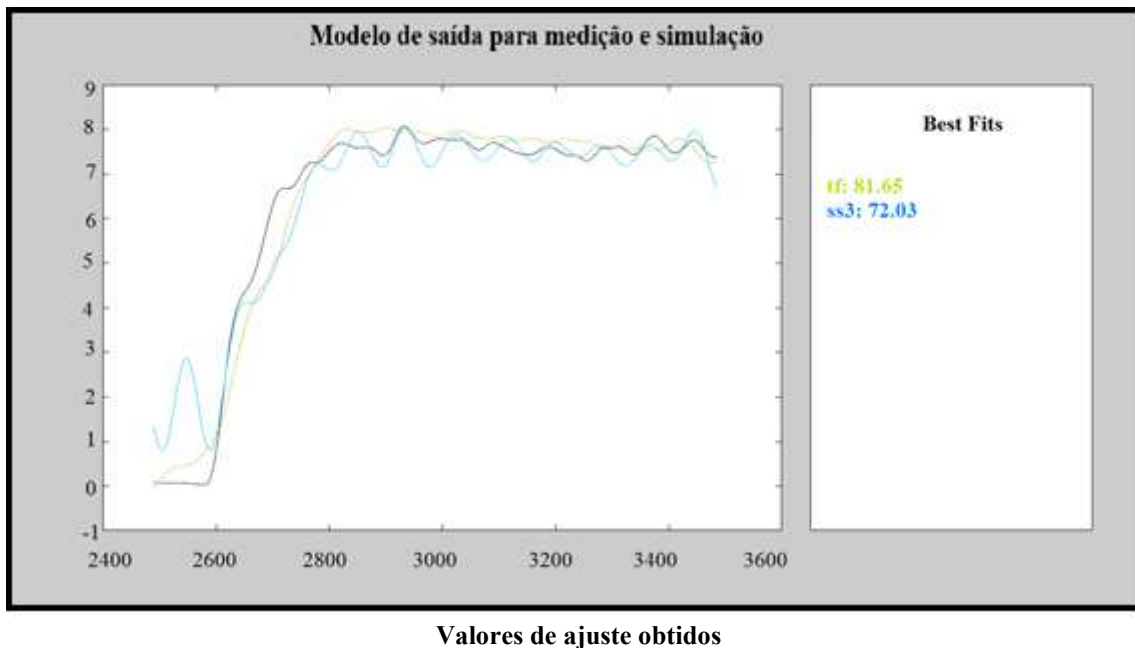


Figura 5: Comparação do ajuste entre os modelos de espaço de estado e função de transferência.

Ao analisar a Fig. 5, percebem-se dois melhores ajustes encontrados pelo programa, sendo representado em verde um ajuste de 81,65%, para um modelo na Função de Transferência, com um polo e um zero, e em azul com 72,03%, para um modelo em Espaço de Estado, de ordem 3. A curva preta representa o sistema real adquirido. A função em Espaço de Estado se caracteriza pela descrição de um sistema de equações em termos de equações diferenciais de primeira ordem, que podem ser combinadas em uma equação diferencial vetorial-matricial de primeira ordem (OGATA, 2010). Sendo assim, em comparação com função de transferência seu ajuste se apresenta inferior. A Função de Transferência, que obteve melhor ajuste a equação é descrita na Eq. (1).

$$G(S) = \frac{-0,1222s + (3,689 \cdot 10^{-5})}{s + 0,0008033} \quad \text{Equação 1}$$

Conforme Aguirre (2000) deve-se considerar que o modelo matemático se trata de uma representação aproximada que não comporta todas as características do sistema real. Diante disso, a identificação foi feita garantindo o melhor ajuste entre os sistemas reais e matemáticos sem que ocorra um *over fitting*, este acontece quando para a amostra de treinamento ajustamos um polinômio de grau superior ao que realmente representa o fenômeno físico em questão (MATOS, 2005)

Conclusão

Portanto, os modelos matemáticos são de grande importância para a resolução de problemas práticos, sendo considerada uma abstração matemática de processo real. Tais problemas podem ser encontrados na engenharia e na ciência, na qual se podem obter soluções através do monitoramento, controle, simulação, cujo modelo matemático é capaz de desempenhar.

Neste presente trabalho, procurou-se um modelo matemático que descrevesse, segundo uma função específica, o comportamento da planta de fertirrigação. Ao se comparar o modelo matemático com os dados reais coletados da planta de estudo foi possível obter com bom ajuste, alcançando-se assim, o objetivo esperado no projeto em questão.

3. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus São Mateus.

4. REFERÊNCIAS

Aguirre, L. A., 2009, Introdução à Identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e Não-Lineares Aplicadas a Sistemas Reais, Editora UFMG, Belo Horizonte, Brasil.

Bassanezi, R. C., 1994, Modelagem como estratégia metodológica no ensino da matemática. Boletim de Educação da SBMAC. São Paulo: IMECC/Unicamp.

Couto, Gu. R., 2006, Modelagem e desenvolvimento de controles de sistema termo hidráulico e interfaces para a aquisição e controle de dados. Monografia de graduação em engenharia de controle e automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil.

Evans, R. G.; Waller, P. M., 2007, Application of chemical materials. In: Lamm, F. R.; Ayars, J. E.; Nakayama, F. S. Microirrigation for Crop Production. Oxford –UK: Elsevier, p.285 – 328.

Fernandes, M. V. A., 2008, Controlador Adaptativo por Modelo de Referência e Estrutura Variável Aplicado ao Controle de Ângulo de Carga e Fluxo de Campo de um Gerador Síncrono. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

Fiorido, R. C. S., 2017, Instrumentação e controle de um sistema automático para injeção de fertilizantes com dispositivo Venturi em irrigação localizada. Monografia de graduação em engenharia mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo, São Mateus, Brasil.

Gulik, T. W. Chemigation. In: Evans, Robert G. et al., 2007, Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers, cap. 19, p. 725-753.

Matos, N. A. F., 2005, Predição de séries temporais para análise dinâmica de estruturas offshore. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Ogata, K. Engenharia de controle moderno; tradução. Kohn, A. F.; Moraes J. C. T. B., 2010, Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 2010.

5. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

IDENTIFICATION OF A SYSTEM FOR INJECTION OF FERTILIZERS TYPE VENTURI WITH AUTOMATIC VALVE

Douglas R. S. S. Araújo, douglassoprani@ifes.edu.br¹
Nara Moraes Marcarini, naramarcarini@gmail.com¹
Mariana J. F. Tybel, ttmaryy@hotmail.com¹
Rodrigo Fiorido, rodrigofiorido@gmail.com¹
Rodrigo Fiorotti, rodrigo.fiorotti@ifes.edu.br¹
Z. B. C. Antônio, antonio.zancanella@ifes.edu.br¹

¹ Federal Institute of Education, Science and Technology of Espírito Santo, Campus São Mateus, BR 101, Km 58, São Mateus, ES, BR. Departamento de Engenharia Mecânica

Abstract. *Mathematical modeling consists in identifying a plant from the study of input and output data's behavior collected from the system, either through, for example a transfer function, state space or other linear or non-linear representation. With the use of this method it is possible to obtain a model for the plant to be controlled and then a better controller to optimize the control action and make it more rigid. For this, softwares are essential tools, because they facilitate the construction of the function that governs the system, plant, with simulations by computer. In this article, we will cover the steps to obtain the transfer function, with the aid of the Matlab® software identification tool, from a prototypical real plant to injection of fertilizers with Venturi injectors with automatic valve. The results obtained were mathematical models with an expected fit around 80%.*

Keywords: *System Identification, Automatic System, Fertilizer Injection, Automation and Control*