

## **OBJETIVO**

Definir critérios para elaboração de Estudo de Transientes Hidráulicos em tubulações sob pressão.

As seguintes situações de operação devem ser avaliadas quanto à possibilidade de efeitos transitórios, eventuais riscos de rompimento da tubulação e/ou situações que coloquem o sistema projetado em risco:

- Partida e parada de conjuntos moto-bomba;
- Fechamento de válvulas ou registros;
- Operação de válvulas de controle; e/ou
- Qualquer evento na linha que cause variação na velocidade do escoamento.

## **ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE TRANSIENTES**

As seguintes etapas devem ser consideradas para elaboração do estudo de transientes:

- Escolha do software com aprovação prévia da SANEPAR;
- Definição das condições de contorno;
- Definição de cenários;
- Definição da Alternativa Ótima para a solução do transitório.

### **1. SOFTWARE**

As simulações das situações de transientes hidráulicos devem ser realizadas com o auxílio dos softwares: Hammer, Surge, ou similar, com autorização prévia da SANEPAR.

### **2. CONDIÇÕES DE CONTORNO**

As condições de contorno devem ser compatíveis com o projeto hidráulico no caso de linhas novas e compatíveis com as instalações reais no caso de linhas existentes e sistema de proteção existente.

No caso de linhas existentes a confiabilidade no cadastro ou “as-built” irá garantir a qualidade do estudo e eventuais soluções. Caso necessário, serviços

**DE  
ESTUDO DE TRANSIENTE HIDRAULICO**

---

topográficos e de sondagem devem ser contratados ou elaborados paralelamente para subsidiar o estudo de transientes.

Para estações elevatórias e linhas de recalque existentes será exigido a calibração do sistema, com a apresentação da curva do sistema e descrição pormenorizada de todos os equipamentos instalados. Se no sistema em estudo não houver medições de vazão e/ou pressão, os mesmos serão providenciados pela área operacional da SANEPAR. Caso contrário, as informações serão fornecidas no Termo de Referência.

A tubulação deve ser dividida em segmentos para o cálculo dos transientes. Os segmentos não devem estar distantes em mais de 100 m, além de todos os pontos altos e baixos, válvulas de retenção, válvulas de manobra ao longo da linha, curvas, descargas, ventosas e eventuais derivações da linha.

Considerar as características de cada material, em cada segmento, não adotar valores médios nos cálculos.

Após a definição do traçado da tubulação que resulte em ponto notável que seja necessária a execução de bloco de ancoragem ou outro elemento estrutural de travamento (curvas horizontais, verticais, pontos vizinhos a travessias aéreas, etc), este ponto deverá ser apresentado em forma de tabela no memorial descritivo, com indicação das pressões em regime permanente, máximas e mínimas transitórias de modo a subsidiar o projeto estrutural da peça proposta.

A definição do material da linha deve levar em consideração os valores de pressões máximas e mínimas, com indicação da classe de pressão e outras características relevantes para atender às condições na ocorrência de transientes.

### 3. CENÁRIOS

Para cada linha a ser estudada, deve-se analisar os seguintes cenários:

- a) **Sem dispositivos de proteção** – realizar o estudo de transiente considerando somente a linha pressurizada, sem nenhum tipo de dispositivo de proteção contra efeitos transitórios. As ventosas para retirada de ar no enchimento e operação da linha, caso existam, não devem ser consideradas neste cenário;
- b) **Com dispositivos de proteção existentes** – realizar o estudo de transiente considerando a linha pressurizada com os dispositivos existentes, apresentando um diagnóstico do sistema;
- c) **Com dispositivos de proteção projetados** – realizar o estudo de transiente com os dispositivos de proteção projetados, em linha nova, ou com dispositivos projetados para complementar a proteção existente, como por exemplo: ventosas com dispositivo de fechamento lento, reservatório

**DE  
ESTUDO DE TRANSIENTE HIDRAULICO**

---

hidropneumático - RHO, tanque alimentador unidirecional – TAU, válvulas de alívio, válvulas de jusante com definição de tempo de fechamento (gravidade), entre outros;

- d) **Diferentes materiais** – para o caso de linha nova realizar o estudo de transientes considerando diferentes materiais com comparação dos resultados;
- e) Para as tubulações existentes e novas, o estudo deve compreender a operação em separado de cada tubulação/trecho e operação conjunta e/ou em paralelo.

**4. ALTERNATIVA ÓTIMA**

Apresentar a alternativa ótima adotada em função dos cenários estudados, levando-se em consideração não somente critérios técnicos para atender as solicitações impostas pelo modelo hidráulico como também econômicos (custos de implantação, operação e manutenção) e principalmente operacionais suportados pela Sanepar (considerar a complexidade da solução em relação ao tipo de instalação, porte da unidade, distância e frequência para manutenção, isolamento da unidade (vandalismo) e importância no sistema em que está inserida).

Antes da definição do dispositivo de proteção a ser implantado no sistema, se o mesmo for de grande porte (RHO's, TAU's, outros), deverá ser realizada reunião com a área operacional (USEM's, UR's, USPD) para a consolidação do equipamento escolhido.

Na definição da solução ótima deverá ser considerada a importância da instalação no sistema em que ela está inserida de forma a definir a necessidade ou não de redundância da solução proposta (ex.: RHO + RHO, RHO + válvula de alívio, válvula de alívio + linha em PEAD, etc.). Outro fator a ser analisado é a necessidade de parada para vistorias e manutenção dos equipamentos constituintes do sistema de proteção (vasos de pressão do RHO, válvulas de alívio, etc.).

A concepção da solução deverá considerar a possibilidade de parada parcial, no caso de instalações redundantes, ou de parada total, no caso do tempo de parada ser comportado pelo sistema.

Deve ser realizada uma avaliação específica das pressões negativas indicadas pela simulação, tais valores deverão ser confrontados com dados da literatura pertinente bem como dos fabricantes de dispositivos de proteção e tubulações. Caberá ainda análise detalhada da ocorrência de fenômenos de cavitação, formação de vapor e separação de coluna, bem como proposição de soluções para atenuar ou extinguir tais efeitos.

Deve ser desenvolvido o projeto dos dispositivos de proteção escolhido, contendo Memorial Descritivo, Peças Gráficas, Especificações Técnicas e Orçamento.

O Orçamento deve ser elaborado conforme item 3.3.2 das Prescrições do MPS – Manual de Projetos de Saneamento.

## **5. APRESENTAÇÃO**

O Estudo de Transientes faz parte do projeto básico de engenharia e deve ser apresentado conforme orientações a seguir:

- Memorial Descritivo;
- Arquivo digital da simulação;
- Localização dos dispositivos de proteção;
- Perfil reduzido da(s) linha(s) e envoltórias de pressão;
- Peças Gráficas;
- Especificações Técnicas;
- Plano de operação da(s) linha(s);

### **Memorial Descritivo**

O memorial deve conter todas as condições de contorno consideradas na simulação e solicitadas pelo software utilizado. Informações como material da(s) tubulação(ões), diâmetro nominal e interno, nível do reservatório (fundo, mínimo e máximo), cota das tubulações e dispositivos, altura de entrada e saída das tubulações, celeridade de cada trecho, especificações das bombas (rotação, inércia, curva da bomba, entre outros), diâmetro dos orifícios das ventosas, especificações de RHOs, TAU, tempo de fechamento de válvulas à jusante (gravidade), entre outras, devem ser apresentadas.

As análises e considerações do projetista devem ser descritas de forma ampla e irrestrita, não sendo permitida a utilização de soluções que impliquem em coeficientes ou informações que não possam ser divulgadas pelo projetista.

Os resultados devem ser apresentados em forma de tabelas e gráficos juntamente com texto justificando os dispositivos adotados.

Ficará a critério do projetista ou do analista da SANEPAR a apresentação e/ou solicitação de estudos específicos de alguns pontos notáveis, tais como pontos ou trechos críticos que apresentem pressões máximas elevadas, pressões mínimas próximas ao vácuo (da ordem de  $-10$  mca), válvula de retenção, válvula de

**DE  
ESTUDO DE TRANSIENTE HIDRAULICO**

---

controle, ventosa, entre outros, com utilização de gráficos e/ou tabelas específicos.

No memorial do estudo de transientes apresentar os dados e resultados utilizando as seguintes unidades:

- Vazão – l/s;
- Pressão – mca;
- Potência – CV;
- Diâmetro – mm;
- Extensão – km ou m;
- Declividade – m/m;
- Celeridade – m/s;
- Rotação – rpm;
- Sobrepessão, Subpressão – mca;

**Arquivo digital da simulação**

Os arquivos digitais da simulação hidráulica do transiente devem ser fornecidos a SANEPAR com todos os cenários estudados.

**Localização dos dispositivos de proteção**

Todos os dispositivos de proteção projetados e/ou existentes devem ser localizados na linha, mostrando a cota e localização em planta. A localização dos dispositivos deve estar compatibilizada nas peças gráficas do projeto hidráulico da linha.

**Perfil da linha e envoltórias de pressão**

Junto com o memorial descritivo deve ser apresentado o perfil reduzido da linha nos diferentes cenários contendo as seguintes informações:

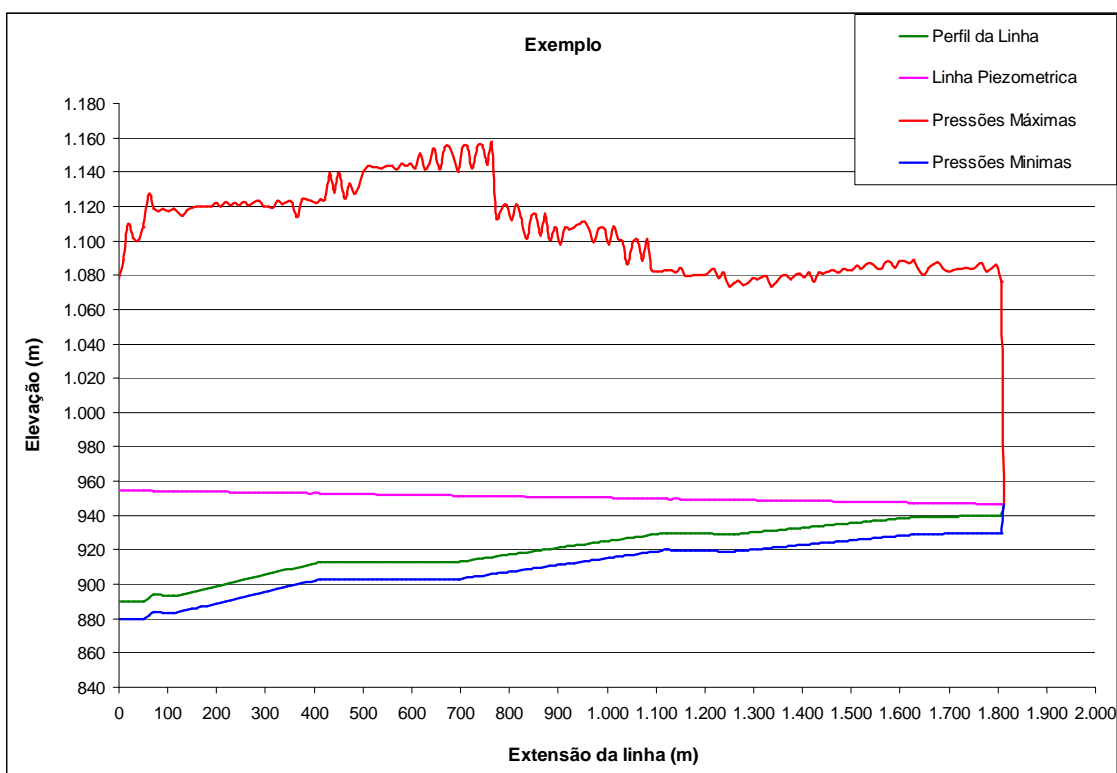
- Perfil da Linha;
- Linha Piezométrica no regime permanente;
- Envoltória das pressões máximas e mínimas durante o transiente sem dispositivos de proteção;
- Envoltória das pressões máximas e mínimas durante o transiente com dispositivos de proteção.

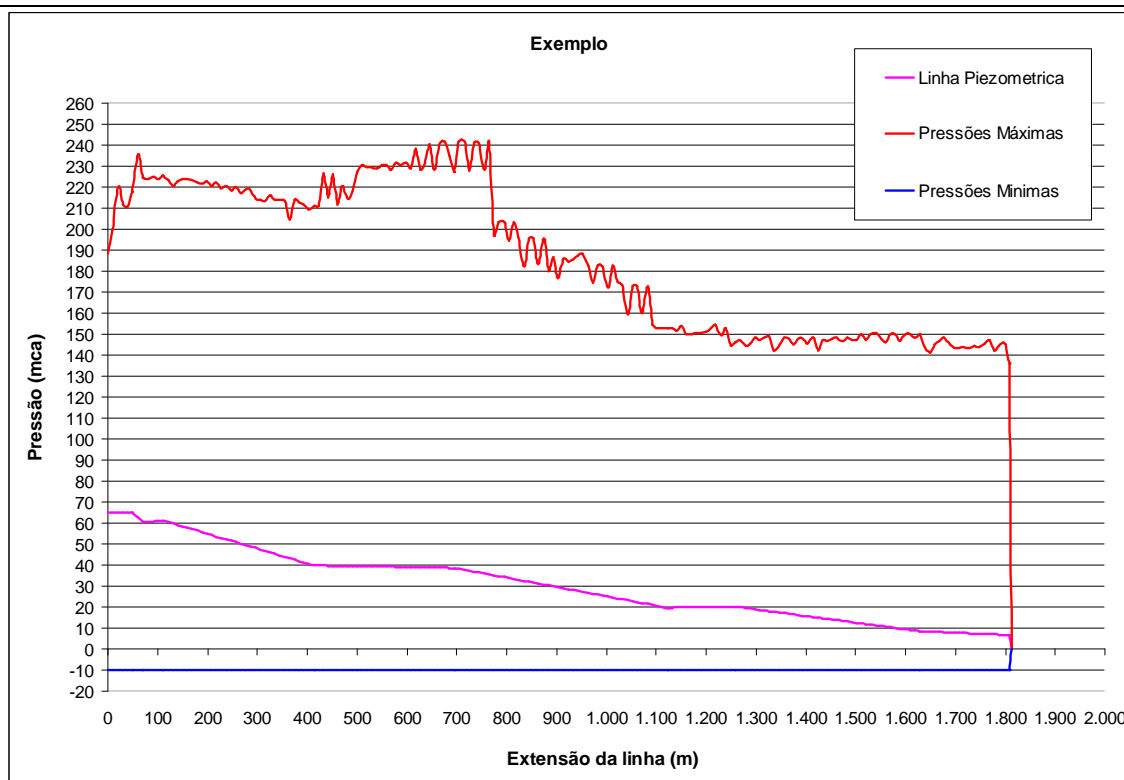
DE  
ESTUDO DE TRANSIENTE HIDRAULICO

O perfil reduzido deve ser apresentado em folha A4 ou A3, e estar em escala adequada. O eixo das ordenadas (y) deve conter os valores das cotas (elevação) em m e o eixo das abscissas (x) deve conter a extensão da linha em m.

Deve também apresentar um gráfico contendo as envoltórias de pressão em formato A4 ou A3, em escala adequada, sendo que no eixo das ordenadas (y) deve conter os valores das pressões em mca e no eixo das abscissas (x) conter a extensão da linha em m.

Verificar exemplos a seguir.





## Peças Gráficas

O detalhamento da solução escolhida deve ser desenvolvido apresentando todos os detalhes necessários à posterior execução da obra. Atender todas as exigências das Prescrições de Projeto Básico de Engenharia do Manual de Projetos de Saneamento - MPS.

## Especificações Técnicas

A solução escolhida deve conter todas as Especificações Técnicas dos equipamentos e peças necessários à posterior execução da obra. Atender todas as exigências das Prescrições de Projeto Básico de Engenharia do Manual de Projetos de Saneamento – MPS e do Manual de Projetos e Obras de Instalação Mecânica – MPOIM.

## Plano de operação da linha

O Plano de operação da linha deve conter todas as definições de operação dos equipamentos e/ou das peças especiais que possam provocar efeitos transitórios na linha, bem como para os equipamentos projetados para reduzir este efeito.

Deve ser definido o modo de funcionamento de cada válvula, indicando o tempo associado ao percentual (%) de abertura da válvula, nas operações de fechamento e de abertura da válvula.

Deve descrever a operação do sistema de proteção de cada trecho de tubulação. Indicar os cuidados na operação em série e/ou em paralelo, linha operando sozinha e linha com operação associada, quando existir.

Deve descrever a operação do sistema de proteção com operação de um conjunto moto-bomba e com mais conjuntos. No caso de operação de mais de um conjunto moto-bomba definir o intervalo de tempo para ligar/desligar os conjuntos.