
SOFTWARE PARA SUPORTE HIDRÁULICO

Autor(es)

Leandro Andrade

Email: landrade@lavras.br

Vínculo: Mestrando em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) – Capes/UFLA

Endereço: Rua Ebert Vilela, 1864 Pres. Kennedy – Lavras (MG) 37200-000

Telefone: (35)822-0303

Jacinto de Assunção Carvalho

Email: jacintoc@ufla.br

Vínculo: Prof. Doutor do Departamento de Engenharia/UFLA

Endereço: Universidade Federal de Lavras / DEG. cx.37, Lavras (MG) CEP: 37200-000

Telefone: (35)829-1498

Resumo

A demanda por sistemas de irrigação na agricultura brasileira é crescente, devido à necessidade de aumentar produtividades e, conseqüentemente, os lucros. Com isso, aumentou-se a necessidade por novas tecnologias neste campo de atuação da agricultura, incluindo os aplicativos computacionais. Dentre os diversos parâmetros existentes para dimensionar um sistema de recalque para um conjunto de irrigação, a altura manométrica é o que envolve mais cálculos, o que resulta em um maior gasto de tempo e maior possibilidade de haver erros. Sendo assim, desenvolveu-se um software que auxilie na determinação da altura manométrica de um sistema de irrigação, utilizando cálculos relativos à perdas de cargas contínuas e localizadas, fator de atrito da equação universal e número de Reynolds. Além da possibilidade de uso isolado de cada equação, o usuário tem a opção de montar um projeto de irrigação utilizando todos os recursos disponibilizados por este software. As principais vantagens propiciadas por este trabalho são: operação simples e objetiva; redução do tempo gasto com cálculos; e prevenção de erros comuns quando realizados manualmente.

Abstract

The demand for irrigation systems in the Brazilian agriculture is growing, due to the need to increase productivities and, consequently, the profits. With that, it increased the need for new technologies in this field of performance of the agriculture, including the computational applications. Among the several existent parameters for dimensionar a system of it presses down for an irrigation group, the pumping head is what it involves more calculations, what results in a larger expense of time and larger possibility of there being mistakes. This way, it was developed a software that aids in the determination of the pumping head of an irrigation system, using relative calculations to losses of continuous and located loads, factor of attrition of the universal equation and number of Reynolds. Besides the possibility of isolated use of each equation, the user has the option of setting up an irrigation project using all the resources of this software. The main advantages propitiated by this work are: simple

operation and it aims at; reduction of the time spends with calculations; and prevention of common mistakes when accomplished manually.

Palavras Chaves

Perda de carga; projeto de irrigação; software.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira sofreu profundas mudanças na última década devido à abertura do mercado nacional, forçando os empresários rurais investir em tecnologia para obterem melhores produtividades no campo. O emprego da irrigação nas mais diversas culturas é uma das tecnologias que visa aumentar produção e reduzir os riscos de perda econômica, devido a falta de chuva, principalmente em períodos críticos de desenvolvimento da planta.

Na planejamento de um projeto de irrigação, deve-se, primeiramente, determinar a vazão e a altura geométrica do terreno. A partir destes dados, escolhe-se a tubulação de adução em função das perdas de energia. Por fim, dimensiona-se o sistema moto-bomba de acordo com a altura manométrica e a vazão.

A altura manométrica é resultado da soma da altura geométrica, perdas de carga e pressão necessária na saída do sistema. Destes três parâmetros, apenas a perda de carga envolve cálculos mais complexos em sua determinação.

Devido a necessidade crescente de se irrigar, aumenta-se também, o interesse por novas tecnologias, dentre elas, o desenvolvimento de softwares que auxiliem o dimensionamento de sistemas de irrigação. O aplicativo computacional apresentado neste trabalho é uma ferramenta que traz cálculos e alguns valores pertinentes à determinação da altura manométrica de um sistema de irrigação, reduzindo o tempo de elaboração de um projeto, assim como os erros cometidos pelo técnico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A otimização de sistemas de irrigação depende de um dimensionamento hidráulico adequado e econômico, isto é, de um projeto bem elaborado da instalação de recalque, uma vez que esta apresenta o maior consumo de energia em sistemas de irrigação (Bernardo, 1989).

De acordo com Carvalho (1992), para o dimensionamento de um sistema de recalque deve-se levar em consideração a posição da tubulação no terreno, o regime de escoamento a ser efetivado e a escolha do procedimento adequado para o seu dimensionamento, avaliação das perdas de carga distribuídas e acidentais, o desnível geométrico, o comprimento da tubulação, a escolha do tipo de tubo (material empregado e diâmetro comercial), e ainda, verificar se a velocidade de escoamento está dentro de uma faixa considerada econômica.

A perda de carga distribuída ao longo da tubulação depende das características físicas do fluido, tais como viscosidade e massa específica, bem como das características geométricas do conduto. No caso particular do conduto circular, essas

características geométricas são o diâmetro e a rugosidade equivalente das paredes internas do mesmo. A principal equação para o cálculo da perda de carga em tubulações é a equação universal, por ser mais precisa e aplicável a qualquer tipo de conduto e ou fluido. Entretanto, o seu uso depende da determinação de um coeficiente de atrito “f” que por sua vez depende da rugosidade do conduto, viscosidade e massa específica do fluido, da velocidade de escoamento e do diâmetro (Pimenta, 1981; Viana, 1993).

O valor do coeficiente de atrito “f” varia em função da rugosidade relativa e do número de Reynolds. A solução pode ser encontrada com o uso de ábacos, tabelas ou equações. O uso de ábacos e tabelas é trabalhoso, podendo gerar imprecisões, além de dificultar a automatização dos cálculos. O uso das equações depende do regime de escoamento, permitindo classificar o escoamento em: laminar, turbulento hidraulicamente liso, turbulento hidraulicamente misto ou de transição e turbulento hidraulicamente rugoso. Para cada um destes escoamentos, existe um procedimento para o cálculo de f. Dentro destes procedimentos, muitas equações trazem o valor de “f” de forma implícita, dificultando por demais a solução dos problemas (Porto, 1998).

Swamee (1994), citado por Porto (1998), apresentou, recentemente, uma equação geral para o cálculo do fator “f”, válida para todos os tipos de escoamentos. Esta equação por sua vez, apresentou pequenas diferenças no valor de “f” quando comparada com algumas equações específicas para cada tipo de regime de escoamento.

Segundo o mesmo autor, o uso da fórmula universal apresenta o inconveniente de precisar de aferição de um coeficiente f que nem sempre é transladável de uma situação para outra, o que torna sua utilização problemática. Assim, diversos engenheiros e pesquisadores dedicaram-se a lançar os dados observados na prática em gráficos e tentar desenvolver equações empíricas a partir dos mesmos. Estas fórmulas, entretanto, só se aplicam ao líquido em que foram ensaiadas, a temperaturas semelhantes, uma vez que não incluem termos relativos às propriedades físicas do fluido.

As instalações de transporte de água sob pressão, de qualquer porte, são constituídas por tubulações montadas em seqüência, de eixo retilíneo, unidas por acessórios de natureza diversa, como válvulas, curvas, derivações, registros ou conexões de qualquer tipo e, eventualmente, uma máquina hidráulica como bomba ou turbina. A topologia do sistema é a mais variada, desde uma única linha em uma instalação de bombeamento até uma rede de distribuição em uma instalação predial ou sistema de irrigação. A presença de cada um destes acessórios, necessários para a operação do sistema, concorre para que haja alteração de módulo ou direção da velocidade média, e conseqüentemente de pressão, localmente. Isto se reflete em um acréscimo de turbulência que produz perdas de carga que devem ser agregadas às perdas distribuídas, devido ao atrito, ao longo dos trechos retilíneos das tubulações. Tais perdas recebem o nome de perdas de carga localizadas ou singulares (Azevedo Neto et al, 1998).

Numa instalação elevatória, o cálculo das perdas de carga na sucção deve ser o mais rigoroso possível. As peças especiais representam grande parte destas perdas.

Bernardo (1989) cita que um cálculo errôneo das perdas de carga, pode resultar no aparecimento de cavitação, uma vez que aquelas têm grande peso no cálculo da energia disponível na instalação para promover a sucção (NPSH disponível).

O cálculo de perdas de carga localizadas pode ser feito de duas formas, pelo comprimento equivalente ou pelo Método Direto (Azevedo Neto et al, 1998). O primeiro método consiste em “substituir” a peça por um comprimento de tubo que irá produzir a mesma perda de carga. Este método é tido como mais simples, pois consulta-se tabelas de comprimentos equivalentes para a respectiva peça, no diâmetro desejado e soma-se ao comprimento de tubo real. Contudo, tal procedimento, pode ser impreciso, uma vez que nestas tabelas, os valores são médios, podendo estar superestimando a perda causada pela peça, ou o contrário, levando a erros no cálculo da perda de carga. Entretanto, qualquer um dos métodos é bastante trabalhoso, principalmente se o sistema trabalhado apresenta várias peças especiais.

As dificuldades apresentadas por certos métodos e expressões, as contas tediosas e a demora na obtenção de resultados são coisas do passado, mercê dos recursos postos à disposição pelo avanço na área de informática.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O software foi desenvolvido no Departamento de Engenharia/Hidráulica da Universidade Federal de Lavras, utilizando a linguagem Microsoft Visual Basic versão 5.0, a qual opera em ambiente Windows 32 bits.

Fator de Atrito “f”

Para o cálculo deste fator é necessário que se conheça o número de Reynolds (Re), o diâmetro do conduto (D) e, em algumas equações, a rugosidade absoluta do conduto (k). No aplicativo pode-se informar o número de Reynolds via teclado ou então clicar no botão de comando “Re” para calcular. Em relação à rugosidade absoluta, este traz informações de diversos condutos mais utilizados na irrigação.

Utilizou-se, como uma primeira aproximação e para determinação do regime de escoamento, a equação de Swamee-Jain (equação 1):

$$f = \left\{ \left(\frac{64}{Re} \right)^8 + 9,5 \left[\ln \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) - \left(\frac{2500}{Re} \right)^6 \right]^{-16} \right\}^{0,125} \quad (1)$$

A partir do valor de “f” previamente calculado, utilizou-se a equação para o cálculo do fator “f”, específica para cada regime e, de acordo com a faixa do número de Reynolds recomendada:

- regime laminar

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2)$$

- regime de escoamento turbulento em condutos lisos, pode-se utilizar as equações de Blasius (equação 3), Von Kármán-Prandtl (equação 4), Nikuradse (equação 5) e Konakov (equação 6):

$$f = 0,316 \text{Re}^{-0,25} \quad (3)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \cdot \log(\text{Re} \sqrt{f}) - 0,8 \quad (4)$$

$$f = 0,0032 + 0,221 \text{Re}^{-0,237} \quad (5)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{5,62}{\text{Re}^{0,9}}\right) \quad (6)$$

- regime de escoamento turbulento de transição, pode-se utilizar neste software as equações de Prandtl-Colebrook (equação 7), Colebrook-White (equação 8) e Moody (equação 9).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \cdot \log\left(\frac{2k}{D} + \frac{18,7}{\text{Re} \sqrt{f}}\right) \quad (7)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2k}{3,71D} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}}\right) \quad (8)$$

$$f = 0,0055 \left[1 + \left(20000 \frac{k}{D} + \frac{10^6}{\text{Re}} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (9)$$

- regime de escoamento turbulento rugoso (equação de Nikuradse).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \cdot \log\left(\frac{2k}{D}\right) \quad (10)$$

Perda de Carga Contínua

Existem inúmeras expressões utilizadas no cálculo de perda de carga contínua para tubos de condução de água, cada qual com suas vantagens e restrições. Neste trabalho foram adicionadas as mais utilizadas na irrigação, sendo que o uso de cada equação será de escolha do usuário do programa. As equações disponíveis são as seguintes: Darcy-Weissbach; Hazen-Williams; Fair-Whipple-Hsiao; Flamant; e Manning.

Perda de Carga Localizada

A perda de carga localizada utiliza a metodologia do comprimento equivalente, ou seja, as peças especiais encontradas no sistema de adução de água são convertidas em metros de tubulação para serem adicionadas no comprimento do sistema e assim obter o comprimento virtual dos tubos, onde-se pode aplicar as equações de perda de carga contínua, vistas anteriormente.

Projeto

Esta opção do aplicativo refere-se à determinação das alturas manométricas total e parcial (recalque e/ou sucção) de um sistema de adução de água. As perdas de carga podem ser calculadas utilizando as demais opções deste software sem a necessidade

de sair desta janela. A altura manométrica (H_{man}) total é obtida pela soma das cargas referentes à altura geométrica (h_g) e à perdas de carga do sistema (h_f): $H_{\text{man}} = h_g + h_f$.

4. CONCLUSÃO

A utilização simplificada e objetiva deste software, sem comprometer a qualidade dos resultados e o controle por parte do usuário, é a principal vantagem deste aplicativo. Além disso, o seu emprego reduz significativamente o tempo gasto na elaboração de projetos de irrigação e evita erros cometidos em cálculos. Na determinação do fator de atrito da equação universal, permite que o usuário apenas utilize equações recomendadas a determinada situação, sendo este mais um fator de controle de erro.

O aplicativo traz informações sobre viscosidade da água em função da temperatura, rugosidade absoluta em função do material, coeficiente de atrito de Hazen-Williams, coeficiente de atrito de Manning, constante de Flamant e comprimento equivalente das peças especiais em função do diâmetro.

Perdas de energia na condução de água podem ser determinadas por diversas equações, sendo o usuário quem irá optar pela aplicação de uma ou outra fórmula. Desta forma, este programa não dispensa o conhecimento técnico-científico sobre o assunto.

5. REFERÊNCIAS

- Azevedo Neto, J.M.; Fernandez, M.F.; Araújo, R.; Ito, A. E. *Manual de hidráulica*. 8ª ed., São Paulo, SP, Editora Edgard Blücher Ltda, 1998. 670 p.
- Bernardo, S. *Manual de Irrigação*. 5. Ed. Viçosa:UFV, 1989. 596 p.
- **Carvalho, D. F. *Instalações elevatórias. Bombas*. 5ª ed. Belo Horizonte, Fumarc, PUC, 1992. 352 p.**
- Pimenta, C.F. *Curso de Hidráulica Geral*. 4ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, Vol. 1, 1981, 482 p.
- Porto, R.M. *Hidráulica Básica*. São Carlos, SP. EESC/USP. 540 p. 1998
- **Vianna, M. R. *Mecânica dos fluidos para engenheiros civis*. Belo Horizonte, IEA Editora, 1993.**