

Título Manual de Projetos da SANEAGO | 06.02 Estudo de Transientes Hidráulicos**Objetivo** Manual de Projetos da SANEAGO**Aplicação** SUESP**DIRETORIA DE EXPANSÃO (DIEXP)****SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS E PROJETOS (SUESP)****GRUPO 06 – ESTUDOS ESPECIAIS****MÓDULO 06.02 – ESTUDO DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS****Sumário**

1 - Apresentação.....	1
2 - Referências Normativas.....	2
3 - Definições.....	2
4 - Transientes Hidráulicos em Sistemas de distribuição de água e esgotamento sanitário.....	3
5 - Etapas Da simulação do transiente hidráulico.....	3
5.1 - Coleta de dados do projeto.....	4
5.2 - Construção do modelo hidráulico.....	4
5.3 - Validação inicial do modelo hidráulico.....	4
5.4 - Calibração do modelo hidráulico.....	5
5.5 - Definição e simulação de cenários.....	5
5.6 - Definição da alternativa ótima para solução do transiente.....	5
6 - Softwares para simulação hidráulica.....	5
7 - Conteúdo dos documentos.....	6
7.1 - Memorial de Cálculo.....	6
8 - Referências Bibliográficas.....	7
9 - Considerações Finais.....	7
10 - Controle de Revisões.....	7

1 - APRESENTAÇÃO

Este Módulo, denominado “Estudo de Transientes Hidráulicos”, aponta, em termos gerais, os estudos que devem ser realizados, os parâmetros mínimos a serem atendidos, as normas a serem consultadas e o conteúdo indispensável contido nos documentos entregues no âmbito da SANEAGO. Ressalta-se que os estudos, projetos e documentos produzidos não se limitam ao que aqui é apresentado, podendo ser complementados conforme necessário.

2 - REFERÊNCIAS NORMATIVAS

As principais referências para os serviços instruídos por este documento estão relacionadas a seguir. Salienta-se que a relação apresentada não exclui a necessidade de consulta e atendimento de outros documentos normativos relacionados e legislação pertinentes.

- ABNT NBR 12211 – Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água;
- ABNT NBR 12214 – Projeto de sistema de bombeamento e água para abastecimento público;
- ABNT NBR 12215 – Projeto de adutora de água para abastecimento público;
- ABNT NBR 12218 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público;
- ABNT NBR 16682 – Projeto de linha de recalque para sistema de esgotamento sanitário – Requisito;
- ABNT NBR 12587 – Cadastro de sistema de esgotamento sanitário – Procedimento.
- Manual de Projetos da SANEAGO e;
- Manual de Obras da SANEAGO.

Outras normativas e bibliografias consolidadas podem ser utilizadas desde que submetidas e autorizadas pelo setor de projetos da SANEAGO.

3 - DEFINIÇÕES

As Definições utilizadas neste documento encontram-se no Módulo 100.01 – Apêndices – Glossário, com destaque para:

1. Conduto forçado – tubulações em que a pressão interna é diferente da atmosférica.
2. Linha – tubulação destinada a transportar fluido pressurizado entre unidades operacionais do sistema.
3. Regime permanente – regime de escoamento no qual a velocidade, a vazão e a pressão não variam com o tempo em um determinado trecho da tubulação.
4. Regime transitório – regime de escoamento intermediário quando há variação na velocidade, vazão e pressão mudando o estado de um regime permanente inicial por outro estado de regime permanente final.
5. RHO – reservatório hidropneumático – dispositivo de proteção contra transientes hidráulicos composto de um tanque contendo água e ar comprimido em seu interior, interligado à linha, de modo geral junto à estação elevatória.
6. Tanque de amortecimento unidirecional TAU – dispositivo que tem como função injetar água em um determinado ponto da tubulação durante a passagem de uma onda de supressão, resultante dos transitórios hidráulicos.
7. Tanque de amortecimento unidirecional TAU – dispositivo que tem como função injetar água em um determinado ponto da tubulação durante a passagem de uma onda de supressão, resultante dos transitórios hidráulicos.

8. Tanque de Alimentação Bidirecional TAB – dispositivo que tem como função injetar e receber água em determinado ponto da tubulação durante o regime transitório.
9. Chaminé de Equilíbrio – dispositivo que atua tanto na sobrepressão quanto na subpressão, a pressão em seu interior é atmosférica.
10. Transiente hidráulico ou transitório hidráulico – escoamento não permanente em regime variado que ocorre entre um regime permanente e outro.
11. Válvula de alívio de ação direta – dispositivo que serve para aliviar as sobrepressões resultantes do transitório hidráulico.
12. Ventosa de triplo efeito (tríplice função) com dispositivo de fechamento lento – dispositivo utilizado para atuar na expulsão e/ou admissão de ar acumulado em ponto específico da tubulação e que conta com um mecanismo extra que torna suave e gradativo o processo de fechamento do orifício cinético, evitando assim altas sobrepressões causadas por um fechamento abrupto deste.
13. Volante de inércia – dispositivo acoplado ao eixo da bomba para aumentar o momento de inércia do conjunto girante, reduzindo a taxa de variação de rotação do conjunto motobomba por ocasião de seu desligamento.

As Siglas e Abreviaturas utilizadas neste documento estão definidas no Módulo 100.02 – Apêndices – Siglas e Abreviaturas.

4 - TRANSIENTES HIDRÁULICOS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O estudo de transientes hidráulicos deve ser feito em projetos de conduto forçado de sistemas de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário, avaliando o efeito no escoamento de variações abruptas das características de vazão ou pressão do sistema, tais como:

- Acionamentos e desligamentos de conjuntos motobomba;
- Manobras de válvulas ou registros;
- Operação de válvulas de controle.

A elaboração do estudo de transientes deve considerar, além das informações aqui contidas, as diretrizes dos módulos do **Grupo 4 – Projetos Hidráulicos SAA do Manual de Projetos da SANEAGO** e do **Grupo 5 – Projetos Hidráulicos SES do Manual de Projetos da SANEAGO**.

5 - ETAPAS DA SIMULAÇÃO DO TRANSIENTE HIDRÁULICO

Uma simulação de transientes hidráulicos para a elaboração de projetos, tanto para sistemas de abastecimento de água (SAA) quanto para sistemas de esgotamento sanitário (SES), deve ser realizada seguindo as seguintes etapas:

1. Coleta de dados do projeto;
2. Construção do modelo hidráulico;
3. Validação inicial do modelo hidráulico;
4. Calibração do modelo hidráulico;

5. Definição de cenários;
6. Definição da alternativa ótima para solução do transiente.

5.1 - Coleta de dados do projeto

No caso de estudos de linhas que ainda não foram executadas, a simulação hidráulica deve ser feita a partir dos dados do Projeto em vigor. Para linhas existentes, os dados necessários devem ser levantados em campo, do cadastro técnico ou do projeto *as built* e junto à equipe operacional da SANEAGO. De toda maneira, as seguintes informações devem ser reunidas:

- Cadastro técnico e dados operacionais:
 - Traçados das tubulações do sistema;
 - Características da tubulação (comprimento, idade, material, diâmetro);
 - Características de registros, ventosas, válvulas de retenção, válvulas de controle;
 - Características dos dispositivos de proteção;
 - Características dos conjuntos motobomba;
 - Derivações das tubulações;
- Topografia da rede (cotas, ligações, etc.);
- Topografia do terreno da região;
- Urbanização da região (arruamentos, limites de quadra, meios-fios, limites de lotes);
- Projetos e estudos existentes;
- Mapas e croquis diversos.

5.2 - Construção do modelo hidráulico

O modelo hidráulico deve ser construído a partir da importação e parametrização dos dados coletados na etapa anterior dentro dos softwares de simulação.

A tubulação deve ser dividida em segmentos contendo todos os pontos altos e baixos, mudanças de material, mudanças de diâmetro, válvulas de retenção, válvulas de controle, derivações e dispositivos de proteção. Devem ser consideradas as características de cada material em cada segmento, sem a adoção de valores médios.

As condições de contorno devem ser definidas em conformidade com as instalações reais, para o caso de linhas existentes, e com o projeto hidráulico para o caso de linhas novas.

5.3 - Validação inicial do modelo hidráulico

Deve ser executada a simulação do modelo hidráulico do transiente no software e devem ser avaliados os erros iniciais, ajustando e corrigindo os dados de entrada, se for o caso, ou adequando parâmetros e coeficientes pré-determinados do modelo. Nesta etapa, são gerados os primeiros resultados do modelo hidráulico.

5.4 - Calibração do modelo hidráulico

Em linhas ou elevatórias existentes, o modelo hidráulico deve ser calibrado com base em dados obtidos em campo, como vazão, pressão, nível, vazamentos, lâmina d'água, queixas recorrentes, etc.

Se não houver medições de vazão e pressão para o sistema existente, podem ser providenciadas pela SANEAGO campanhas de medição complementares em campo, caso seja necessário. Caso não seja possível, o modelo deverá seguir os memoriais de cálculo existentes e/ou características dos motores e bombas instalados.

O modelo deverá ser ajustado conforme as informações obtidas.

5.5 - Definição e simulação de cenários

Devem ser simulados diferentes cenários, incluindo, pelo menos:

- **Sem proteção** – considerar somente a linha pressurizada, sem nenhum tipo de dispositivo de proteção contra efeitos transitórios (mesmo que existentes).
- **Com proteção existente** – para linhas existentes – deve ser simulado um cenário considerando a linha pressurizada com os dispositivos já existentes de proteção, como forma de apresentar um diagnóstico do sistema.
- **Com proteção projetada** – considerar a linha pressurizada com a utilização de diferentes dispositivos projetados para realizar a proteção dos eventos dos transientes hidráulicos, como por exemplo: ventosas de fechamento lento, chaminé de equilíbrio, tanques híbridos, RHO, TAU, válvulas de alívio, válvulas de jusante com definição de tempo de fechamento (gravidade), entre outros. O relatório e o modelo hidráulico devem apresentar pelo menos dois cenários de proteção projetada.

Para cada um dos cenários, devem ser avaliadas diferentes condições operacionais críticas do sistema, considerando o acionamento e fechamento de bombas e válvulas, além de diferentes níveis dos reservatórios (para SAA).

Para as tubulações existentes e novas que operam em paralelo, o estudo deve compreender análise da operação conjunta e individual das linhas. Para estes casos, não serão permitidas a utilização de tubulações de diâmetros e materiais equivalentes para o estudo de transitórios.

5.6 - Definição da alternativa ótima para solução do transiente

A partir dos resultados de cada cenário e do objetivo do projeto, é feita então a escolha da solução ótima para o sistema e apresentação da simulação, conforme especificado no tópico 7 deste módulo do Manual de Projetos.

Para os casos em que a solução ótima envolva a implantação de reservatórios no caminhamento da linha (TAU, chaminés, etc.) e que envolvam questões de regulação fundiária, o projeto deve prever uma solução alternativa para as situações em que estes dispositivos não possam ser implantados.

6 - SOFTWARES PARA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

As simulações dos transientes hidráulicos devem ser realizadas por meio de softwares específicos e compatíveis com os utilizados pela SANEAGO, que incluem¹:

- 1 Para projetos que se enquadram nas condições do Módulo 01.08 – Projetos de Empreendedores, não há exigência de software específico.

- OpenFlows Hammer – Bentley.
- Allievi.

7 - CONTEÚDO DOS DOCUMENTOS

Os estudos de transientes devem ser entregues dentro do volume de Projetos Hidráulicos de SAA e SES. O estudo deve ser entregue um arquivo de relatório de Memorial de Cálculo separado dos demais memoriais do projeto.

7.1 - Memorial de Cálculo

Memorial de Cálculo – Relatório em formato A4
Formatação do documento conforme o modelo padrão SANEAGO, incluindo codificação de documentos.
Descrição do sistema modelado do contexto da simulação de transientes realizada.
Descrição de forma clara e objetiva as condições de contorno, dados de entrada, cálculos iniciais, capturas de tela do modelo e metodologia de cálculo adotada e parâmetros utilizados no software.
Informações sobre cada linha modelada, incluindo: • Material; • Diâmetro nominal; • Diâmetro interno; • Líquido transportado; • Níveis do reservatório (para SAA); • Cota das tubulações e dispositivos; • Celeridade de cada trecho; • Características dos conjuntos motobomba (rotação, momento de inércia, curva da bomba, etc); • Diâmetro das ventosas; • Especificações dos dispositivos de proteção contra transientes hidráulicos existentes; • Tipos de fechamento de válvulas de controle; • Demais características importantes para a compreensão das premissas adotadas.
Descrição de cada um dos cenários operacionais e condições críticas estudados.
Apresentação dos resultados dos cálculos de transientes hidráulicos para todos os cenários modelados através de gráficos das e tabelas, contendo: • Envoltórias piezométrica mínima, máxima e em regime permanente ao longo do perfil da linha; • Pressões mínimas, máximas e em regime permanente ao longo do perfil da linha; • Variação de vazão em pontos notáveis ao longo do tempo;
Posicionamento do(s) dispositivo(s) de proteção de transientes hidráulicos adotado(s).
Dimensionamento do(s) dispositivo(s) de proteção de transientes hidráulicos adotado(s).
Discussão e conclusão com base nos resultados obtidos, com indicação da alternativa ótima.

Memorial de Cálculo – Arquivos de simulação
Modelo hidráulico da linha, em formato editável, com todos os arquivos gerados pelo programa, incluindo arquivos de resultados, conforme softwares utilizados pela SANEAGO.
Tabela de dados de entrada, parâmetros e resultados do modelo hidráulico.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANEPAR – Manual de Projetos da SANEPAR – Projetos de Saneamento – Estudos dos Transitórios Hidráulicos – 2023.

SANOVA – Curso de modelagem hidráulica com ferramentas Bentley – 2019.

KEPLER, Alexandre – Curso de Transientes Hidráulicos em Sistemas de Distribuição de Água.

9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento integra o Manual de Projetos e é de titularidade exclusiva da SANEAGO para elaboração de projetos internos e externos. Este Módulo poderá ser alterado, suspenso ou cancelado a critério exclusivo da Superintendência de Estudos e Projetos, sendo qualquer atualização publicada no site da companhia. É de responsabilidade do usuário a utilização da última versão publicada. Sugestões e comentários devem ser enviados ao e-mail manualdeprojetos@saneago.com.br.

10 - CONTROLE DE REVISÕES

REVISÃO	DATA	HISTÓRICO
00	11/2023	Emissão inicial

APROVAÇÃO

Este documento normativo foi aprovado conforme as diretrizes da Política de Alçadas e Limites da Saneago – PL00.0125.



Documento assinado eletronicamente por BRUNO BARBOSA CAZORLA, SUPERINTENDENTE na SUPERIN. DE ESTUDOS E PROJETOS - SUESP, em 09/11/2023 09:04:14, horário oficial de Brasília, conforme Art. 2º, § 2º, III, “b”, da Lei Estadual nº 17.039/2010 e Art. 4º, II da Lei Federal nº 14.063/2020.