

I-053 - PRESENÇA DE AR EM CONDUTO FORÇADO OPERANDO POR GRAVIDADE: ESTUDO DE CASO

Marcos Rocha Vianna⁽¹⁾

Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos Mestre em Hidráulica e Saneamento. Engenheiro civil. Professor da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC, Belo Horizonte Minas Gerais, Brasil.

Débora Salomé Möller

Acadêmica de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC (FEA/FUMEC).

Endereço⁽¹⁾: Rua Cobre, 200 - Bairro Cruzeiro - CEP: 30.310-190 - Belo Horizonte / MG – Brasil – e-mail: mrvianna@fumec.br

RESUMO

Um conduto forçado operando por gravidade apresentava desempenho inferior ao esperado, por transportar capacidade de transporte de vazão inferior à determinada através do cálculo hidráulico. Aventou-se a hipótese de que houvesse ar aprisionado em seu interior. Entretanto, à primeira vista, o perfil do referido conduto não favorecia esse aprisionamento.

Estudos teóricos foram contratados para examinar de modo mais cuidadoso essa possibilidade. Eles foram complementados por observações realizadas em modelo físico instalado em laboratório.

Construiu-se, no laboratório de hidráulica, um modelo físico da tubulação existente. Ele possibilitava que pequenas modificações fossem introduzidas no perfil desse modelo.

Este trabalho descreve a instalação estudada, os problemas encontrados e as soluções recomendadas, confrontando-os com as observações encontradas na literatura técnica e efetuadas em laboratório.

Como resultado, observou-se que, de fato, o perfil da tubulação era capaz de permitir o aprisionamento de ar em pontos singulares do perfil. Além disto, observou-se que esse aprisionamento poderia ser evitado através da instalação de tubos ventiladores nesses locais.

PALAVRAS-CHAVE: Aprisionamento de ar em condutos forçados, condutos forçados, ventilações, ventosas.

INTRODUÇÃO

Uma empresa de engenharia deparou-se com um problema hidráulico, no qual constatou que um conduto forçado operando por gravidade apresentava desempenho inferior ao esperado, por transportar vazão inferior a determinada através do cálculo hidráulico. Aventou-se a hipótese de que houvesse ar aprisionado em seu interior. Entretanto, à primeira vista, o perfil do referido conduto não favorecia esse aprisionamento.

Estudos teóricos foram contratados para examinar de modo mais cuidadoso essa possibilidade. Eles foram complementados por observações realizadas em modelo físico instalado em laboratório. Como resultado, observou-se que, de fato, o perfil da tubulação era capaz de permitir o aprisionamento de ar em pontos singulares do perfil. Além disto, observou-se que esse aprisionamento poderia ser evitado através da instalação de tubos ventiladores nesses locais.

Este trabalho descreve a instalação estudada, os problemas encontrados e as soluções recomendadas, confrontando-os com as observações encontradas na literatura técnica e efetuadas em laboratório.

MATERIAIS E MÉTODOS

Construiu-se, no laboratório de hidráulica, um modelo físico da tubulação existente, var Figura 1. Ele possibilitava que pequenas modificações fossem introduzidas no perfil desse modelo.

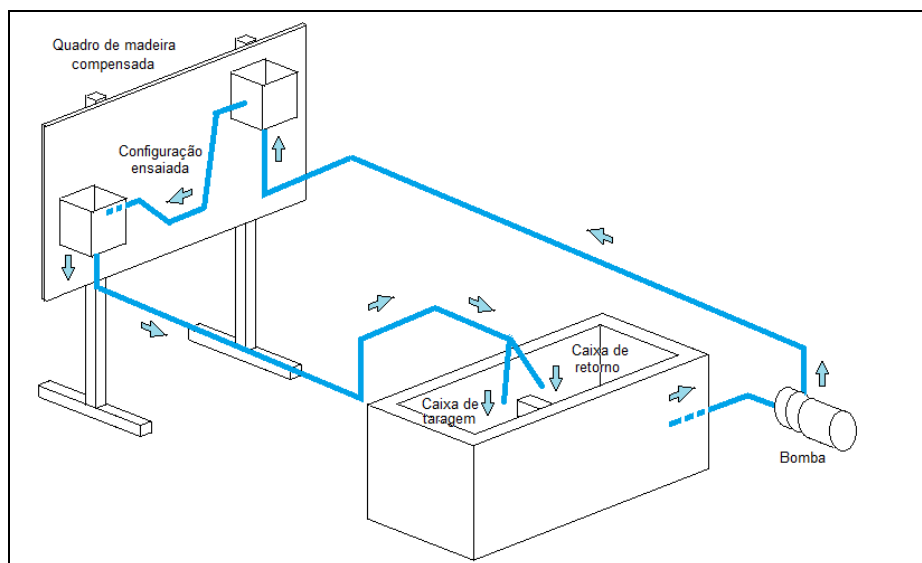
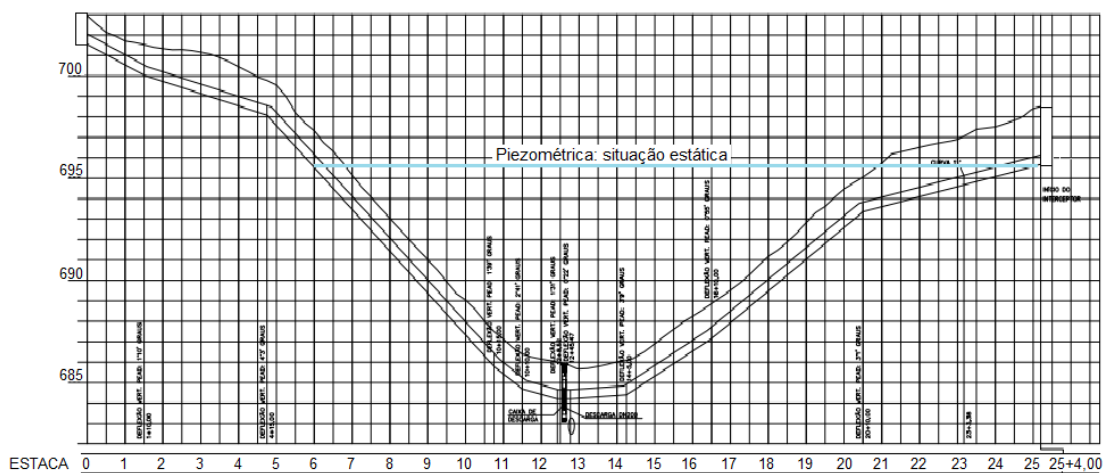


Figura 1: Conjunto construído para os ensaios

O modelo físico implantado procurou aproximar-se do perfil da tubulação existente, ver Figuras 2 (perfil real) e 3 (modelo físico). Representa-se, no perfil da Figura 2, a linha piezométrica correspondente à situação estática.



Fig

ura 2 – Perfil da canalização estudada e piezométrica correspondente à situação estática.



Figura 3 – Modelo físico ensaiado: foto.

Com o modelo físico foi possível realizar diversos ensaios, nos quais, foram calculadas vazões, perdas de cargas, velocidade, entre outros parâmetros, importantes para o entendimento do funcionamento do conduto. A análise do escoamento do sistema foi também considerada uma medida para a compreensão do perfil.

MEDIÇÃO DE VAZÃO

Para que a medição de vazão fosse possível foi utilizado o método volumétrico, em que a água é desviada da caixa de retorno para a caixa de taragem, ver figura 4. A mudança da direção é feita por um basculante para desvio de vazão.

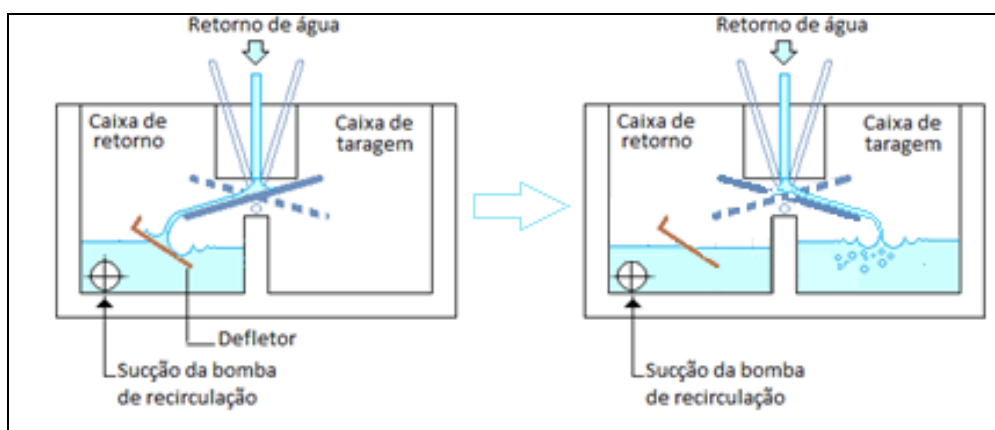


Figura 4: Medição de vazão.

A água é desviada por um tempo determinado contado no cronômetro, e no instante que chegar ao tempo estipulado o sentido do escoamento volta para caixa de retorno. Assim, conhecidos o volume desviado para a caixa de taragem e o tempo de desvio, é possível calcular a vazão naquela situação.

A caixa de taragem possui área da base igual a 0,32 m², e para que o volume de água seja obtido deve-se medir a altura da lamina d'água. Após a medição faz-se o produto da altura com área, e assim é obtido o volume. A fórmula (1) utilizada para encontrar o volume foi a seguinte:

$$V = A_c \cdot h$$

fórmula (1)

em que:

V = Volume de água desviado.

A_c = Área da base da caixa de taragem.

H = Altura da lamina d'água.

É importante ressaltar que o volume acumulado na caixa de taragem corresponde ao volume do tempo estipulado de 30 segundos para todas as medições.

Por definição, a vazão é o “volume de água que escoou através de determinada seção durante determinado tempo” (VIANNA, 2014). Assim sendo, aplicou-se a fórmula (2) para cada ensaio:

$$Q = \frac{V}{t}$$

fórmula (2)

O tempo de desvio foi de 30 segundos em todos os ensaios. Portanto, obtém-se a fórmula (3):

$$Q = \frac{V_d}{30}$$

fórmula (3)

em que:

Q = Vazão (m^3/s)

V_d = Volume desviado (m^3)

Conhecidas a vazão e a área de escoamento interna do conduto, através da fórmula (4) pode-se obter a velocidade média de escoamento.

$$U = \frac{Q}{A} \times 1000000$$

fórmula (4)

em que:

U = velocidade média de escoamento no interior do conduto (m/s)

Q = vazão (m^3/s)

A = área de escoamento interno do conduto (mm^2)

ENSAIOS REALIZADOS

Através das medições das vazões e determinação das velocidades medias correspondentes foi possível associar os valores encontrados, aos fenômenos observados.

Para a determinação do diâmetro médio, procedeu-se do modo a seguir. O do tubo flexível (mangueira plástica) utilizado no modelo físico foi completamente preenchido com água. Essa água foi então transferida para o interior uma proveta graduada, o que permitiu medir seu volume. Dividindo o volume assim obtido pelo comprimento da mangueira, encontrou-se sua área interna média (m^2). Determinou-se então o diâmetro médio da seção de escoamento através da fórmula (5).

$$D = \sqrt{\frac{4A_c}{\pi}}$$

fórmula (5)

em que:

D = diâmetro interno médio do conduto

A_c = área do conduto

Apresentam-se na tabela 1 os valores encontrados.

1 2: Valores encontrados para a determinação do diâmetro interno médio do conduto.

Medição do diâmetro médio do conduto*	
Comprimento - L (m)	0,6
Volume - V (ml)	155
Volume - V (L)	0,155
Volume - V (m³)	0,000155
Área do conduto - A_c (m²)	0,00026
Diâmetro interno médio D (m)	0,01814
Diâmetro interno médio - D (cm)	1,814

INSTALAÇÃO DE VENTILAÇÃO

Desde os primeiros ensaios realizados, constatou-se a conveniência de se instalar um tubo ventilador pouco a jusante da entrada no conduto, imediatamente a montante do cotovelo 45°, ver figura 5. Ela possibilitou a eliminação da bolsa de ar que se formava nesse local, quando as vazões ensaiadas eram pequenas, e a ocorrência de sifonagens do sistema, quando as vazões eram elevadas.

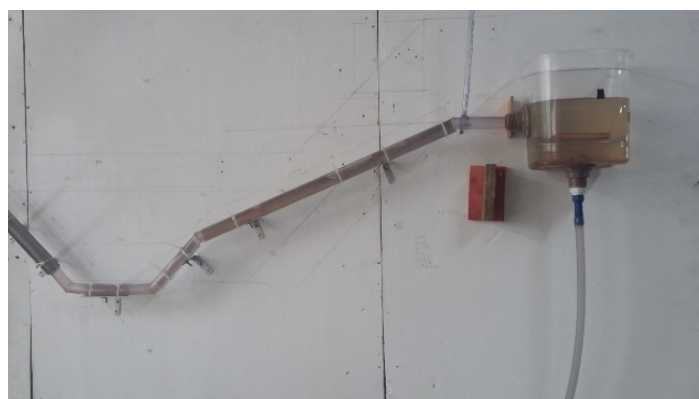


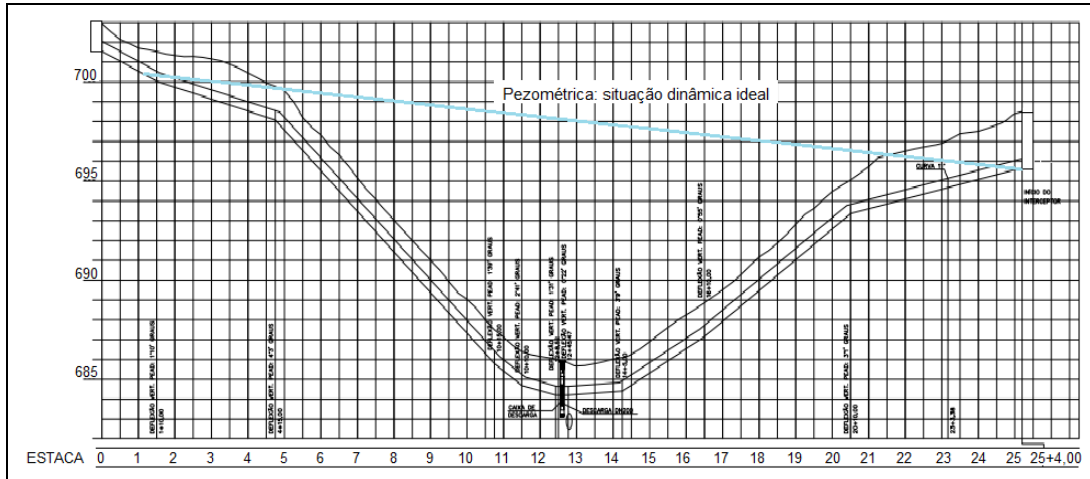
Foto 5: Ventilação instalada no sistema.

RESULTADOS OBTIDOS

É importante destacar que o caso estudado se trata de um sifão para transporte de esgoto sanitário.

Das muitas observações anotadas no estudo realizado, destaca-se a seguir apenas a que se refere especificamente à possibilidade de aprisionamento de ar em ponto de mudança brusca de declividade. Outras observações, referentes ao restante do conduto forçado, serão apresentadas na íntegra do trabalho.

A possibilidade de aprisionamento de ar foi constatada experimentalmente no ponto de mudança brusca de declividade, ver Figuras 6, 7 e 8, corroborando observações apresentadas por Lescovich (1972).



Figura

6 – Linha piezométrica correspondente à situação ideal da tubulação, sem ar aprisionado.

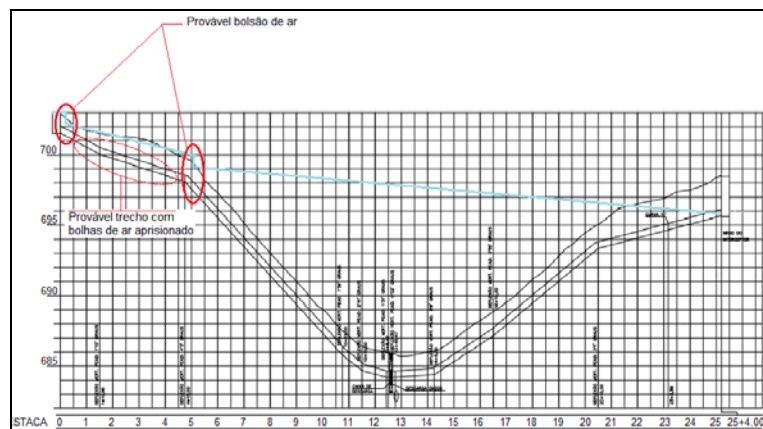


Figura 7 – Linha piezométrica correspondente à situação provável da tubulação, com ar aprisionado.

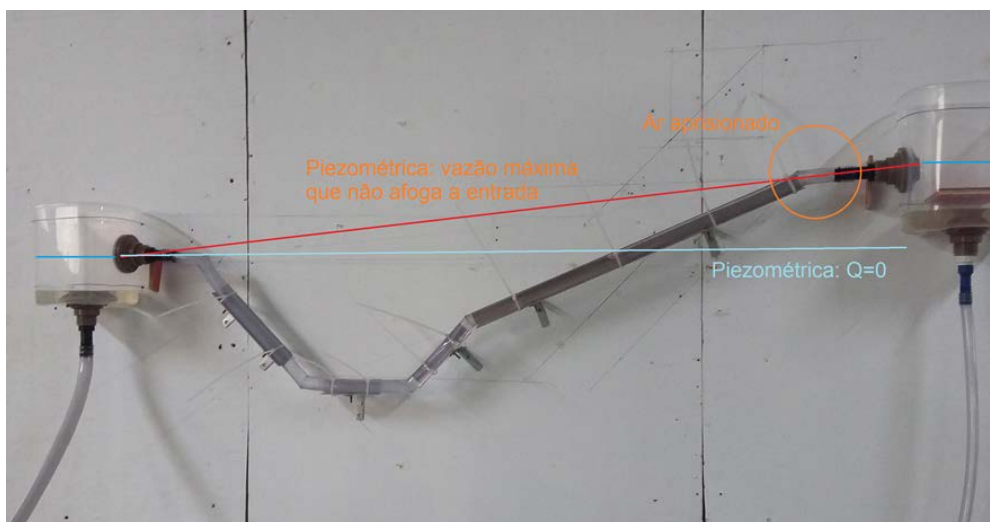


Figura 8 – Linhas piezométricas e ar aprisionado: foto.

Do estudo efetuado, resultou a elaboração do projeto de duas ventilações: a primeira imediatamente a jusante da entrada na canalização e a segunda na mudança de declividade do trecho descendente, ver Figura 9.

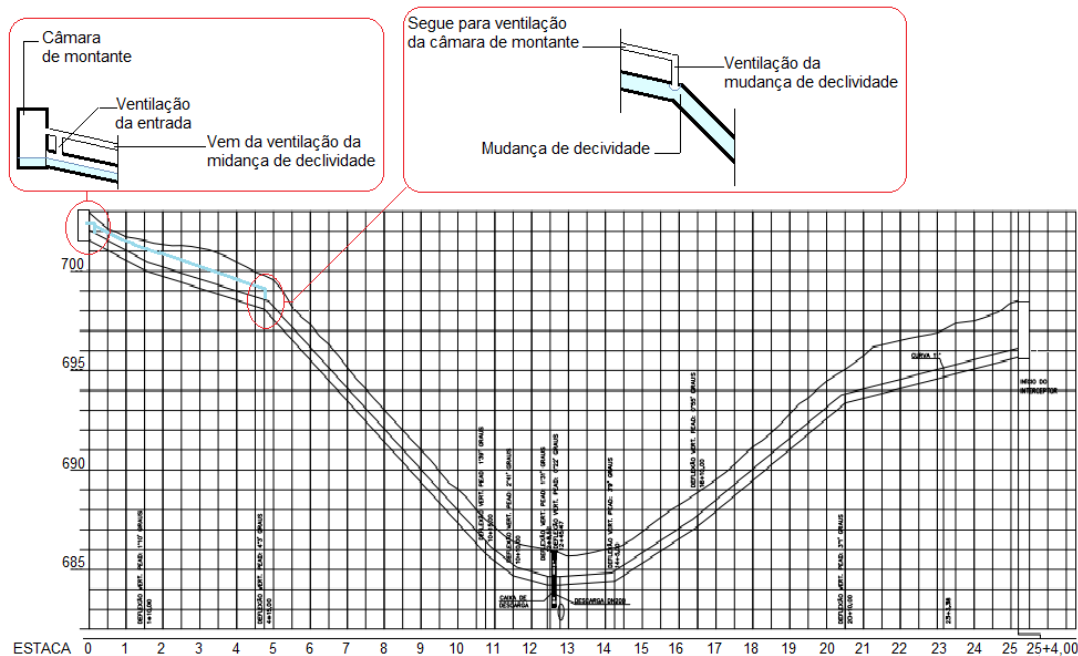


Figura 9 – Resultado do estudo: ventilações recomendadas.

CONCLUSÃO

O estudo realizado mostrou que o aprisionamento de ar é de fato possível, podendo levar à redução da capacidade de transporte constatada na prática. Maiores considerações e detalhes serão apresentados na íntegra do trabalho.

O estudo do caso apresentado mostra que a literatura técnica utilizada no projeto de condutos forçados operando por gravidade não destaca, com a ênfase desejada, a necessidade de ventilação de pontos especiais desses condutos. De modo geral, elas se restringem à instalação de suspiros e ventosas nos pontos altos dos perfis.

Recomenda-se a elaboração de estudos experimentais a esse respeito.

Da mesma forma, recomenda-se que os cursos de graduação e especialização em hidráulica destaquem a possibilidade da ocorrência do aprisionamento de ar em casos semelhantes ao estudado.

AGRADECIMENTOS

Os autores manifestam seus mais profundos agradecimentos à empresa Engesolo Engenharia Ltda., que patrocinou a realização deste trabalho através da contratação da acadêmica Débora Salomé Mólles como estagiária da empresa e bolsista de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LESCOVICH, Joseph E. Locating and Sizing Air-Release Valves. Journal American Water Works Association. V. 64, No. 7, p. 457-461, Jul.1972.
2. VIANNA, Marcos R. Mecânica dos fluidos para engenheiros. Nova Lima, Imprimatur, 2009. 509 p.