

***MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO***

***MPS***

***MÓDULO 09.11***

***DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO***

***ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS***

***VERSÃO***

***2025***

---

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

**SUMÁRIO**

<b>1. OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMAS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. ANÁLISES DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS .....</b>	<b>3</b>
<b>4. REQUISITOS DE SOFTWARE .....</b>	<b>4</b>
<b>5. CONDIÇÕES DE CONTORNO .....</b>	<b>5</b>
5.1. LANÇAMENTO E TOPOGRAFIA DA LINHA .....	5
5.2. DADOS DE EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS .....	5
5.3. CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL E DIMENSIONAMENTO .....	6
5.4. ANCORAGEM E ESTRUTURAS .....	6
<b>6. CENÁRIOS .....</b>	<b>6</b>
<b>7. ALTERNATIVA ÓTIMA .....</b>	<b>8</b>
<b>8. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>9</b>
8.1. MEMORIAL DESCRITIVO .....	9
8.2. ARQUIVO DIGITAL DA SIMULAÇÃO .....	11
8.3. LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO .....	11
8.4. PERFIL DA LINHA E ENVOLTÓRIAS DE PRESSÃO .....	11
8.5. DETALHAMENTO .....	13
8.6. PLANO DE OPERAÇÃO DA LINHA .....	13

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

## 1. OBJETIVO

\*Definir critérios para elaboração de Estudo de Transitórios Hidráulicos em tubulações pressurizadas para água ou esgoto.

## 2. NORMAS

Segue abaixo relação das normas utilizadas a serem utilizadas em sua última versão.

DOCUMENTO	TÍTULO
NBR 12211	Estudo de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água
NBR 12212	Projeto de poço para captação de água subterrânea
NBR 12214	Projeto de sistema de bombeamento e água para abastecimento público
NBR 12215	Projeto de adutora de água para abastecimento público
NBR 12218	Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público
NBR 12586	Cadastro de sistema de abastecimento de água
NBR 16682	Projeto de linha de recalque para sistemas de esgotamento sanitário
*NBR 16752	Desenho Técnico – Requisitos para apresentação em folhas de desenho
*NBR 16861	Desenho Técnico – Requisitos para representação de linhas e escritas
*NBR 17006	Desenho Técnico – Requisitos para representação dos métodos de projeção
*NBR 17067	Desenho Técnico – Requisitos para as especificidades das representações ortográficas
*NBR 17068	Desenho Técnico – Requisitos para representação de dimensões e tolerâncias
Lei Federal 11445	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766 de 19 de dezembro de 1979, 8.036 de 11 de maio de 1990, 8.666 de 21 de junho de 1993, 8.987 de 13 de fevereiro de 1995, revoga a Lei nº 6.528 de 11 de maio de 1978 e dá outras providências
Resolução CONFEA nº 361	Dispõe sobre a conceituação de Projeto Básico em Consultoria de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
*Portaria GM/MS 888/2021	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade

## 3. ANÁLISES DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS

Para elaboração do estudo, deve ser avaliada qualquer variação de vazão ou pressão do sistema, como por exemplo.

- Partida e parada de conjuntos moto-bomba;
- Fechamento de válvulas ou registros;

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

- Operação de válvulas de controle, entre outros.

As seguintes etapas devem ser consideradas:

- 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.

#### **4. REQUISITOS DE SOFTWARE**

As simulações de transitórios hidráulicos devem ser realizadas com o auxílio de softwares específicos, que garantam a precisão dos resultados e a compatibilidade com as ferramentas de análise da SANEPAR.

- Software Principal: o software padrão e preferencial para a execução dos estudos de transitórios hidráulicos é o Hammer.
- Utilização de Softwares Alternativos: caso a empresa opte por utilizar outro software, como o Surge ou similar, é obrigatória a obtenção de autorização prévia junto à SANEPAR.
- Entregas de Modelo: mesmo quando um software alternativo for utilizado, é indispensável que seja entregue um modelo hidráulico lançado no software WaterCAD. Este modelo é essencial para que a SANEPAR possa realizar estudos futuros e análises operacionais.

O modelo entregue deve seguir rigorosamente as seguintes diretrizes:

- Fidelidade ao Estudo: o modelo deve ser uma réplica exata do sistema simulado no software alternativo;
- Calibração e Validação: deve ser entregue completamente calibrado e rodando em regime permanente;
- Dispositivos de Proteção: todos os dispositivos de proteção contra transitórios hidráulicos devem estar inseridos no modelo, conforme a solução técnica definida no estudo.

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

## **5. CONDIÇÕES DE CONTORNO**

As condições de contorno são os parâmetros iniciais e de modelagem que definem o comportamento do sistema. Para garantir a precisão do estudo de transitórios hidráulicos, as condições de contorno devem ser compatíveis com as características reais do projeto, tanto para linhas novas quanto para sistemas existentes.

### **5.1. Lançamento e Topografia da Linha**

O traçado da linha a ser estudada deve ser lançado em planta georreferenciada.

Se necessário, deverão ser realizados serviços topográficos ou de sondagem para subsidiar o estudo com dados precisos.

O perfil longitudinal da linha deve ser gerado automaticamente pelo software de simulação, a partir da planta georreferenciada. Não serão aceitos modelos simplificados ou perfis lançados manualmente.

### **5.2. Dados de Equipamentos e Dispositivos**

A confiabilidade dos dados cadastrais ("as-built") é crucial para a qualidade do estudo, não dispensando a necessidade da realização de uma visita técnica para confirmação de dados, levantar informações complementares e verificar o estado dos equipamentos e tubulações.

- Estações Elevatórias e Linhas de Recalque: para sistemas existentes, é obrigatória a calibração do sistema. Isso inclui a apresentação da curva do sistema e uma descrição detalhada de todos os equipamentos instalados; se no sistema em estudo não houver medições de vazão e/ou pressão, os dados serão providenciados pela área operacional da SANEPAR e visita técnica a ser realizada pela contratada;

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

- Componentes da Tubulação: a tubulação deve ser dividida em segmentos que representem com precisão: (1) Mudanças de material e/ou diâmetro; (2) Pontos altos e baixos da linha; (3) Válvulas de retenção, válvulas de controle, ventosas e demais dispositivos de proteção.

### **5.3. Características do Material e Dimensionamento**

- Propriedades do Material: considerar as características específicas de cada material de tubulação (PVC, ferro fundido, aço, etc.) em cada segmento. Não utilizar valores médios nos cálculos;
- Classe de Pressão: a definição do material deve levar em conta as pressões máximas e mínimas resultantes do estudo de transitórios hidráulicos. A classe de pressão da tubulação deve ser adequada para suportar as condições mais severas de sobrepressão e subpressão.

### **5.4. Ancoragem e Estruturas**

- Pontos de Ancoragem: pontos notáveis, que exigem elementos de ancoragem (como curvas horizontais, verticais, travessias aéreas, etc.), devem ser apresentados em uma tabela no memorial descritivo;
- Informações Estruturais: a tabela deve conter as pressões em regime permanente, as pressões máximas e mínimas transitórias. Estas informações irão subsidiar o projeto estrutural dos blocos de ancoragem.

## **6. CENÁRIOS**

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

- a) **Sem dispositivos de proteção** – realizar o estudo transitório considerando somente a linha pressurizada, sem nenhum tipo de dispositivo de proteção contra efeitos transitórios. Para a avaliação das linhas existentes, as ventosas para retirada de ar no enchimento e operação da linha, caso existam, não devem ser consideradas neste cenário;

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

- b) **Com dispositivos de proteção existentes** – realizar o estudo de transitório considerando a linha pressurizada com os dispositivos existentes, apresentando um diagnóstico do sistema;
- c) **Com dispositivos de proteção projetados** – realizar o estudo de transitório 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, chaminé de equilíbrio, tanques híbridos, reservatório hidropneumático - RHO, tanque alimentador unidirecional – TAU, válvulas de alívio, válvulas de jusante com definição de tempo de fechamento (gravidade), entre outros. Todas as alternativas estudadas devem fazer parte do modelo hidráulico e do relatório;
- d) **Diferentes materiais** – para o caso de linha nova realizar o estudo de transitório considerando diferentes materiais com comparação dos resultados;

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.

Para elevatórias com inversor de frequência, deve-se considerar todas as condições de operação. Caso seja definida a necessidade de dispositivos de proteção, os mesmos devem ser dimensionados de modo a atender todas as condições possíveis da elevatória, na faixa de menor até a máxima frequência (60Hz). Quando dimensionados tanques, como: RHO, TAU, chaminé de equilíbrio, entre outros, o manual de operação deverá conter ainda um gráfico do nível de operação do tanque em relação à pressão de saída da elevatória, já que o mesmo será variável conforme a frequência de operação da elevatória. Deve ser avaliada todas as condições definidas com a combinação de bombas projetadas para a elevatória (1+1; 2+1; 3+1;...) e as operações entre os pontos, por exemplo, no caso de 3 bombas (2+1) deve ser avaliada a operação com uma bomba velocidade mínima até 2 bombas em velocidade máxima.

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

## **7. 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 (GE's, GR's, GPDAG, GIDL) 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 material com módulo de elasticidade adequado para minimizar o efeito transitório, etc.).

Outro fator a ser analisado é a necessidade de parada para vistorias e manutenção dos equipamentos constituintes do sistema de proteção (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 de o tempo de parada ser comportado pelo sistema. No caso de parada parcial, deve ser analisado e informado no relatório o limite da operação parcial da unidade.

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

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

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.

## **8. APRESENTAÇÃO**

O Estudo dos transitórios hidráulicos 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;
- Detalhamento;
- Plano de operação da(s) linha(s);

### **8.1. 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 RHO's, TAU's, tempo de fechamento de válvulas de controle, 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.

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

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

Nas demais unidades existentes e propostas tais como TAU's, RHO's e chaminés de equilíbrio devem ser apresentados os resultados específicos destes dispositivos de proteção.

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

Vazão – L/s ou  $m^3/h$ ;

Pressão – mca;

Potência – CV;

Diâmetro – mm;

Extensão – km ou m;

Declividade – m/m;

Celeridade – m/s;

Rotação – rpm;

Sobrepessão, Subpressão – mca;

Inércia –  $kg.m^2$

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

## **8.2. Arquivo Digital da Simulação**

A simulação hidráulica de transitórios deverá ser entregue em meio digital com todos os arquivos gerados pelo programa, incluindo os arquivos de resultados para todos os cenários estudados.

## **8.3. 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.

## **8.4. 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 transitório sem dispositivos de proteção;
- Envoltória das pressões máximas e mínimas durante o transitório com dispositivos de proteção.

Deve também apresentar os seguintes gráficos:

- Envoltórias de pressões piezométricas máximas e mínimas transitórias e permanentes considerando o perfil da linha, conforme figura 01;
- Gráfico de pressões resultantes na linha conforme figura 02.

## DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS

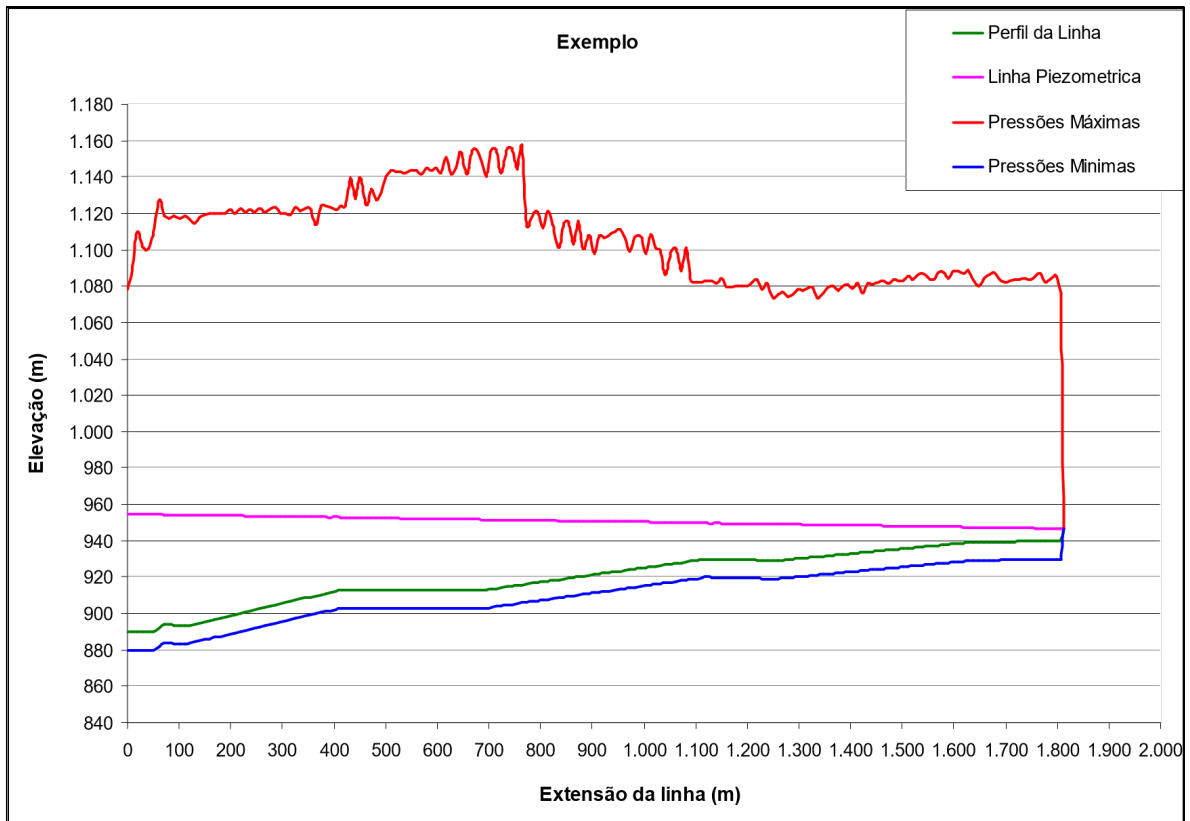


Figura 01

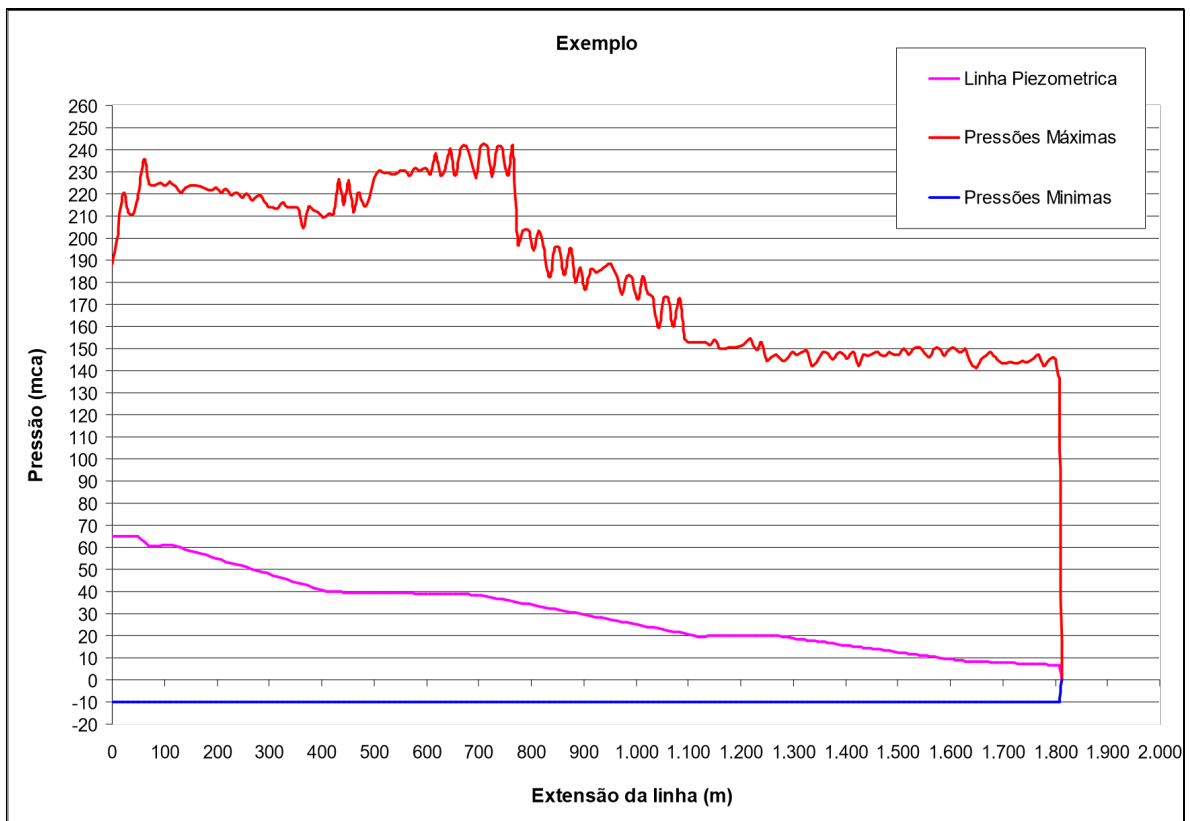


Figura 02

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE SANEAMENTO  
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

---

### **8.5. Detalhamento**

Deve ser desenvolvido o projeto dos dispositivos de proteção escolhido, contendo Memorial Descritivo, Peças Gráficas, Especificações Técnicas e Orçamento conforme Prescrições do MPS – Manual de Projetos de Saneamento.

### **8.6. 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, nas operações de fechamento e de abertura.

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.

O Plano de Operação deverá incluir também as considerações para a operação de enchimento e esgotamento da linha com cenários de contingência, quando necessário.