

## AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA DE ADUTORAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA CONSIDERANDO EFEITOS DINÂMICOS TRANSITÓRIOS

Larissa Yukari Matusmoto Furuya\*, Edevar Luvizotto Júnior.

### Resumo

Adutoras a condutos forçados são as principais estruturas de transporte de um sistema de abastecimento de água. Devem merecer atenção especial na fase de projeto, em sua execução e no transcorrer de seu período de utilização. Atualmente o conceito de resiliência está sendo aplicado aos projetos de redes de distribuição de água, o qual pode ser entendido como a capacidade do sistema de se adaptar a situações adversas de maneira a continuar desempenhando a função para o qual foi projetado. A pesquisa proposta visa aplicar o conceito de resiliência aos projetos de sistemas adutores de água.

**Palavras-chave:** Resiliência, Adutoras, Efeitos Dinâmicos Transitórios.

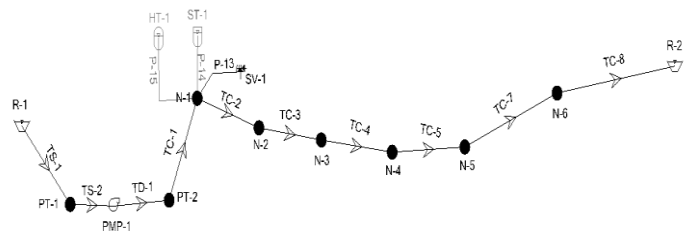
### Introdução

As adutoras são as tubulações de maiores diâmetros em um sistema de abastecimento de água e percorrem longas distâncias sob acentuados desníveis geométricos, razões pelas quais seu custo de implantação, operação e manutenção são significativos.

Devem merecer atenção especial na fase de projeto, em sua execução e no transcorrer de seu período de utilização, uma vez que sua falha pode comprometer parcial ou totalmente o abastecimento vinculado a esta e, sua inadequação operacional resultar em custos operacionais e de manutenção elevados.

Nesta pesquisa é proposto um coeficiente para avaliar a resiliência de adutoras de água sujeitas a efeitos dinâmicos, decorrentes de transitórios hidráulicos resultantes de manobras de válvulas e bombas. O coeficiente avalia as principais causas de danos, relacionadas às pressões máximas, mínimas, ocorrência de vaporização, forças nas junções e número de ciclos de compressão e descompressão.

O índice proposto foi aplicado à instalação indicada na figura, na análise de quatro possíveis soluções de proteção (VAG-válvula antecipadora, VAL-Válvula de alívio, TAU-Tanque unidirecional, RHO-Reservatório hidro-pneumático). Foi considerado  $W_i=1$  com os valores limites de cada parâmetro indicados na tabela (linha L). As simulações empregaram o programa Hammer da Bentley. Os resultados mostram que apenas a solução com TAU é adequada, mas ainda com baixa resiliência.



**Figura 1.** Adutora com alternativas de proteção

### Resultados e Discussão

O índice de resiliência (IR) proposto pela pesquisa foi definido como:  $IR = \min (W_1R_1, W_2R_2, \dots, W_5R_5)$ , em que:

$$R_i = \frac{2}{1 + e^{-4x_i}} - 1$$

Com,

- $x_1 = 1 - P_{\max} / P_{rup}$
- $x_2 = 1 - P_{\min} / P_{vapor}$
- $x_3 = 1 - V_{\max} / \%V_t$
- $x_4 = 1 - F_{\max} / F_b$
- $x_5 = 1 - N_{vu} / N_{50}$

Sendo:

$P_{rup}$  a pressão de ruptura da tubulação,  $P_{\max}$  a Pressão máxima na seção avaliada,  $P_{vapor}$  a pressão de vapor do líquido,  $P_{\min}$  a pressão mínima na seção analisada.  $\%V_t$  porcentagem do volume da tubulação,  $V_{\max}$  volume de vapor máximo na seção analisada,  $F_b$  a Força base de resistência das junções,  $F_{\max}$  o módulo da força máxima atuante na seção analisada,  $N_{50}$  – número de ciclos que reduz em 50% a tensão admissível do material da tubulação,  $N_{vu}$  o número de ciclos previstos para a vida útil da instalação e  $W_i$  são pesos relativos a importância de cada.

**Tabela 1.** Resultados de simulação e cálculo dos índices

L	140	-10	500	550	10000000						
Nó PT2	P máx (m)	P mín (m)	V máx (l)	F máx (kN)	N máx	R1	R2	R3	R4	R5	R
SEM	264	12	0	1015	182500	-0,94	1,00	0,96	-0,93	0,96	-0,94
VAG	112	39	0	438,74	182500	0,38	1,00	0,96	0,38	0,96	0,38
VAL	146	29	0	567,74	182500	-0,09	1,00	0,96	-0,06	0,96	-0,09
TAU	137	35	0	534,49	182500	0,04	1,00	0,96	0,06	0,96	0,04
RHO	212	33	0	475,47	182500	-0,77	1,00	0,96	0,26	0,96	-0,77

Nó N1	P máx (m)	P mín (m)	V máx (l)	F máx (kN)	N máx	R1	R2	R3	R4	R5	R
SEM	224	-10	3,22	1008	182500	-0,83	0,00	0,96	-0,93	0,96	-0,93
VAG	72	1	0	583,7	182500	0,75	0,98	0,96	-0,12	0,96	-0,12
VAL	105	-10	0,1	722,14	182500	0,46	0,00	0,96	-0,56	0,96	-0,56
TAU	97	-4	0	470	182500	0,55	0,83	0,96	0,28	0,96	0,28
RHO	171	-6	0	772,53	182500	-0,42	0,66	0,96	-0,67	0,96	-0,67

### Conclusões

O trabalho desenvolveu um índice de resiliência, para análise de instalações de recalque, que permite uma análise conjunta dos fatores que decorrem de transitórios hidráulicos e responsáveis por danos à instalação, fornecendo um indicativo de ações a serem tomadas para reduzir esses danos.

### Agradecimentos

O bolsista agradece à SAE/UNICAMP pelo apoio concedido por meio da bolsa de Iniciação científica.