

Influência de ar no escoamento de água em tubulações para abastecimento de propriedades rurais.

Thiago Miguel Ribeiro Martins, Márcio Antônio Bazani, Douglas Petrônio de Oliveira Campos – Inter-áreas – Engenharia Mecânica – Departamento de Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira.

Longos períodos sem chuva e as variações bruscas de temperatura características do inverno castigam plantações e rebanhos, especialmente nos estados do centro-oeste e sudeste brasileiro. O resultado quase sempre é de baixa produtividade e conseqüente desestabilização da economia no setor primário. Uma alternativa econômica para amenizar os prejuízos é a distribuição estratégica da água por toda propriedade com o auxílio de uma bomba movida à roda d' água.

A bomba transporta a água até os piquetes nos pastos mais distantes e também nos confinamentos, sem necessitar de fontes que utilizem energia elétrica ou combustível. Na pecuária, a disponibilidade regular de água melhora a qualidade nutritiva da pastagem, assim como evita que o gado gaste energia nos deslocamentos até as fontes naturais, a instalação é simples e o custo de manutenção baixíssimo, permitindo aos criadores condições ideais para a manutenção do peso e da saúde dos animais mesmo em períodos de grande aridez.

Além disso, a bomba é indicada para outras áreas de atividade, como irrigação de plantações, piscicultura, criação de aves e suínos, reservatórios de distribuição e abastecimento de residências rurais e urbanas. Acionada pelo próprio movimento da água, uma das principais vantagens desse método é que ele não polui o ambiente.

O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade técnica do uso de roda d' água para a distribuição de água em propriedades que possuam represas dentro ou no limite de suas áreas. Uma das dificuldades desse processo é a superação da resistência imposta ao fluido pela topografia do solo. A principal vantagem da roda d' água é a transformação da energia potencial devido ao desnível da represa em energia de pressão que fará o deslocamento do fluido até os pontos que se façam necessário. O estudo teve como base qual a potência e a eficiência que uma roda d' água deveria ter para superar um desnível de solo de aproximadamente 8 m, de modo que a água atinja e abasteça um reservatório localizado no ponto mais alto da propriedade. A presença de ar na entrada da tubulação é o foco deste estudo, pois foi considerado que o pistão da roda d' água impulsiona não somente líquido, mas sim uma mistura bifásica de líquido e gás, resultando uma perda de carga hidráulica com uma conseqüente perda de potência.

O sistema de bombeamento da roda d' água trabalha de modo que a energia potencial (diferença de altura entre a parte superior da represa e a roda de água) é transformada em energia cinética (energia de velocidade), dessa maneira ocorre o transporte da água através de tubulações até as caixas d' água localizadas em partes mais elevadas em comparação ao nível da roda d' água.

A figura abaixo representa o bombeamento em desnível, da represa para as partes mais altas da propriedade rural.

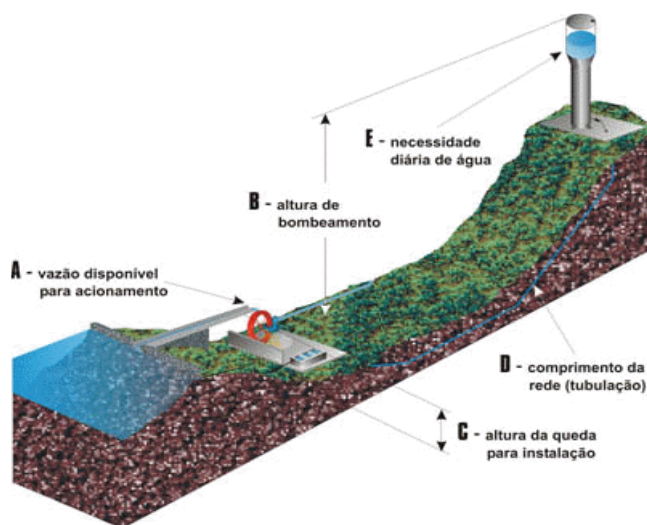


Figura 1: Representação bombeamento em desnível

Vários artigos técnicos foram consultados para a modelagem do problema de escoamento bifásico. A modelagem matemática desse trabalho foi baseada no estudo de Taitel e Dukler (1976), que teve como objetivo a combinação de modelos fenomenológicos e modelos empíricos, relacionando as vazões de gás e de líquido, as propriedades dos fluidos, o diâmetro do tubo e o ângulo de inclinação, através das equações clássicas da mecânica dos fluidos na determinação da diferença de pressão ao longo da tubulação com diâmetros de 1", 1/2" e 3/4". Considerando o escoamento estratificado em equilíbrio, pode-se fazer o balanço das forças para cada fase.

Para a água:

$$-A_L \left(\frac{dp}{dx} \right)_L - \tau_L S_L + \tau_I S_I - \rho_L A_L g(\sin\beta) = 0 \quad (1)$$

Para o ar:

$$-A_G \left(\frac{dp}{dx} \right)_G - \tau_G S_G - \tau_I S_I - \rho_G A_G g(\sin\beta) = 0 \quad (2)$$

Em que: A_L é a área de contato do líquido com a tubulação (m^2);

A_G é a área de contato do gás com a tubulação (m^2);

τ_L é a tensão de cisalhamento do líquido com a tubulação (Pa);

τ_G é a tensão de cisalhamento do gás com a tubulação (Pa);

τ_I é a tensão de cisalhamento na interface líquido-gás (Pa);

S_L é a superfície de contato entre o fluido e a tubulação (m);

S_G é a superfície de contato entre o gás e a tubulação (m);

S_I é a superfície de contato entre o líquido e o gás (m);

ρ_L é a densidade da água (Kg/m^3);

ρ_G é a densidade do ar (Kg/m^3);

$\frac{dp}{dx}$ é a perda de carga do sistema por unidade de comprimento (Pa/m);

β é a inclinação da tubulação (rad).

Igualando os gradientes de pressão das duas fases e assumindo que o gradiente hidráulico para as condições de transição no líquido pode ser desprezado, podem-se isolar os termos de gradiente de pressão e chega-se à equação de equilíbrio do escoamento estratificado:

$$\frac{\tau_G S_G}{A_G} - \frac{\tau_L S_L}{A_L} + \tau_I S_I \left(\frac{1}{A_L} + \frac{1}{A_G} \right) + (\rho_G - \rho_L) g(\sin\beta) = 0 \quad (3)$$

Para a solução da equação de equilíbrio (3), foi utilizado o método iterativo da bissecção que converge o valor de h_L . Após o processo de convergência, determina-se o valor da altura de líquido h_L , que foi utilizado para o cálculo da diferença de pressão total no sistema. Houve uma variação no gradiente de pressão devido à presença de ar na tubulação para os três diâmetros distintos.

Constatou-se que para o menor diâmetro da tubulação (1/2") , ocorreu o maior gradiente de pressão do escoamento bifásico (estratificado), como demonstra a tabela abaixo:

Tabela 1: Velocidade superficial do gás e do líquido, altura de líquido calculada, diferença de pressão total do sistema para o diâmetro de ½ ”.

Velocidade superficial do ar (V_{SG}) em m/s	Velocidade superficial da água (V_{SL}) em m/s	Altura da água (h_L) em m	Diferença de pressão total ($\frac{dp}{dx}$) em (Pa/m)
0,14	14	$1,251654 \times 10^{-2}$	-113289,80
0,28	14	$1,244626 \times 10^{-2}$	-111810,40
0,42	14	$1,239318 \times 10^{-2}$	-110913,20
0,56	14	$1,234887 \times 10^{-2}$	-110274,10
0,70	14	$1,231011 \times 10^{-2}$	-109783,40
0,84	14	$1,227528 \times 10^{-2}$	-109389,70
0,98	14	$1,224341 \times 10^{-2}$	-109060,70
1,12	14	$1,221386 \times 10^{-2}$	-108790,90
1,26	14	$1,218621 \times 10^{-2}$	-108556,80
1,40	14	$1,216115 \times 10^{-2}$	-108354,40

Verificou-se que a presença de ar na tubulação é prejudicial ao escoamento em questão afetando consideravelmente o abastecimento da caixa de água sendo que quanto maior a quantidade de ar, menor o rendimento do bombeamento. Pretende-se em futuros trabalhos verificar a eficiência do modelo adotado, através de comparações com resultados empíricos obtidos da literatura.

Referencias Bibliográfica

- [1]. TAITEL, Y.; DUKLER, A. E. – *A Model for Predicting Flow Regime Transitions in Horizontal and Near Horizontal Gas-Liquid Flow* – AIChE Journal, Vol.22, nº1 Universidade de Houston, Texas: 1976, pág. 47 - 55.
- [2]. Gazley, C. – *Intertacial Shear and Stability in Two-Phase Flow* – Teses de PhD, Universidade Del., Newark: 1964.
- [3]. FOX, R. W.; McDONALD, A. T. – *Introdução à mecânica dos fluidos*. – Livros Técnicos e Científicos; Editora – LTC, 5º ed., Rio de Janeiro/RJ: 2001.