

## **ANÁLISE DOS TRANSIENTES HIDRÁULICOS DO PROJETO DE REMANEJAMENTO DA ADUTORA VILA ALPINA**

### **Renato de Sousa Avila<sup>(1)</sup>**

Tecnólogo Mecânico em Processos de Produção Formado pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - FATEC-SP (1997), Pós-Graduado em Gestão Pública pela Faculdade Instituto Nacional de Pós-Graduação São José dos Campos INPG (2014) Tecnólogo atuando na área da mecânica dos Fluidos, controle de perdas e modelagem hidráulica na unidade de negócio de Produção de Água da Sabesp.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Nicolau Gagliardi, 313 - MAGG - Pinheiros – São Paulo - SP - CEP: 05429-010 - Brasil -  
Tel: +55 (11) 3388-9592 - e-mail: [renatosavila@sabesp.com.br](mailto:renatosavila@sabesp.com.br)

### **RESUMO**

O trabalho apresenta a análise e os resultados das simulações matemáticas em regime transitório do projeto de remanejamento da adutora Vila Alpina, com a utilização do programa Allievi, programa este que utiliza a metodologia das características (MOC). Esta análise foca no dimensionamento da espessura necessária na tubulação de aço e nos sistemas de proteção necessários para a operação segura desta adutora.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transiente Hidráulico, Vila Alpina, Análise de Projeto.

### **OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho, visa avaliar, sob o ponto de vista hidráulico, em regime transitório, as instalações do remanejamento da adutora Vila Alpina para a determinação do sistema de proteção, classe de pressão e espessura da tubulação.

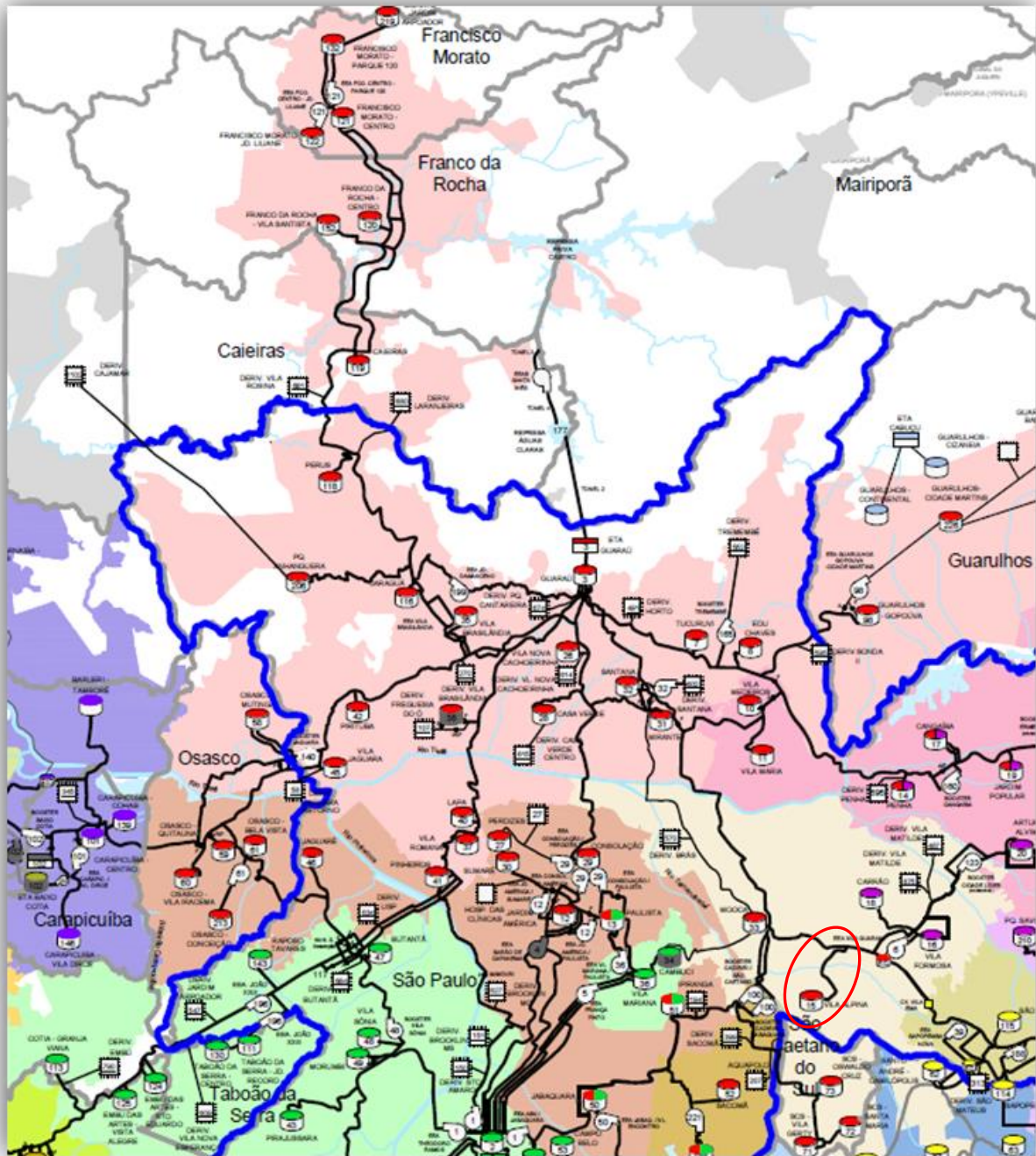
### **INTRODUÇÃO**

O Sistema Produtor Cantareira é responsável pelo abastecimento Integral dos municípios de Francisco Morato, Franco da Rocha, Caieiras, Osasco e São Caetano do Sul e parcial dos Municípios Cajamar, Guarulhos e São Paulo.

A adutora Vila Alpina abastece o reservatório Vila Alpina, partindo da adutora Mooca – Vila Guarani de 2500 mm de diâmetro.

Este estudo deve avaliar, em regime transitório, o remanejamento adutora Vila Alpina, conforme a topologia de projeto.

A figura 1 demonstra a aérea de abrangência do sistema Cantareira com área deste estudo destacada.



**Figura 1 – Sistema Cantareira**

### CONTEXTUALIZAÇÃO

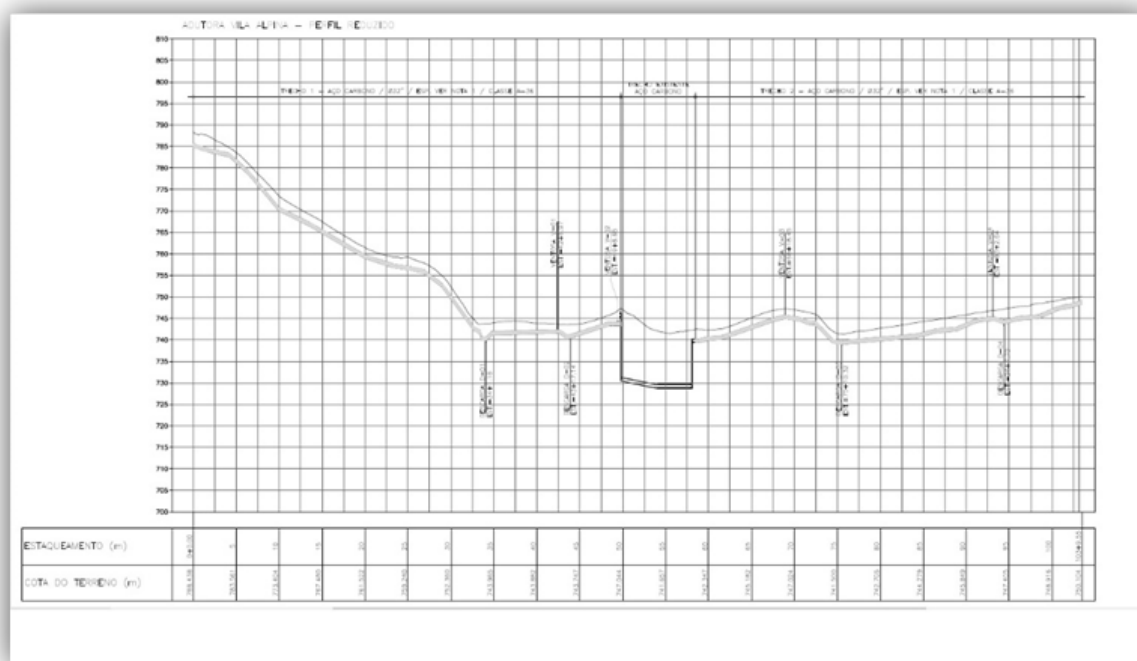
A adutora Vila Alpina, em ferro fundido (cinzento), com junta ponto e bolsa e vedação em chumbo, foi instalada no início da década de 1950, possui diâmetro de  $\varnothing$  800mm e aproximadamente 2800m de extensão, derivando da adutora Mooca - Vila Guarani de diâmetro  $\varnothing$  2500mm.

Algumas rupturas foram registradas nesta adutora em ponto próximos ao reservatório Vila Alpina, uma em 1983 e outra em 1991. Estas duas rupturas podem estar associadas a golpes gerados pela antiga válvula de controle que tinha acionamento hidropneumático que acabou sendo substituída no final da década de 90. Em janeiro de 2001, ocorreu outra ruptura na rua Domingos Afonso nesta mesma adutora, que foi analisada, com

provável causa sendo o aumento de tensão localizada, em função do descalçamento da tubulação, ocasionada pela proximidade desta adutora a uma galeria de águas pluviais. Em junho de 2016 ocorreu outra ruptura nesta mesma adutora a cerca de 150m da ocorrência anterior, que foi analisada com a mesma causa provável.

## JUSTIFICATIVA

Devido aos vazamentos existentes na atual adutora de ferro fundido, o remanejamento da adutora Vila Alpina considerou a desativação dos trechos em ferro fundido e o aproveitamento dos trechos já remanejados em aço. Para a conclusão do projeto foi necessário o dimensionamento da classe de pressão, da espessura da tubulação e dos equipamentos de proteção contra transiente hidráulico. O novo caminhamento projetado da adutora com a extensão de aproximadamente 3.100 m, conforme o perfil reduzido demonstrado na Figura 2.



**Figura 2 – Perfil reduzido da nova adutora.**

## METODOLOGIA

A simulação foi realizada com o software ALLIEVI, e é adaptada a elementos definidos explicitamente por dois NÓS, o de montante e o de jusante. O ALLIEVI utiliza o MOC – MÉTODO DAS CARACTERÍSTICAS como algoritmo de cálculo, para o qual, a topologia deve ser adequada ao intervalo de tempo satisfazendo a CONDIÇÃO DE COURANT de modo a obter estabilidade no processo de integração numérica.

No caso utilizou-se um intervalo de tempo de 0.01s e a simulação do transitório foi efetuada supondo o fechamento total da válvula de controle de entrada do reservatório vila alpina cujo tempo de fechamento é de 12 minutos.

Para as tubulações de aço soldado com a relação  $D/e \leq 130$  a celeridade (velocidade com que se propagam as ondas de pressão geradas por manobras no circuito hidráulico) é estimativamente da ordem de 1000m/s, valor que deverá ser considerado preliminar para as simulações dos transientes hidráulicos. De fato, para satisfazer a condição de COURANT na simulação, os valores da celeridade são ajustados internamente no ALLIEVI, para se adequem ao cálculo através do MOC – MÉTODO DAS CARACTERÍSTICAS – utilizado no processamento dos dados na simulação dos transientes hidráulicos.

O levantamento de dados cadastrais (perfil, diâmetro, material) das adutoras, válvulas de controle, estações de bombeamento, reservatórios existentes foram extraídos do Cadastro Técnico, e a nova adutora levou em conta a topologia do projeto.

### MODELAGEM DOS TRANSIENTES HIDRÁULICOS

A montagem da topologia do modelo hidráulico em conduto forçado partiu das características físicas disponíveis cadastradas e projetadas.

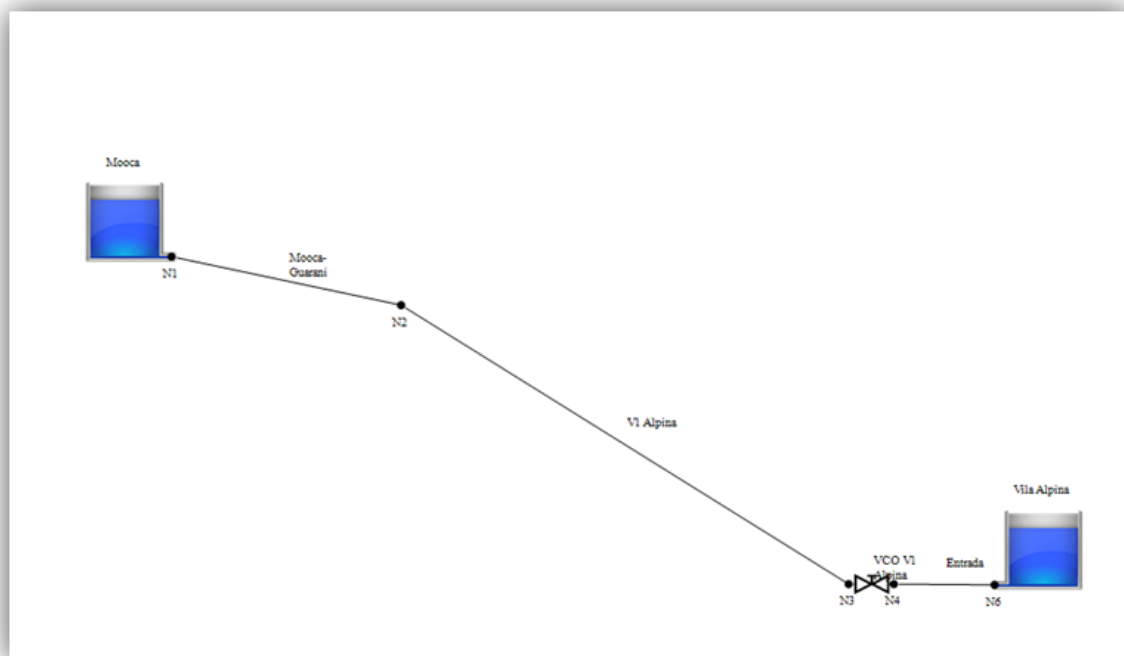
A parte do sistema adutor analisado, será constituído na sua integridade em aço, com espessuras adequadas para resistir ao colapso estrutural advindo de possível ocorrência transitória de vácuo absoluto interior.

O modelo hidráulico foi construído numa base do software ALLIEVI, permitindo estabelecer os perfis piezométricos da instalação, possibilitando uma calibração do sistema com a devida distribuição de vazões projetadas.

Neste trabalho, foi analisado o cenário típico de abastecimento, de modo a compreender o abastecimento do reservatório Vila Alpina por intermédio da Mooca levando em consideração a piezométrica do sistema Cantareira (condição de maior piezométrica para este reservatório).

A avaliação dos transientes utilizará a topologia da figura 3 em cenário único:

- Cenário único: fechamento total da válvula de controle de entrada do reservatório Vila Alpina.

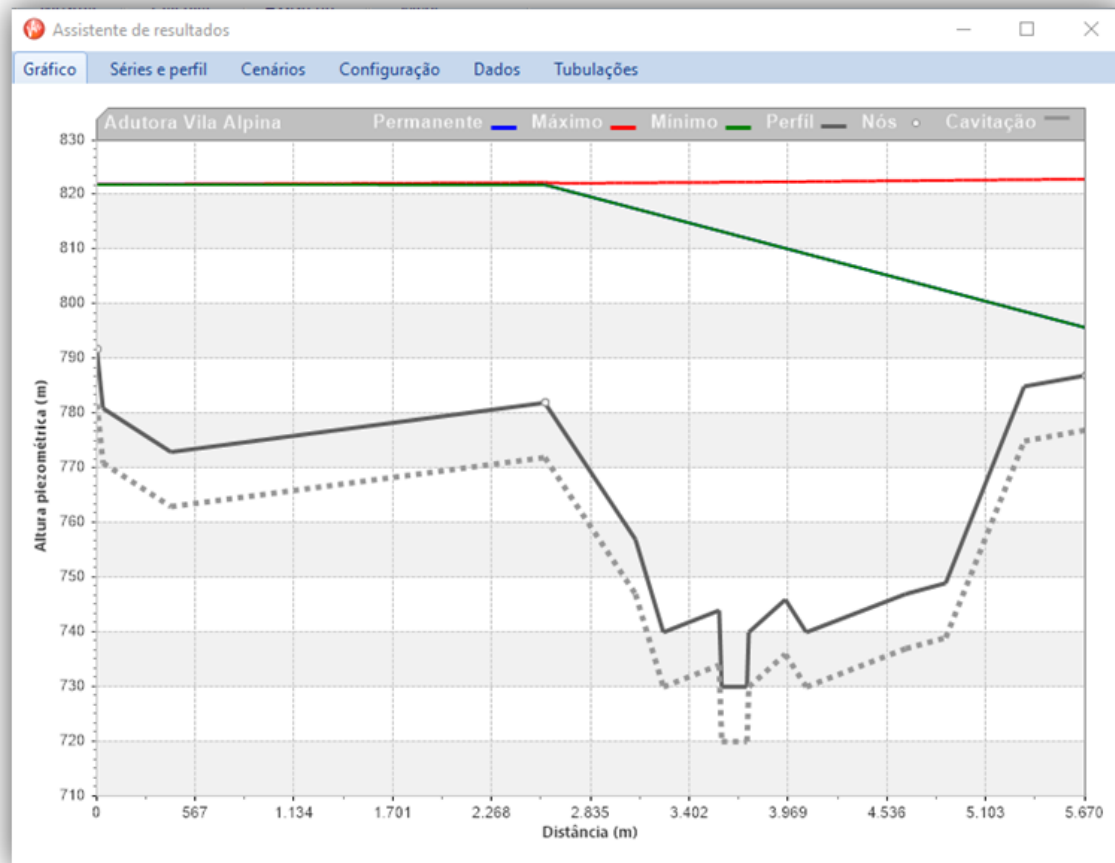


**Figura 3 - Topologia da modelagem do transiente.**

### RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

Os resultados das simulações a seguir em regime Transitório demonstram que há controle das pressões livre da ocorrência de vácuo transiente sem necessidade de equipamentos adicionais de proteções. Somente é necessário se manter o tempo de fechamento da válvula de controle do reservatório Vila Alpina acima de 10 minutos.

A Figura 4 apresenta o gráfico com os resultados da piezométrica da modelagem em regime transitório.



**Figura 4 – Gráfico do controle das envoltórias piezométricas.**

A Figura 5 apresenta o gráfico com os resultados com as envoltórias de pressão máximas e mínimas ao longo da nova adutora durante o transiente com o fechamento da válvula de controle. Nota-se que há controle do vácuo ao longo de toda adutora e as pressões máximas em regime transitório chegam a 92 mca, e em regime permanente chegam a 82 mca, indicando a necessidade de classe de pressão das tubulações e acessórios (PN10).



**Figura 5 – Gráfico do controle das pressões envoltórias.**

Os resultados da modelagem em regime transitório apontam que, as envoltórias de pressão durante o regime transitório apresentam pressões máximas na ordem de 92 mca, classe de pressão (PN10).

Observa-se ainda a ausência de vácuo em toda a extensão das tubulações, portanto não corre risco de colapso devido ao vácuo.

### **DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA DA TUBULAÇÃO**

Para a integridade da adutora, esta deve resistir a máxima pressão de trabalho determinada em regime transitório, para tanto a força que a pressão exerce contra a parede da tubulação não deve atingir a tensão de escoamento do material. Adota-se ainda um fator de segurança de 1,2 para garantia de que essa tensão não será atingida durante o funcionamento do sistema. Determina-se assim a espessura mínima da tubulação em relação a sua resistência a pressão.

A espessura pode ser calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$e = P \cdot 1,2 \cdot r / T \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

**e** = espessura (mm);

**P** = pressão (Mpa);

**r** = raio interno do tubo (mm);

**T** = tensão de escoamento do material (Mpa).

Então, para a pressão identificada neste estudo de 92 mca, chegamos a uma espessura mínima calculada de 2,7 mm.

Da mesma maneira, para que a tubulação tenha resistência a deformações externas e para que não ocorra colapso estrutural da mesma, recomenda-se que a relação entre o diâmetro e a espessura da tubulação deve ser igual ou inferior a 130, deste modo, para uma tubulação de diâmetro de 800 mm, precisaremos de uma espessura mínima de 6,15 mm, aproximadamente 1/4”.

No entanto, para se manter a integridade da tubulação ao longo do tempo, em função da possível corrosão, recomenda-se que a espessura adotada seja ao menos a espessura comercial imediatamente superior a calculada, recomenda-se então que a espessura da tubulação seja de 3/8”, equivalente a aproximadamente 9,5 mm.

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A modelagem hidráulica, em regime transitório realizada neste trabalho aponta que a envoltória de pressão máxima não ultrapassará 92 mca, e não há formação de vácuo em toda sua extensão, portanto não é necessária a instalação de nenhum equipamento de proteção adicional, e os acessórios da adutora devem ter a classe de pressão PN 10.

Quanto a espessura da tubulação, recomenda-se que a espessura da chapa seja de 3/8” (9,5 mm).

A válvula telecomandada do reservatório Vila Alpina deverá ter tempo mínimo de abertura e fechamento superior a 10 minutos.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. SABESP, MAGG RT 022 2020 Análise dos Transientes Hidráulicos do Remanejamento da Adutora Vila Alpina.
2. BENTLEY INSTITUTE, MANUAL HAMMER V8i, Análise de Transientes.
3. NETO, AZEVEDO - MANUAL DE HIDRÁULICA - Editora Edgard Blucher.
4. TSUTIYA, MILTO TOMOYUKI – ABASTECIMENTO DE ÁGUA – Editora Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária de Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
5. WALSKI, HAESTAD - ADVANCED WATER DISTRIBUTION MODELING AND MANAGEMENT - Editora Haestad Methods
6. KOELLE, EDMUNDO – Curso Intensivo Sobre Transientes Hidráulicos em Conduitos Forçados.
7. KOELLE, EDMUNDO – Transientes Hidraulicos.