

LUÍS GUSTAVO HENRIQUES DO AMARAL

**REGULADOR AUTOMÁTICO DE VAZÃO PARA CONDUTOS
LIVRES: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2007

RESUMO

AMARAL, Luís Gustavo Henriques do, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2007. **Regulador automático de vazão para condutos livres: desenvolvimento e avaliação.** Orientador: Márcio Mota Ramos. Co-orientadores: Demetrius David da Silva, Paulo Roberto Cecon e Paulo Marcos de Barros Monteiro.

O desenvolvimento da agricultura irrigada depende do uso racional dos recursos hídricos, havendo necessidade de redução das perdas que ocorrem desde a reservação até a aplicação da água nas áreas irrigadas. Nos locais onde a condução da água de irrigação é realizada por meio de canais, as constantes oscilações no nível da água associadas à alta sensibilidade das estruturas de distribuição provocam grandes variações nas vazões fornecidas aos lotes irrigados. Sendo assim, o objetivo geral desse trabalho foi desenvolver e avaliar um regulador de vazão capaz de minimizar o efeito das variações no nível da água a montante das estruturas de distribuição sobre a vazão derivada, utilizando orifícios retangulares perfurados em parede curva. Os objetivos específicos foram: projetar e construir o regulador de vazão; obter coeficientes de descarga para orifícios retangulares em parede delgada vertical curva; determinar a variação na vazão fornecida pelo regulador em toda a sua faixa de operação; e obter as curvas características do equipamento. O regulador, construído com fibra de

vidro como material básico, foi concebido para manter a carga hidráulica constante sobre os orifícios, mesmo que o nível da água no canal varie sensivelmente. O equipamento é composto de um tubo cilíndrico dotado de orifícios retangulares ao redor da sua circunferência. Esse tubo desliza dentro de um tubo fixo, que funciona como guia, e está preso a um flutuador que ajusta a posição dos orifícios conforme o nível da água no canal principal. O conjunto opera dentro de uma caixa de captação instalada junto à tomada de água lateral do canal. A regulação da vazão é feita pelo ajuste da carga hidráulica e pela alteração da área de escoamento. A avaliação do regulador foi realizada em um canal de concreto do Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, utilizando-se água limpa. Foram determinados os coeficientes de descarga de orifícios retangulares com 0,08 m de comprimento e 0,04 m de altura e ângulos de 1,57, 1,75, 1,80 e 1,89 rad entre o eixo do orifício e a reta tangente à sua parede. A variação na vazão fornecida pelo regulador foi determinada em função de uma alteração de 0,15 m no nível da água no canal principal, para todas as opções de regulação, abrangendo toda a faixa de vazões fornecidas. Também foram obtidas as curvas características do regulador relacionando a vazão com a carga hidráulica medida sobre o centro de gravidade dos orifícios. O equipamento apresentou desempenho adequado para a operação de redes de canais, minimizando o efeito das variações de nível sobre a vazão escoada. Verificou-se uma redução de 3,5%, em média, no coeficiente de descarga com o aumento de 0,32 rad no ângulo entre o eixo do orifício e a reta tangente à sua parede e uma variação média na vazão fornecida pelo equipamento de $\pm 2,3\%$. A principal causa da variação na vazão foi atribuída ao atrito estático entre as paredes dos tubos guia e deslizante, que não era vencido quando a variação no empuxo sobre o flutuador era pequena. Pela análise das curvas características, o regulador desenvolvido pode fornecer vazões entre 3,3 e 30,7 L s⁻¹, possibilitando sua utilização em lotes irrigados de pequeno e médio porte. O equipamento constitui-se numa boa alternativa tanto para regulação quanto para medição de vazão em condutos livres, uma vez que a variação na vazão do regulador automático desenvolvido é menor comparativamente aos equipamentos usualmente adotados para controle de vazão em canais.

ABSTRACT

AMARAL, Luís Gustavo Henriques do, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2007. **Automatic flow regulator for open channels: development and evaluation.** Adviser: Márcio Mota Ramos. Co-advisers: Demetrius David da Silva, Paulo Roberto Cecon and Paulo Marcos de Barros Monteiro.

The development of irrigated agriculture depends on the rational use of water resources. Hence, it is necessary to reduce the water loss that occurs from reservation to application of water in the irrigated areas. In open channel irrigation schemes, frequent water level fluctuations combined to high sensitivity of water delivery structures cause large variations on supplied discharge. The main objective of this work was to develop and evaluate a flow regulator able to minimize the effect of water level fluctuations upstream from delivery structures on supplied discharge, using rectangular orifices in curved plate to control the water passage from the main to the derivation channel. The specific objectives were: to design and construct the flow regulator; to obtain discharge coefficients for rectangular orifices in vertical curved thin plate; to determine the regulator supplied discharge variation for the entire operational range; and to obtain the characteristic curves of the equipment. The flow regulator, built from fiberglass, was conceived to keep a constant hydraulic head on the orifices, even if the water level varies

expressively. The equipment is composed of a cylindrical tube with rectangular orifices around its circumference. This tube slides within a fixed tube, which works as a guide, and is fastened to a float that adjusts the orifices position according to water level in the main channel. The set operates within a collection box installed close to the channel offtake. The flow regulation is made by adjusting the hydraulic head and altering the flow area. The evaluation of the automatic flow regulator was accomplished in a concrete channel belonging to the Hydraulic Laboratory of the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Viçosa, in Viçosa, Minas Gerais state, Brazil, using clean water. The discharge coefficient was determined for rectangular orifices 0.08 m long and 0.04 m high using four different angles between the orifice axis and its plate: 1.57, 1.75, 1.80 and 1.89 rad. The relative variation in the discharge supplied by the automatic flow regulator was determined for a variation of 0.15 m in the main channel's water level, for all discharge regulation options. Additionally, it was determined the characteristic curves of the automatic flow regulator by relating the discharge and the hydraulic head over the orifices' gravity center. The equipment presented an excellent performance. It is adequate for operating channel networks as it minimizes the effect of water level fluctuations over the supplied discharge. It was verified a reduction of 3.5% in the discharge coefficient against the increase of 0.32 rad in the angle between the orifice axis and its plate and a mean discharge variation supplied by the automatic flow regulator of $\pm 2.3\%$. The main cause for this discharge variation was attributed to the static friction between the walls of the guide and the sliding tubes that was not overcome when there was a small variation in the buoyancy force over the float. According to the analysis of the equipment's characteristic curves, the automatic flow regulator developed can supply discharges between 3.3 and 30.7 L s⁻¹, enabling its application in small and medium irrigated areas. The automatic flow regulator is a good alternative to the regulation and measuring of discharges in open channels, since the discharge variation of the developed equipment is smaller than the discharge variation of the structures commonly used to control the discharge in channels.