

## **OBJETIVO**

Definir critérios e procedimentos para elaboração da Simulação Hidráulica dos Sistemas de Abastecimento de Água, visando:

- Simulação e Calibração do Sistema Existente;
- Simulação do Sistema Proposto.

A simulação do sistema existente tem como objetivo, dentro do ETP ou Projeto de Engenharia, elaborar o diagnóstico da rede de distribuição e de transporte, com identificação dos déficits de abastecimento e locais com pressões elevadas.

## **ELABORAÇÃO DA SIMULAÇÃO**

As seguintes etapas deverão ser consideradas para elaboração da simulação:

- Definição dos diâmetros mínimos a serem simulados;
- Definição do número mínimo de Nós;
- Locação de Nós indispensáveis;
- Cálculo da vazão dos Nós;
- Vazão máxima dos Nós;
- Tipos de simulação;
- Pressões da rede de distribuição;
- Apresentação da Simulação;
- Calibração da rede existente.

### **Definição do Número Mínimo de Nós**

O número mínimo de Nós deverá ser definido pela totalização dos itens da tabela seguinte, que levará em conta o número de ligações do município ou da zona de pressão a ser simulada, e a extensão da rede de água, conforme QCPD:

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO – REVISÃO 2014	Módulo 10.4	Página 1/9
-----	--	----------------	---------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DE  
SIMULAÇÃO HIDRÁULICA - SAA**



	Pequeno Porte*	Médio Porte	Grande Porte
Ligações	15,0%	3,0%	2,5%
Extensão de Rede	0,05%	0,05%	0,03%
Classificação	Até 12.500 economias Ou até 50.000 habitantes	De 12.501 até 62.500 economias ou de 50.001 até 250.000 habitantes	Acima de 62.501 economias ou acima de 250.001 habitantes

\* Limitado a 2.000 trechos

Para todos os sistemas, deverão ser considerados os Grandes Consumidores, atribuindo um nó para cada ocorrência, além dos nós indispensáveis conforme descrição a seguir.

Para a definição de Grandes Consumidores, consultar a Unidade Regional responsável pelo município a ter seu sistema simulado.

Para Sistemas de Médio e Grande Porte poderá ser optado pela Coordenação do Projeto pela simulação por zonas de pressão (com limites a ser definido em conjunto com o analista do projeto), sendo as regras a serem aplicadas neste caso as mesmas para a simulação de Sistemas de Pequeno Porte.

Após a simulação de todas as zonas de pressão do sistema, simular o sistema distribuidor entre zonas de pressão (macro-distribuição), considerando as demandas resultantes destas zonas.

**Locação de Nós indispensáveis:**

Os Nós deverão ser locados, obrigatoriamente:

- No mínimo um Nó, nas cotas de terreno mais elevadas de cada Zona de Pressão;
- No mínimo um Nó, nas cotas piezométricas menores, para simulação de pressão máxima;
- No mínimo um Nó, nas cotas de terreno mais baixas de cada Zona de Pressão;
- Nas mudanças de diâmetro das tubulações de todos os trechos definidos, mesmo que a vazão do Nó seja zero;
- A montante, junto ao eixo das Bombas Hidráulicas;
- A jusante, junto ao eixo das Bombas Hidráulicas;

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO – REVISÃO 2014	Módulo 10.4	Página 2/9
-----	--	----------------	---------------

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DE  
SIMULAÇÃO HIDRÁULICA - SAA**

---



- A montante, junto as Válvulas de Controle (de vazão ou pressão) ou Válvulas Redutoras de Pressão;
- A jusante, junto as Válvulas de Controle (de vazão ou pressão) ou Válvulas Redutoras de Pressão;
- Na geratriz superior da tubulação das saídas dos Reservatórios;
- Em trechos intermediários de rede virgem com cotas de terreno superiores às cotas de terreno dos seus extremos.

### **Cálculo da Vazão do Nó**

Elaboração de uma planta com a seguinte estrutura, observando-se os critérios de locação de Nós indispensáveis:

- Cadastro da rede de água existente;
- Locação dos Nós e área de sua influência;

Nota 1: as ligações dos Grandes Consumidores serão consideradas como Nós individuais.

Nota 2: conforme o caso, apresentar planta com a setorização utilizada para o cálculo das demandas dos nós (setores de medição, setores de leitura, setores censitários, etc)

O consumo de água de cada economia deverá ser obtida setorialmente, em função dos Grupos de Leitura das Ligações de Água existentes.

Deverá ser considerada a média de consumo dos últimos 12 meses, sempre expurgando as anormalidades de consumo, tais como vazamentos.

Para a simulação do SAA projetado, as áreas de expansão que ainda não possuam loteamentos aprovados pela Prefeitura Municipal deverão ser transformadas em economias, adotando-se os seguintes critérios:

- Lotes de 12 x 30 metros;
- Área de arruamento e área verde igual 35% da área total;
- Taxa de ocupação de 80% dos lotes.

Verificar também os valores adotados no estudo de crescimento populacional do ETP.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO – REVISÃO 2014	Módulo 10.4	Página 3/9
-----	--	----------------	---------------

---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DE  
SIMULAÇÃO HIDRÁULICA - SAA**

---



Utilizar as informações sobre as viabilidades recentemente emitidas pela SANEPAR para loteamentos que serão implantados no sistema.

O consumo de água das economias das áreas de expansão será igual ao consumo das economias de um grupo de leitura já existente, de padrão de consumo similar.

Para a simulação do sistema existente, todas as economias deverão ter suas demandas acrescidas das perdas de água conforme o  $IPL_d$  fornecido no QCPD, ou por valores conhecidos de micro e macro medições de cada setor de medição, quando da existência destes setores, para simulação do SAA existente.

Para simulação do sistema projetado, o índice de perdas será igual às metas projetadas no estudo de demandas do ETP. Caso estes valores estejam defasados, atender as metas informadas, formalmente, pelo Gerente da Área Operacional responsável.

Utilizar o coeficiente anual do dia de maior consumo  $k_1$  definido no ETP. Caso o ETP esteja defasado, o  $k_1$  deverá ser avaliado e definido através do relatório QCPD do último ano, sendo que deverão ser expurgados os valores com anormalidades, como por exemplo, distorções em função de falta de energia elétrica. Quando da inexistência de histórico, adotar valor de  $k_1=1,2$  explicitado no Manual de Hidráulica do Eng<sup>o</sup> Azevedo Neto.

Utilizar o coeficiente da hora de maior consumo  $k_2$  definido no ETP. Caso o ETP esteja defasado, o  $k_2$  deverá ser calculado para cada Área de Medição ou para o SAA quando da falta de Área de Medição, sempre que haja registro dos dados históricos. Quando da inexistência de histórico, adotar valor de  $k_2=1,5$  explicitado no Manual de Hidráulica do Eng<sup>o</sup> Azevedo Neto.

Em Sistemas de Abastecimento de Água onde já estão implementadas ligações georreferenciadas, deverão ser utilizados os dados por ligação a ser fornecido pela SANEPAR para o carregamento dos nós.

A vazão máxima dos Nós deve estar limitada a 2,0 l/s (dois litros por segundo), salvo para os Nós referente às ligações de Grandes Consumidores.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO – REVISÃO 2014	Módulo 10.4	Página 4/9
-----	--	----------------	---------------

## **Tipos de Simulação**

As simulações deverão ser realizadas no software Watercad e em versão compatível com a utilizada pela Sanepar.

Deverão ser executadas simulações estáticas para:

- Vazão máxima;
- 10% da vazão máxima.

Sistemas com Centro de Controle Operacional (CCO) ou qualquer outro sistema supervisorio de medição e controle que seja possível determinar o perfil horário do consumo, o analista do projeto poderá solicitar que seja realizada Simulação em Período Estendido (EPS) de no mínimo 72 horas, de forma a analisar a variação do nível dos Centros de Reservação do Sistema.

Quando solicitado no Termo de Referencia, normalmente para sistemas de médio e grande porte com vários centros de reservação, deverá ser feita a simulação da macro distribuição contendo apenas as tubulações de transporte ou transferência, reservação e elevatórias para verificar o equilíbrio do sistema. As adutoras e sub-adutoras devem ser obtidas a partir do cadastro técnico, com verificação da estanqueidade das linhas e interligações com a rede de distribuição. O modelo do sistema de macro distribuição deve ser carregado com as demandas obtidas dos resultados das simulações geradas para as redes de distribuição. Para as demandas da simulação do sistema projetado utilizar os dados do ETP considerando as novas demandas dos centros de reservação existentes e projetados, bem como novas adutoras e/ou sistemas de recalque.

## **Calibração da Rede Existente**

Quando houver dados disponíveis, após a conclusão da elaboração das Simulações Hidráulicas do Sistema Existente deverá ser executada a Calibração da respectiva Simulação conforme itens a seguir:

Avaliação do Modelo:

- Verificar a existência de dados de campo (pressão em pontos da rede de distribuição), em caso negativo, solicitar medições em Pontos de Monitoramento (se houver) ou pontos estratégicos da rede que representem condições extremas da mesma. Estes pontos devem ser definidos pela Empresa Projetista e

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO – REVISÃO 2014	Módulo 10.4	Página 5/9
-----	--	----------------	---------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DE  
SIMULAÇÃO HIDRÁULICA - SAA**



aprovadas pelo analista do projeto. As medições deverão ser feitas nos dias e horas de maior consumo e sua implementação será de responsabilidade da Área de Operação;

- Comparar os resultados do modelo com os dados de campo. A avaliação poderá ser feita conforme o critério para pressão de Walski (2001):

i. 85% das medições de campo devem estar entre  $\pm 0,5$  m ou  $\pm 5\%$  da máxima perda de carga do sistema, a que for maior.

ii. 95% das medições de campo devem estar entre  $\pm 0,75$  m ou  $\pm 7,5\%$  da máxima perda de carga do sistema, a que for maior.

iii. 100% das medições de campo devem estar entre  $\pm 2$  m ou  $\pm 15\%$  da máxima perda de carga do sistema, a que for maior.

- Se forem satisfeitas as condições acima, o modelo está calibrado.

Calibração do Modelo:

- Identificar e detalhar os consumidores especiais, verificando consumos micro-medidos e perfis de consumo. Ajustar o modelo conforme esse detalhamento;

- Efetuar nova verificação de cotas para os pontos que foram monitorados e apresentaram diferenças constantes entre dados de campo e modelo;

- Checar curvas de bombas com valores de pressão e vazão da elevatória medidos em campo;

- Se as diferenças entre dados de campo e modelo são maiores nos horários de maior consumo, há possibilidade de haver erro nos valores de coeficientes de rugosidade. Analisar e ajustar os coeficientes de rugosidade da tubulação do modelo;

- Aplicar as alterações ao modelo e fazer uma reavaliação do mesmo, até que este esteja calibrado.

### **Rede de Distribuição**

Os critérios de pressão admitidas na rede para o projeto da rede de distribuição deve, preferencialmente, atender aos critérios abaixo:

- pressão mínima de 10 mca;

- pressão máxima de 40 mca.

Devem ser definidas áreas de medição com no máximo 5.000 ligações.

Para os SAA's com setor de manobra existente, o sistema proposto deverá considerar as devidas adequações necessárias para manter a configuração similar.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO – REVISÃO 2014	Módulo 10.4	Página 6/9
-----	--	----------------	---------------

---

## **Apresentação da Simulação - Resultados**

---

Devem ser disponibilizadas em meio digital todos os arquivos necessários para a montagem do modelo incluindo a visualização das codificações conforme descrito a seguir, em versão compatível com o programa utilizado pela Sanepar.

### **SISTEMA EXISTENTE**

#### *Sistema de Transporte (Macro-distribuição)*

Apresentar planta na escala 1:10.000, contendo as curvas de nível de 5 em 5 metros, as vazões e pressões máximas e mínimas das Unidades Operacionais, pressões máximas e mínimas em pontos notáveis das tubulações de transporte, volumes úteis, máximos e mínimos dos reservatórios existentes.

#### *Sistema Distribuidor*

Apresentar planta na escala 1:10.000, contendo as áreas de influência dos reservatórios, as zonas de pressão e áreas de medição existentes com as curvas de nível de 5 em 5 metros.

Apresentar planta na escala 1:5.000 (articulada quando necessário) com as tubulações simuladas indicando os pontos de instalação de sensores de pressão e/ou vazão quando da sua ocorrência. As tubulações de transporte/distribuição deverão estar codificadas por cor conforme padrão do cadastro técnico da SANEPAR descrito a seguir. Os nós ou junções deverão estar codificados por cor de acordo com a pressão resultante conforme descrito a seguir.

#### *Codificação por cor das tubulações:*

Parâmetro: diâmetro (mm)

- $D < 40$  mm – tubulações na cor cyan;
- $40\text{mm} < D < 50\text{mm}$  – tubulações na cor verde;
- $D > 50$  mm – tubulações na cor magenta.

#### *Codificação por cor dos nós/junções:*

Parâmetro: pressão resultante (mca) considerando a pressão máxima para vazão mínima e pressão mínima para vazão máxima para simulações em período

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO – REVISÃO 2014	Módulo 10.4	Página 7/9
-----	--	----------------	---------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DE  
SIMULAÇÃO HIDRÁULICA - SAA**



estático e pressão máxima e mínima ocorrida na simulação em período estendido:

- $P < 10$  mca – nós na cor vermelha;
- $10 \text{ mca} < P < 40$  mca – nós na cor verde;
- $P > 40$  mca – nós na cor laranja;
- Obs.: os nós deverão estar visíveis de acordo com a escala de impressão.

## SISTEMA PROJETADO

### *Sistema de Transporte (Macro-distribuição)*

Apresentar planta na escala 1:10.000, contendo curvas de nível de 5 em 5 metros, as vazões e pressões máximas e mínimas das Unidades Operacionais Existentes e Projetadas, pressões máximas e mínimas em pontos notáveis das tubulações de transporte, volumes úteis, máximos e mínimos dos reservatórios existentes e projetados.

### *Sistema Distribuidor*

Apresentar planta na escala 1:10.000, contendo as áreas de influência dos reservatórios, as zonas de pressão e áreas de medição existentes com curvas de nível de 5 em 5 metros do novo sistema de distribuição proposto.

Apresentar planta na escala 1:5.000 (articulada quando necessário) com as tubulações simuladas. As tubulações de transporte/distribuição deverão estar codificadas por cor conforme padrão do cadastro técnico da SANEPAR descrito a seguir. Os nós ou junções deverão estar codificados por cor de acordo com a pressão resultante conforme descrito a seguir.

### *Codificação por cor das tubulações:*

Parâmetro: diâmetro (mm)

- $D < 40$  mm – tubulações na cor cyan;
- $40\text{mm} < D < 50\text{mm}$  – tubulações na cor verde;
- $D > 50$  mm – tubulações na cor magenta.
- Tubulações projetadas – tubulações na cor azul com indicação do material e diâmetro.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO – REVISÃO 2014	Módulo 10.4	Página 8/9
-----	--	----------------	---------------



---

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DE  
SIMULAÇÃO HIDRÁULICA - SAA**

---



*Codificação por cor dos nós/junções:*

Parâmetro: pressão resultante (mca) considerando a pressão máxima para vazão mínima e pressão mínima para vazão máxima para simulações em período estático e pressão máxima e mínima ocorrida na simulação em período estendido:

- $P < 10$  mca – nós na cor vermelha;
- $10 \text{ mca} < P < 40$  mca – nós na cor verde;
- $P > 40$  mca – nós na cor laranja;

Obs.: os nós deverão estar visíveis de acordo com a escala de impressão.