



# ANÁLISE DO EFEITO DE MISTURA SOBRE A CELERIDADE DO TRANSITÓRIO HIDRÁULICO EM ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO VIA MEDIÇÃO INDIRETA E FORMUAÇÕES ANALÍTICAS

Rodrigo Alexandre da Silva Spakovskis<sup>1</sup>  
Edevar Luvizotto Júnior

<sup>1</sup>Companhia de saneamento básico do Estado de São Paulo – Rua Graham Bell, 647 – email: rspakovskis@sabesp.com.br

## 1. Introdução e Objetivos

Operações em estações elevatórias de esgoto envolvem processos de acionamento e desligamento constantes durante um dia. Estes processos são cíclicos e parâmetros hidráulicos são determinados para condições de regime permanente, ou seja, não se consideram alterações significativas dos valores destes parâmetros. A condição denominada transitória (Figura 1) decorre de variações bruscas que possam ocorrer neste regime. A celeridade é uma grandeza importante que governa o fenômeno transitório e sua valoração é fundamental para descrição e quantificação do fenômeno.

Segundo Wylie e Streeter (1978) a celeridade em líquido contendo gases dissolvidos é menor que em líquido puro. Experimentos realizados por Kobori et al. (1955) e Pearsall (1965) (Figura 2), em elevatórias de esgotos, mostraram redução na celeridade de cerca de 75% em relação ao líquido puro dependendo do teor de gás. Alguns autores propuseram equações para celeridade que expressam o comportamento de um líquido com gás incorporado, típico de um sistema de transporte de esgotos.

O trabalho desenvolve estudo comparativo entre as equações propostas em literatura e, através da observação gráfica, verifica quais equações possuem comportamentos semelhantes. Por fim o estudo procura observar o percentual de gás típico em uma elevatória de esgotos.

## 2. Metodologia

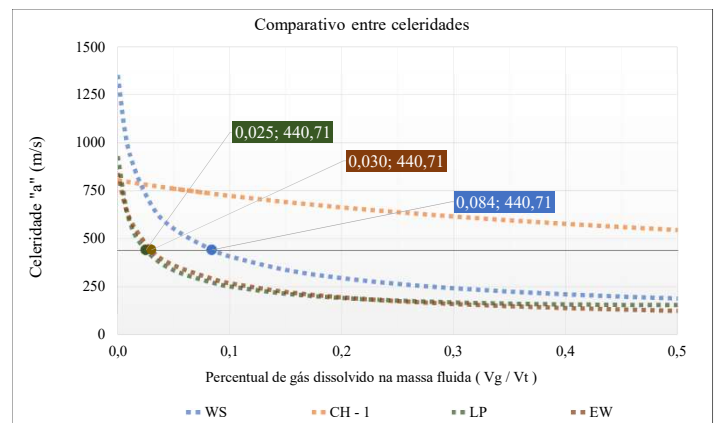
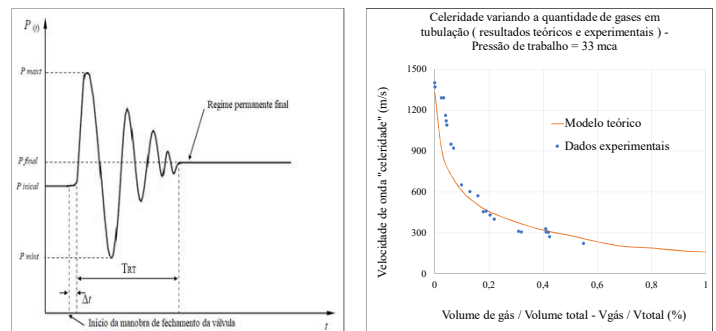
Foram considerados registros de pressões de campo durante evento transitório obtendo indiretamente o valor da celeridade e, com este, investigou-se a aderência das equações propostas por Wylie e Streeter (1978), Chaudry (1979), Ewing (1980) e Lee e Pejovic (1996) ao valor obtido e a quantidade de gás dissolvido necessário para obtê-lo.

Foi usado o módulo de otimização Solver<sup>®</sup>. Para cada equação as variáveis de composição foram limitadas aos valores de literatura e com uma estimativa inicial de gás dissolvido (%). A otimização alterou cada variável até que o valor da celeridade teórica igualasse ao valor empírico.

## 3. Resultados e Discussão

Para a análise de resultados será usado como referência o comportamento da celeridade observado na figura 2. Para que as estimativas iniciais dos valores das celeridades fossem coerentes adotou-se no estudo os mesmos valores das componentes e, assim, os valores iniciais foram discrepantes entre si. A maior diferença percentual negativa foi para  $a_{WS}$ , -75% e que possuía o maior número de variáveis. A maior diferença percentual positiva foi para  $a_{CH}$ , 38%. A menor diferença, em módulo, entre o valor estimado inicial e o valor da celeridade da instalação foi encontrado em  $a_{CH}$  um valor absoluto 167,22 m/s. A variável que teve o maior percentual de modificação foi o módulo de elasticidade volumétrica do gás ( $K_{gas}$ ) com 18,2% de alteração, indicando a influência do gás dissolvido na equação  $a_{EW}$ .

Para a análise apenas do percentual de gás observa-se que, de forma inversamente proporcional aos valores iniciais da celeridade, a equação  $a_{CH}$  foi a de maior alteração percentual, cerca de 100% de aumento do volume inicial de gás e sendo esta equação a que mais aproximou seu valor inicial da celeridade da instalação em módulo. Na análise de qual equação teve seu valor de gás presente na mistura reduzido temos a equação  $a_{WS}$ , com cerca de 83,2% de redução em relação ao valor inicial estimado e é a única equação que em sua formulação não considera nenhum tipo de pressão, seja permanente ou transiente.



## 4. Conclusões

Conforme figura 3, observa-se que as equações  $a_{WS}$ ,  $a_{EW}$  e  $a_{LP}$  foram as que mais se assemelharam com o "gráfico referência", sendo a equação  $a_{CH}$  de comportamento destoante. Dentre as que mais se assemelharam, as que possuem trajetórias praticamente idênticas variando o percentual de volume de gás na mistura ( $V_{gas}$ ), temos as equações  $a_{EW}$  e  $a_{LP}$ . Conclui-se que das equações analisadas as que mais representam o comportamento da instalação de recalque são as propostas por Ewing (1980),  $a_{EW}$  e Lee e Pejovic (1996)  $a_{LP}$  e, sendo assim, qualquer uma das duas equações poderia ser aplicada para o estudo do fenômeno do transitório hidráulico em uma elevatória de esgotos que possuísse as características semelhantes com as da elevatória Jardim Jacira.

Por fim observar que, uma vez estabelecido que as equações  $a_{EW}$  e  $a_{LP}$  são as que representam melhor a elevatória em estudo, o teor de gás obtido pelo processo de otimização usado representa a realidade do sistema. Assim é possível estabelecer que o percentual de gás dissolvido na instalação estudada é de 0,028%, valor que pode ser usado como parâmetro para outros estudos do fenômeno para sistemas de características semelhantes.

## 5. Referências

- 1 - CHAUDHRY, M. H. Applied hydraulic transients, 1º Edition, Van Nostrand Reinhold, New York, 1979.
- 2 - EWING, D. J. F. Allowing for free air in water hammer Analysis. Proc., 3rd Int. Conf. On Pressure Surges, BHRA, Canterbury, U.K., pp. 127- 146, 1980.
- 3 - LEE, T. S.; PEJOVIC, S. Air Influence on Similarity of Hydraulic Transients and Vibrations. ASME Journal of Fluids Engineering, Vol.118, No.4, December 1996, pp. 706-709.
- 4 - WYLIE, E. B.; STREETER, V. L. Fluid Transients. McGraw-Hill, USA, 1978.