

## **AUTOMAÇÃO EM BANCADA PARA ENSAIOS HIDRÁULICOS DE VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESSÃO**

HUGO DE C. RICARDO<sup>1</sup>; BÁRBARA T. DE C. CAMARGO<sup>1</sup>; PEDRO HENRIQUE DE O. ESTIMA<sup>1</sup>; CONAN A. SALVADOR<sup>2</sup>; MARINALDO F. PINTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando (a) em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto. de Engenharia, Instituto de Tecnologia, UFRRJ, Seropédica-RJ, Fone: (0XX21) 2682-1864. E-mail: [hugoricardo31@gmail.com](mailto:hugoricardo31@gmail.com)

<sup>2</sup> Engo Agrícola, Professor Adjunto, Depto. de Engenharia, IT/UFRRJ, Seropédica-RJ.

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** A automação é uma alternativa para proporcionar melhorias ao ensaio de caracterização hidráulica das válvulas reguladoras de pressão. O objetivo do trabalho foi desenvolver e avaliar uma bancada para realização de ensaios automáticos de caracterização hidráulica de válvulas reguladoras de pressão. A bancada é constituída por tubulação em circuito fechado, bomba hidráulica, medidor de vazão e emissor. Os instrumentos utilizados foram: inversor de frequência, transdutores de pressão, e dispositivo eletrônico de controle. A comunicação do computador com o dispositivo eletrônico é realizada via porta serial RS-232. Para o processamento, monitoramento e armazenamento de dados desenvolveu-se um aplicativo em Linguagem Pascal. Avaliou-se a bancada por meio da caracterização de uma válvula reguladora (Fabrimar, Exact 15) com pressão nominal de 15 PSI. Foram analisadas duas vazões (1,66 e 3,23 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) submetidas a cinco pressões (10, 15, 20, 25 e 30 mca), com três repetições e duração de 4 minutos. A variação máxima de vazão foi 2,19%, sendo as pressões de entrada ajustadas em até 40s, após acionamento da motobomba. Os resultados comprovaram a eficácia do sistema de controle, aquisição e armazenamento de dados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Irrigação; inversor de frequência; instrumentação.

### **BENCH AUTOMATION FOR HYDRAULIC TESTS OF PRESSURE REGULATOR VALVES**

**ABSTRACT:** Automation is an alternative to hydraulic characterization pressure regulator valves test improvements. The objective of this project was to develop and evaluate an instrumented bench to perform automatic tests for the hydraulic characterization of pressure regulator valves. The bench consists of a closed pipe system, hydraulic pump, flowmeter and emitter. The instruments used were: frequency inverter, pressure transducers, and electronic control device. The communication between computer and electronic device, is performed by RS-232 serial port. It Pascal Language application was developed for the processing, monitoring and storage of data. The bench was evaluated by the characterization of a pressure regulator valve (Fabrimar, Exact 15) with nominal pressure of 15 PSI. Two flows (1.66 and 3.23 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) were submitted to five pressures (10, 15, 20, 25 and 30 mca), with three repetitions and duration of 4 minutes. The maximum flow variation observed was 2.19%, and the inlet pressures were adjusted in less than 40 s after the pump motor was started. The results proved the effectiveness of the data acquisition, control and storage system.

**KEYWORDS:** Irrigation, frequency inverter, instrumentation.

**INTRODUÇÃO:** Para obter níveis ótimos de eficácia na irrigação, os engenheiros devem tomar cuidado na seleção de equipamentos, buscando aqueles com indicador de desempenho adequado (Oliveira et al., 2010). Assim, devem-se considerar as informações sobre constantes construtivas, especificações e indicadores de desempenho, os quais são o objetivo fundamental dos ensaios de equipamentos (Lima et al., 2003). A uniformidade de aplicação de água é um índice de desempenho dos sistemas de irrigação influenciado por diversos fatores, destacando-se entre eles, a variação de vazão dos emissores ao longo da linha lateral em decorrência da variação de pressão e da própria variabilidade dos emissores (Frizzone, 1992). Visando minimizar a variação de pressão em um sistema de irrigação empregam-se válvulas reguladoras de pressão, que são dispositivos que reagem a um acréscimo de pressão de entrada, diminuindo a seção de passagem da água e aumentando a perda localizada de carga (Zaggo et al., 1990). A caracterização hidráulica dessas válvulas é especificada pela Norma ISO 10522 (1993), a qual apresenta um procedimento metodológico metódico e laborioso, devido ao número de repetições, além da dedicação de um profissional capacitado. Uma alternativa para minimizar as dificuldades laborais seria a adoção de ferramentas de automação, permitindo o monitoramento de sistemas de forma segura, rápida e eficaz (Camargo, 2012), sendo possível o emprego de microprocessadores, os quais são componentes compactos, de baixo custo e de fácil aquisição (Ibars, 2004). Portanto o presente trabalho teve como objetivo, o desenvolvimento e avaliação de uma bancada para realização de ensaios automáticos de caracterização hidráulica de válvulas reguladoras de pressão.

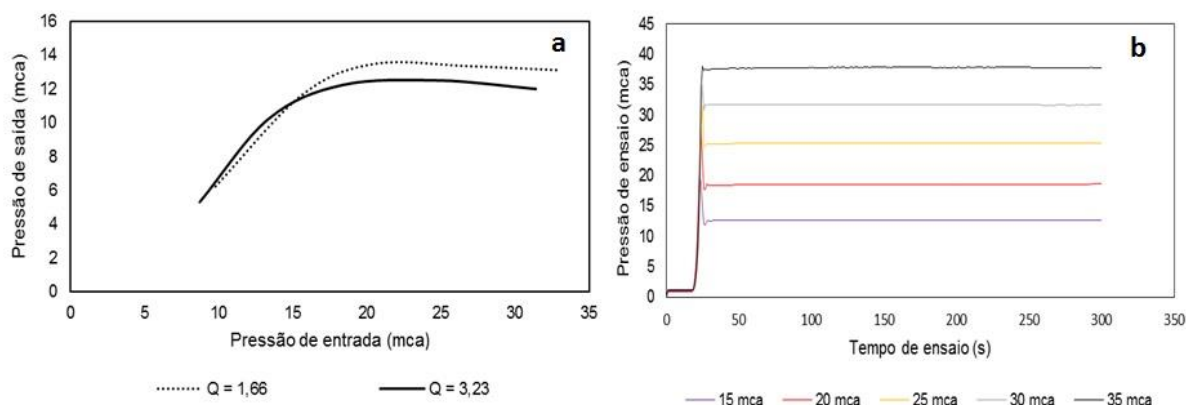
**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica e Irrigação e no Laboratório de Automação e Controle de Sistemas Agrícolas, ambos do Departamento de Engenharia, pertencente ao Instituto de Tecnologia da UFRRJ, situados no município de Seropédica - RJ. A bancada de ensaios foi composta com tubulação de 20 mm de diâmetro nominal, em circuito fechado, uma bomba hidráulica (Dancon, 5 CV), um medidor de vazão magnético indutivo (Krohne, Optiflux KC 1000) com faixa de trabalho de até  $10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  e um emissor de saída (Fabrimar, Asfix AF4) para o controle da vazão. A instrumentação necessária para a automação da bancada é composta por um inversor de frequência (Weg, CFW-10), três transdutores de pressão (Motorola, MPX 5700DP) com faixa de trabalho de 0 a 700 kPa, e um dispositivo eletrônico de controle. O dispositivo eletrônico de controle desenvolvido é responsável pela aquisição, processamento e monitoramento de dados dos sensores (pressão e vazão), sendo a transmissão de dados por meio da porta serial RS-232 e armazenado em um microcomputador com o auxílio de um aplicativo desenvolvido em Linguagem Pascal. O funcionamento do sistema de aquisição de dados desenvolvido é baseado nas leituras da pressão de entrada e saída da válvula reguladora de pressão. As pressões de entradas são ajustadas por meio da lógica de controle PID (Proporcional Integrativo Derivativo) contida no inversor de frequência. O inversor de frequência recebe do transdutor de pressão o sinal correspondente à pressão na entrada do regulador de pressão. Com isso, por meio da lógica PID, o inversor sincroniza a rotação da bomba para se obter a pressão de entrada desejada no ensaio, além de proporcionar uma maior estabilidade na pressão de entrada da válvula. O aplicativo desenvolvido armazena e processa os dados das pressões de entrada e saída, emitidos pelos transdutores de pressão, assim como os valores fornecidos pelo medidor de vazão indutivo. Para o teste do sistema de aquisição e armazenamento desenvolvido foram realizados ensaios para dois valores de vazão ( $1,66$  e  $3,23 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ), permitindo-se uma variação máxima da vazão regulada de aproximadamente  $\pm 2\%$ , conforme indicado por Lima et al. (2003). Para cada valor de vazão realizou-se ensaios utilizando-se 5 valores de pressão (10, 15, 20, 25 e 30 mca), com três repetições e duração de 4 minutos. As pressões de entrada foram alteradas de forma gradualmente crescente. Com a média desses valores de pressão de entrada e saída foi obtido à curva de regulação.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 observa-se a resposta do sensor de vazão, em bytes, em função da vazão escoada na bancada de ensaio. Salienta-se que para cada vazão foi apresentado o valor médio de três repetições, e em cada uma delas sendo obtida a média de 20 leituras. Pode-se verificar pela Tabela 1, por meio do desvio padrão e do coeficiente de variação (CV), que a maior variabilidade dos dados foi de 6,80 bytes e de 2,19 %, respectivamente. Portanto, a variabilidade obtida foi considerada satisfatória para os fins pretendidos. Os maiores CV encontrados foram para os menores valores de vazão, enquanto que, à medida que a vazão escoada na bancada se aproxima do meio do intervalo de medida do sensor (0-10 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>), o CV reduz, correspondendo a cerca de 1%. Com essas informações percebe-se que conforme a teoria, o modelo linear descreve a resposta do sensor à variação da vazão. A linearidade na resposta também é observada em outros sensores como verificado por Pinto et al. (2011) no sensor de pH.

**TABELA 1.** Leitura média em bytes gerada pelo sensor de vazão.

Parâmetros	Vazões (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )									
	1,66	2,72	3,49	4,11	4,63	5,12	5,54	5,91	6,27	6,71
Média	286,8	364,0	419,0	461,8	500,9	534,2	563,8	589,2	614,9	645,8
Desvio Padrão	6,29	5,50	5,51	5,88	6,80	5,73	6,66	6,44	6,07	6,46
CV (%)	2,19	1,51	1,32	1,27	1,36	1,07	1,18	1,09	0,99	1,00

Os ensaios realizados com o objetivo de avaliar o funcionamento adequado da instrumentação inserida na bancada, foram conduzidos utilizando uma válvula reguladora com pressão de regulação de 10,5 mca (15 PSI) e diâmetro nominal de 20 mm. Na Figura 1a observa-se o comportamento da pressão de saída média em função do ajuste de cinco diferentes pressões de entrada para vazões de 1,66 e 3,23 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Esse comportamento foi obtido pelo dispositivo eletrônico de controle em ensaio compatível com o realizado para caracterização do desempenho de válvulas reguladores de pressão, adaptado da Norma ISO 10522 (1993). Com relação ao ajuste da pressão de entrada, realizada pela interface transdutor – inversor de frequência – motobomba, verificou-se que seu alcance foi obtido em um tempo inferior a 40s em todos os valores de pressão de entrada avaliados. Além disso, após atingir os valores de pressão de entrada desejados, a lógica de controle (PID) do inversor de frequência também garantiu a estabilização da pressão ao longo do ensaio (Figura 1b).



**FIGURA 1.** Respostas obtidas pelo sistema de aquisição da bancada instrumentada em função da pressão de entrada: a) ajuste da pressão de entrada realizada pela lógica PID do inversor de frequência; b) pressão de saída média em função da pressão de entrada para diferentes vazões (Q) em m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>.

Após a realização dos ensaios pode-se afirmar que o dispositivo eletrônico de controle e o aplicativo desenvolvido para a bancada foram capazes de realizar a aquisição, monitoramento, processamento e armazenamento dos dados de pressão (entrada e saída) e vazão, sendo os mesmos monitorados continuamente, a cada 1s, ao longo dos ensaios. A Figura 1b comprova o funcionamento adequado da bancada instrumentada, pois a mesma permitiu a obtenção de curvas semelhantes às curvas de regulação que descrevem o desempenho de válvulas reguladoras para diferentes vazões, conforme verificado nos trabalhos de Lima et al. (2003) e Lima et al. (2009). Com isso, seguindo de maneira criteriosa as recomendações da Norma ISO 10522 (1993) será possível à caracterização hidráulica utilizando a bancada avaliada no ensaio.

**CONCLUSÕES:** Pode-se concluir que construção da bancada, composta por dispositivo eletrônico de controle e aplicativo supervisorio, possibilitou a automação dos ensaios de válvulas reguladoras de pressão, permitindo o processamento, monitoramento e armazenamento de dados de maneira eficaz.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela concessão de bolsa de iniciação científica, e pela liberação da estrutura interna necessária a realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- CAMARGO, A.P. *Desenvolvimento de um controlador de irrigação para áreas experimentais*. 2012. 110p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- FRIZZONE, J.A. *Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência*. Piracicaba: ESALQ, Dept. Eng. Rural, 1992. 53p. Série Didática, 3.
- IBARS, R.A.F. *Desenvolvimento e avaliação de tubos Venturi para medição de vazão*. 2004. 61p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION, ISO 10522, *Agricultural irrigation equipment – Direct-acting pressure-regulating valves*. Geneve, 1993. 11p.
- LIMA, S.C.R.V.; FRIZZONE, J.A.; COSTA, R.N.T.; SOUZA, F.; PEREIRA, A.S.; MACHADO, C.C.; VALNIR JÚNIOR, M. Curvas de desempenho de válvulas reguladoras de pressão novas e com diferentes tempos de utilização. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.2, p.201-209, 2003.
- LIMA, A.S.; ZOCOLER, J.L.; MAGGI, M.F.; LIMA, H.K. Uso do inversor de frequência em sistema de irrigação do tipo pivô central e seu efeito na lâmina e uniformidade de distribuição de água. *Pesquisa Aplicada e Agroecologia*, v.2, n.1, p.119-125, 2009.
- OLIVEIRA, D.P.; VALNIR JÚNIOR, M.; CARVALHO, M.A.R.; CARVALHO, C.M.; LIMA, S.C.R.V.; CARVALHO, L.C.C. Análise de controle e confiabilidade de laboratórios em microaspersores utilizando testes estatísticos de Dixon. *Revista Agropecuária Técnica*, v.31, n.2, p.91-95, 2010.
- PINTO, M.F.; CAMARGO, A.P.; ALMEIDA, A.C.S.; ALVES, D.G.; BOTREL, T.A. Desenvolvimento de um sistema para o controle do pH da água para microirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.2, p.211-217, 2011.
- ZAGGO, S.P.; COLOMBO, A.; GIL, O.F. *Desempenho de válvulas reguladoras de pressão utilizadas em sistemas pivô central*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 19, Anais, v.1, p.360-379, Piracicaba, SBEA, 1990.