

I-179 - TRANSIENTE HIDRÁULICO: ESTUDO DE CASO EM UMA LINHA DE RECALQUE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO INTEGRADO DE CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA

Mariele de Souza Parra Agostinho⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestranda em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento, da UFPR. Engenheira Civil na Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Juliana Seixas Pilotto⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento, da UFPR. Engenheira Civil na Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Endereço⁽¹⁾: Avenida João Gualberto, 1259, 10º Andar - Juvevê - Curitiba - PR - CEP: 80.030-001 - Brasil - Tel: +55 (41) 3582-2162 - e-mail: marielespa@sanepar.com.br

RESUMO

As ameaças causadas por transiente hidráulico é um dos principais problemas enfrentados nos sistemas de água brasileiros. O artigo consiste na análise de transiente hidráulico uma adutora pertencente ao Sistema de Abastecimento Integrado de Curitiba e Região Metropolitana, a qual sofreu alteração de suas condições de contorno durante seu período de operação, sendo avaliados três cenários de estudo: a) condição inicial da linha, conforme concepção do projeto original; b) intervenção realizada durante a operação da linha; e, c) proteção ao sistema para nova condição de operação.

O estudo de caso confirma a necessidade de análise criteriosa do transiente hidráulico para qualquer tipo de modificação nas condições de contorno de um sistema existente, a fim de avaliar a eficiência dos dispositivos já instalados e a necessidade de implantação de dispositivos específicos para nova condição.

PALAVRAS-CHAVE: Transiente Hidráulico, Saneamento, Sistema de Abastecimento de Água.

INTRODUÇÃO

As ameaças causadas por transiente hidráulico juntamente com o alto custo de energia, escassez de água, vazamento contínuo e frustração dos clientes são os principais problemas enfrentados nos sistemas de água brasileiros.

O fenômeno de transiente hidráulico é definido como um fluxo instável, que é transmitido com uma onda de pressão no sistema de tubulações (CHAUDRY, 1979). Para Wylie e Street (1993), escoamento em regime permanente é aquele no qual não há variação das condições em qualquer ponto com o tempo, já em escoamento transiente as condições do escoamento irão sofrer variações com o tempo.

Em geral, qualquer perturbação gerada na água durante uma mudança nas condições de fluxo estacionárias iniciará uma sequência de pressões transitórias no sistema de abastecimento de água. Os distúrbios normalmente originam-se de mudanças ou ações que afetam dispositivos hidráulicos ou condições de contorno, como: partida ou desligamento de bomba, abertura ou fechamento de válvulas, válvula de retenção, mudanças entre outros. (WOOD, 2005).

De acordo com Karney & McInnis (1990), as condições transitórias podem romper tubulações diretamente por pressão excessiva ou podem explorar uma fraqueza existente, como corrosão, pressões de terra, falhas de construção, para danificar o tubo indiretamente.

Se as pressões forem excessivamente elevadas, a pressão suportada pela adutora pode ser excedida, causando: falhas na tubulação, ruptura das juntas ou movimento nas conexões, os quais podem resultar em vazamento. Já, se ocorrerem condições de pressão sub-atmosférica, o risco de colapso da linha é maior para alguns tipos de

materiais, diâmetros e espessuras de parede. Mesmo que a tubulação não colapse, se a pressão na tubulação for reduzida a pressão de vapor do líquido, pode ocorrer separação da coluna, podendo causar flexão, que pode danificar o revestimento das tubulações, e em casos mais críticos, o rompimento da tubulação (WALSKI e KOELLE, 2003).

O objetivo do presente artigo consiste na análise do transiente hidráulico de uma adutora existente em sua concepção de sistema original e com alterações realizadas durante a operação da mesma.

METODOLOGIA

O objeto de estudo é uma adutora pertencente ao Sistema de Abastecimento Integrado de Curitiba e Região Metropolitana, no Estado do Paraná (PR), o qual é atendido pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

A adutora transporta água tratada da Estação de Tratamento de Água – ETA Iraí ao Centro de Reservação Piraquara através de bombeamento por uma tubulação de 9,8 km de comprimento, diâmetro nominal de 400 mm, e material de ferro dúctil, possuindo tubos e conexões flangeadas no barrilete de recalque, e tubos e conexões elásticas K7 em todo restante de seu comprimento.

O bombeamento de água dá-se por uma estação elevatória composta por 3 conjuntos moto bombas, sendo 2 em operação e 1 reserva. Cada um dos conjuntos possui as seguintes características: a) Bomba: KSB RDL V 150-500 A com altura manométrica de 125 m.c.a., vazão de 100 l/s e rotor com diâmetro de 490, b) Motor: Gevisa com potência de 350 CV, partida com soft starter, tensão de 440 V, corrente: 395 A e rotação de 1175 r.p.m.

O Reservatório da ETA Iraí está localizado na cota 874,50 m com nível máximo em 879,90 m e possui volume de 15.000 m³. Já o reservatório Piraquara, localiza-se na cota 941,52 m com nível máximo em 954,52 m e possui 3.500 m³. Sendo, portanto, o desnível máximo de 80,02 m e o mínimo de 70,82 m.

A adutora conta como sistema de proteção a eventos transitórios com um reservatório hidropneumático - RHO, conforme Figura 01, para proteção ao transiente hidráulico com as seguintes características: tipo selado (com ar comprimido); posição vertical; diâmetro de 1,55 m; altura (terreno até calota superior) de 5,30 m; Nível de água inicial: 882,40 m; Nível normal de água: 882,40 m; volume total: 6,0 m³; volume de gás inicial: 1,415 m³; altura entre base do RHO e eixo da adutora: 1,23; classe de pressão adotada no Projeto: PN 16; tubulação de entrada no tanque: DN 250 com extensão de 8,24 m.



Figura 1: RHO da linha Iraí Piraquara

Foi simulado o transiente hidráulico decorrente de uma queda de energia na ETA Iraí, ocasionando o desligamento dos conjuntos moto bomba que recalcam água para o Reservatório Piraquara.

Para simulação do transiente hidráulico utilizou-se o software Hammer, da Bentley, o qual emprega um método de cálculo euleriano, conhecido como Método das Características. Este método calcula os resultados ao longo do tubo e capta com precisão as mudanças críticas que poderiam ser perdidas, uma vez que pressões extremas nem sempre ocorrem nas juntas do sistema ou pontos altos e baixos.

Foram estudados três cenários de estudo, sendo:

- Cenário A: condição inicial da linha, conforme concepção do projeto original.
- Cenário B: intervenção realizada durante a operação da linha.
- Cenário C: proteção ao sistema para nova condição de operação.

RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

Os resultados serão apresentados para os três cenários de estudo:

Cenário A: Concepção original da linha

Na concepção original da linha previu-se que a tubulação chegaria ao Reservatório Piraquara com entrada próxima ao nível mínimo de água do mesmo, sem válvula de retenção, e a linha seria protegida contra eventos transitórios pelo Reservatório Hidropneumático com as características citadas. O resultado da simulação desse cenário é apresentado nas Figuras 2 e 3, a seguir.

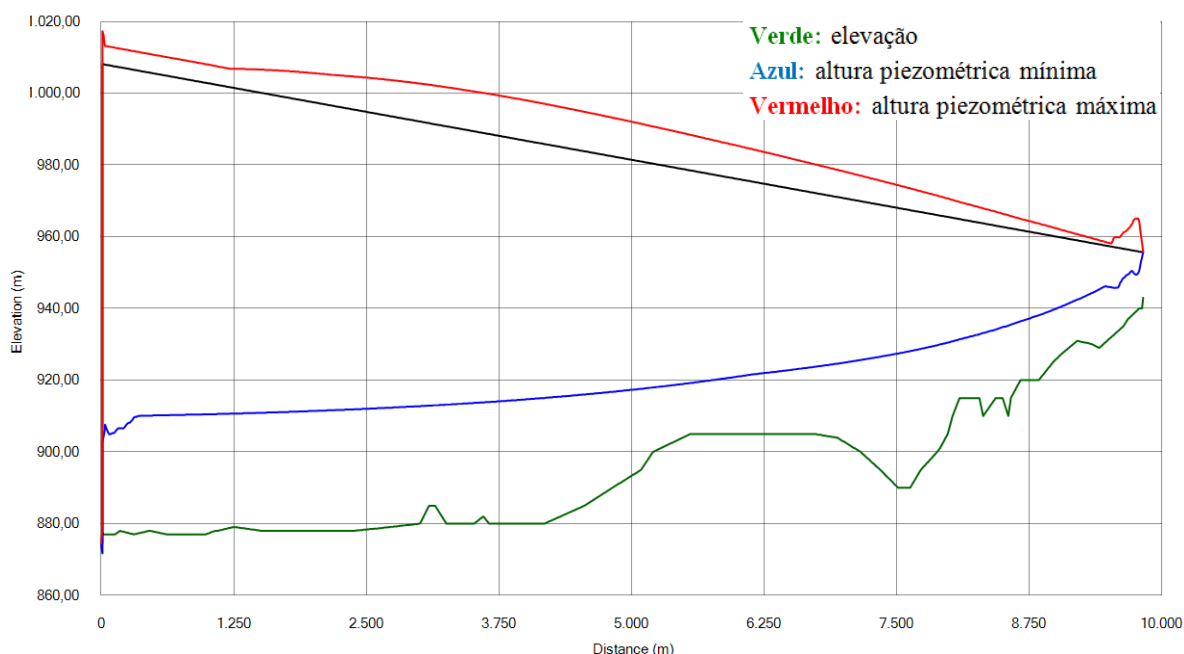


Figura 2: Cenário A – Linha piezométrica na adutora sem válvula de retenção

Pela análise dos gráficos, tem-se que durante a situação de transiente a pressão mínima é em torno de 10 m.c.a., acima da pressão atmosférica; e a pressão máxima 130,2 m.c.a.

Em relação à sobrepressão, a pressão máxima de serviço é de 360 m.c.a. para tubos ponta e bolsa em ferro dúctil DN 400 com junta elástica K7, 510 m.c.a. nas conexões com junta elástica e 200 m.c.a. nas conexões flangeadas.

Portanto a sobrepressão de 130,2 m.c.a. resultante é resistida pelas características da tubulação e o dispositivo previsto na concepção do sistema foi corretamente dimensionado.

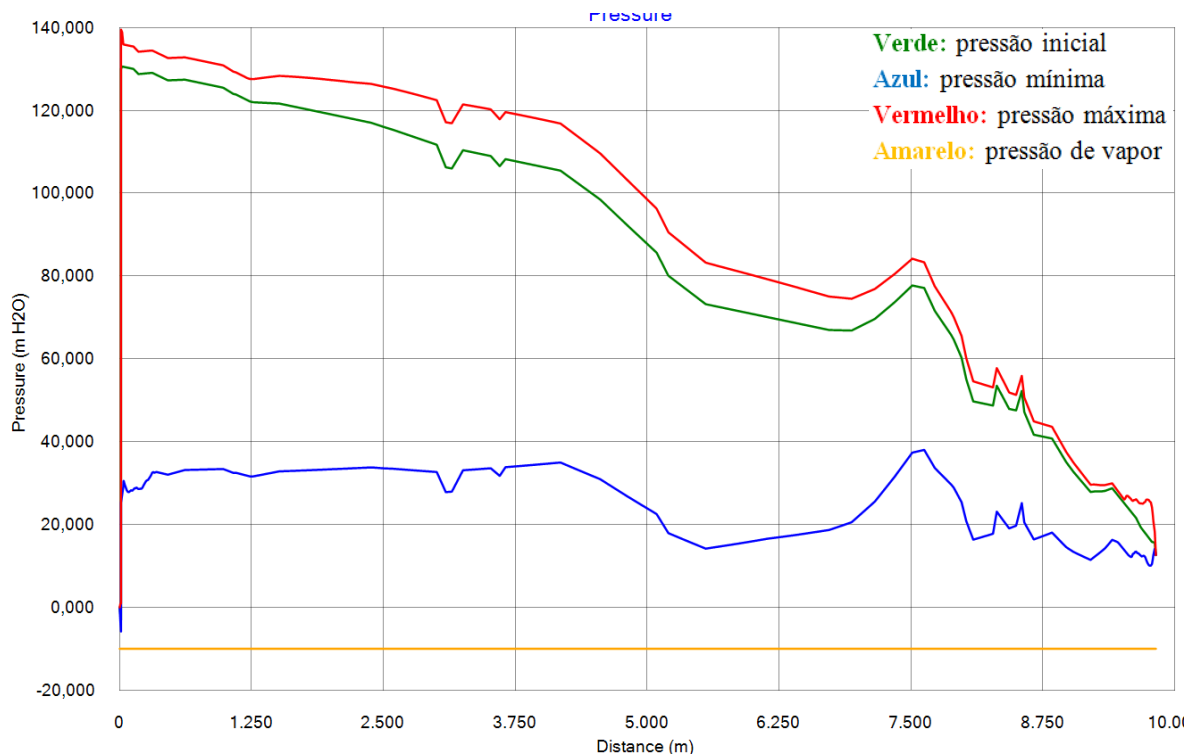


Figura 3: Cenário A – Pressão na adutora sem válvula de retenção

Cenário B: Concepção original com intervenções operacionais

Durante operação, a fim de evitar o retorno da água do Reservatório Piraquara para tubulação e garantir o abastecimento da rede de distribuição desse reservatório nos horários em caso de rompimento da linha, foi instalada uma válvula de retenção na chegada da adutora. Como havia um RHO que protegia a linha, a válvula de retenção foi implantada sem análise de transiente para nova condição.

Com a nova condição, percebeu-se um acúmulo de ar próximo a chegada do reservatório, então se averiguou o transitório hidráulico para nova condição, e o resultado é apresentado nas Figuras 4 e 5, a seguir.

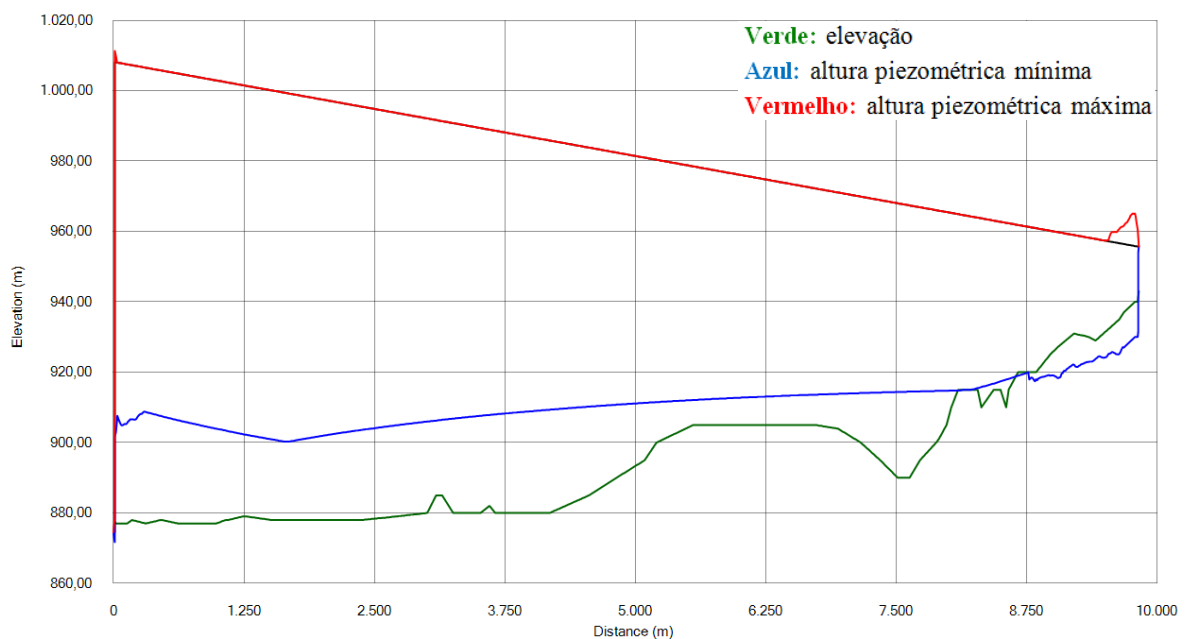


Figura 4: Cenário B – Linha piezométrica na adutora com válvula de retenção

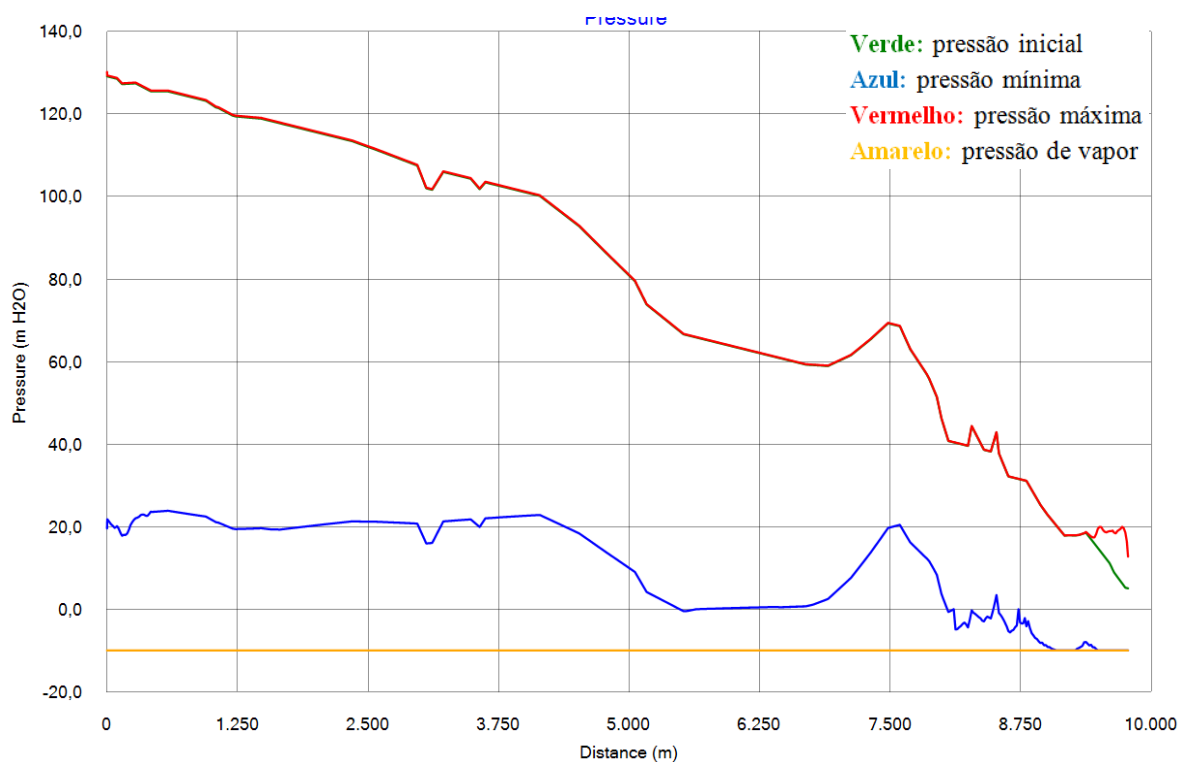


Figura 5: Cenário B – Pressão na adutora com válvula de retenção

Pela análise dos gráficos, tem-se que durante a situação de transiente a pressão mínima de vácuo por cerca de 500 metros próximo ao reservatório; e a pressão máxima 130,2 m.c.a., resistida pelas características da tubulação. Ou seja, a tubulação estava exposta ao risco de colapso ou de danificação de seu revestimento interno.

Cenário C: Proteção ao sistema para nova condição operacional

A fim de solucionar a separação da coluna d'água, causada pela subpressão, simularam-se novos dispositivos de proteção para adutora, e a solução que apresentou melhor custo-benefício foi a de a implantação de uma ventosa tríplice função, ou seja, com função de admitir e expulsar grandes quantidades de ar, e expulsar pequenas quantidades de ar durante a operação, devendo possuir diâmetro nominal de 100 mm e ser instalada próximo à chegada do reservatório Piraquara na cota: 940 metros e a 9748 metros de distância do reservatório Iraí.

Considerando o cenário em que há válvula de retenção na chegada da adutora no Reservatório Piraquara e ventosa no ponto especificado, tem-se o resultado nas Figuras 5 e 6.

Pela análise dos gráficos, tem-se que durante a situação de transiente a pressão mínima é -3,4 m.c.a., não atingindo a pressão de vapor, e pelo material da adutora, as juntas são capazes de vedar completamente evitando problemas de contaminação na água transportada. Em relação à pressão máxima, é de 130,2 m.c.a., sendo resistida pelas características da tubulação.

Portanto, para as condições atuais o sistema de proteção proposto atende as condições transitórias que a adutora está submetida. O correto funcionamento da linha dependerá também de uma manutenção eficiente destes dispositivos, sendo recomendada que a mesma seja feita regularmente.

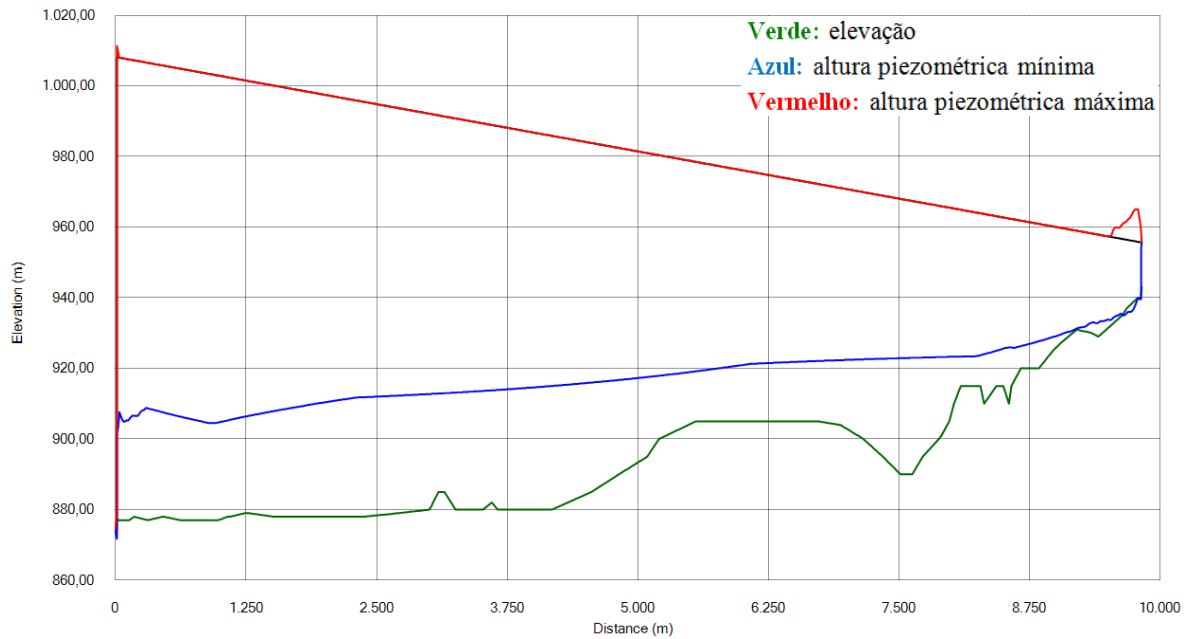


Figura 4: Cenário C – Linha piezométrica na adutora com válvula de retenção e ventosa

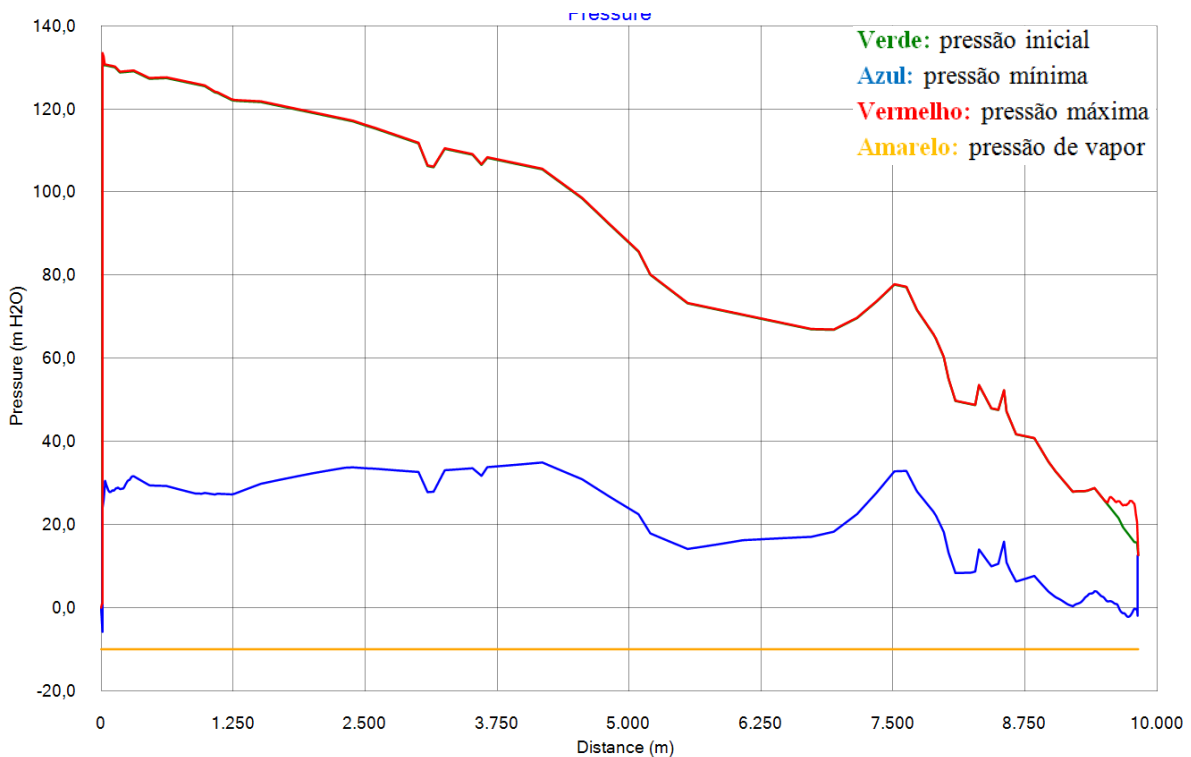


Figura 5: Cenário C – Pressão na adutora com válvula de retenção e ventosa

CONCLUSÕES

A análise conjunta do transiente hidráulico na fase de projeto do sistema de água, a implantação correta do projeto e a manutenção preventiva associada à operação adequada são a chave para garantir o aumento da vida útil de sistemas existentes, proteção contra falhas catastróficas, confiabilidade de operação aos sistemas e sustentabilidade dos sistemas de saneamento.

O estudo de caso confirma a necessidade de análise criteriosa do transiente hidráulico para qualquer tipo de modificação nas condições de contorno de um sistema existente, a fim de avaliar a eficiência dos dispositivos já instalados e a necessidade de implantação de dispositivos específicos para nova condição.

Além disso, verificações regulares de transitórios hidráulicos possibilitam a reavaliação de procedimentos operacionais, como partida e parada de bomba, utilização de inversores de frequência, funcionamento de válvulas, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHAUDHRY M. H. (1979). *Applied Hydraulic Transients*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
2. WOOD, D. (2005). *Waterhammer Analysis – Essential and Easy (and Efficient)*. *Journal of Environmental Engineering*. Vol. 131, No. 8, Agosto 1, 2005. ASCE, ISSN 0733-9372/2005/8-1123–1131. Pg.1123 – 1131.
3. KARNEY, B., and MCINNIS, D. (1990). *Transient analysis of water distribution systems*. *J. AWWA*, R2(7), 62-70.
4. WYLIE, E. B.; STREETER L. V. *Fluid Transient in Systems*. New Jersey: Prentice-Hall, 1993. 463p.
5. WALSKI, T. M.; KOELLE, E. Transients in Hydraulic Systems. In: WALSKI, T. M.; CHASE, D. V.; SAVIC, D. A.; GRAYMAN, W.; BECKWITH, S.; and KOELLE, E. *Advanced Water Distribution Modeling and Management*. 1. ed. Waterbury, CT, 2003. cap.13, p. 573-623.