

# ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA

## SISTEMA URBANO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### QUANTIDADE DE ÁGUA REQUERIDA

Prof. Francisco Lorenzini Neto

E-mail: francisconeto@ifsul.edu.br

# SISTEMA URBANO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

- Introdução
- Quantidade de água requerida
  - Alcance do projeto
  - Previsão da população
  - Estimativa dos consumos
  - Consumo *per capita*
  - Variação de consumo

# SISTEMA URBANO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

- Principal objetivo de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA):

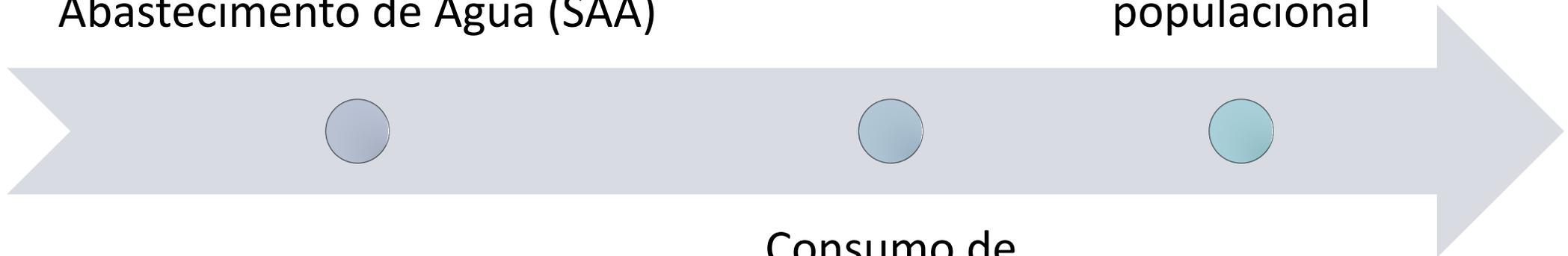
Fornecer à população água em **quantidade e qualidade**, de modo a satisfazer determinados requisitos físicos, químicos e biológicos.

# SISTEMA URBANO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Concepção de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA)

Projeção populacional

Consumo de água



# PARTES CONSTITUINTES DE UM SAA

---

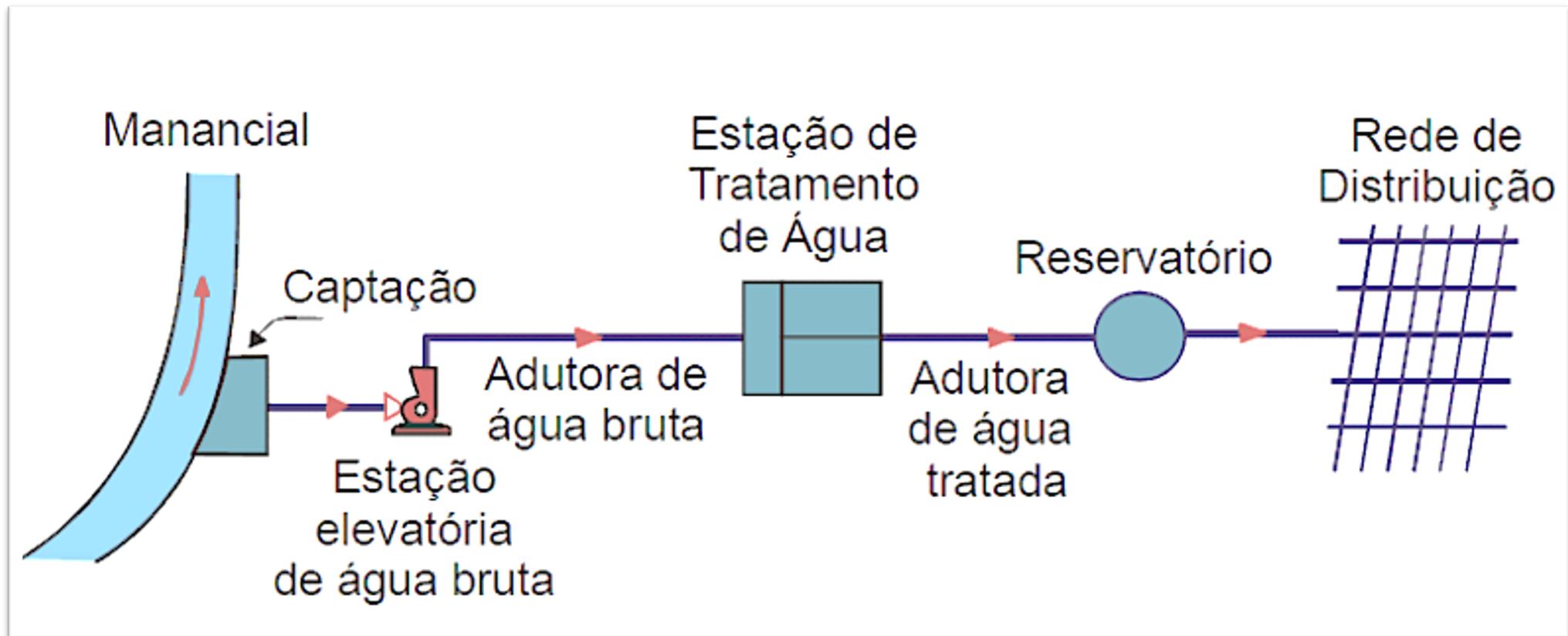
<b>Manancial</b>	Corpo d'água (superficial ou subterrâneo) que fornece água para o sistema.
<b>Captação</b>	Conjunto de obras para retirar água (superficial ou subterrânea).
<b>Adução</b>	Transporta a água entre as diversas partes do sistema (bruta ou tratada). Conduto livre, forçado por gravidade ou em recalque.
<b>Estação elevatória</b>	Obras e equipamentos destinados a recalcar água para cotas superiores.
<b>Estação de tratamento</b>	Destina-se a enquadrar a água aos padrões de qualidade.
<b>Reservatório de distribuição</b>	Acumula a água em horários de pouco consumo para ser utilizada nos horários de maior consumo.
<b>Rede de distribuição</b>	Conjunto de tubulações que transportam água até os consumidores.

---

# PARTES CONSTITUINTES DE UM SAA



# PARTES CONSTITUINTES DE UM SAA



# CONCEPÇÃO DE UM SAA

- Objetivos:
  - diagnóstico do sistema existente, considerando a situação atual e futura;
  - estabelecimento de parâmetros básicos de projeto;
  - pré-dimensionamento das unidades dos sistemas, para alternativas escolhidas;
  - escolha da alternativa mais adequada técnica, econômica e ambientalmente;
  - estabelecimento das diretrizes gerais de projeto e estimativas quantitativas de serviços que devem ser executados na fase de projeto.

# CONCEPÇÃO DE UM SAA

- Fatores condicionantes:
  - qualidade da água;
  - topografia do local;
  - posição da cidade em relação aos mananciais;
  - atividade econômica da região;
  - características da cidade e da sua população.

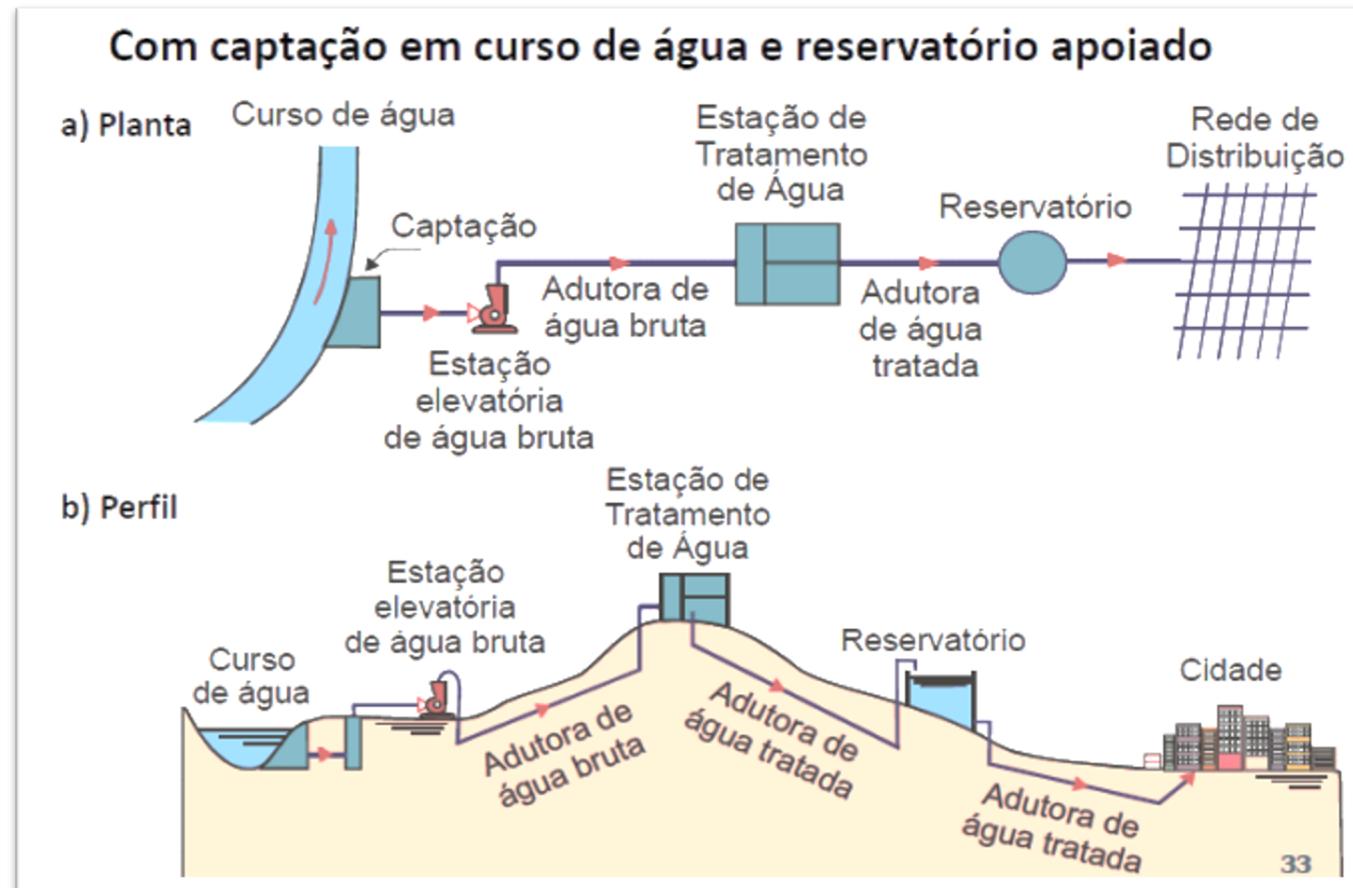
# CONCEPÇÃO DE UM SAA

- Normas existentes:

<b>Norma</b>	<b>Número</b>	<b>Ano</b>	<b>Assunto</b>
NBR	12211	1992	Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água
NBR	12212	2017	Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea
NBR	12213	1992	Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público
NBR	12214	2020	Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água
NBR	12215	2017	Projeto de adutora de água
NBR	12216	1992	Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público
NBR	12217	1994	Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público
NBR	12218	2017	Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público

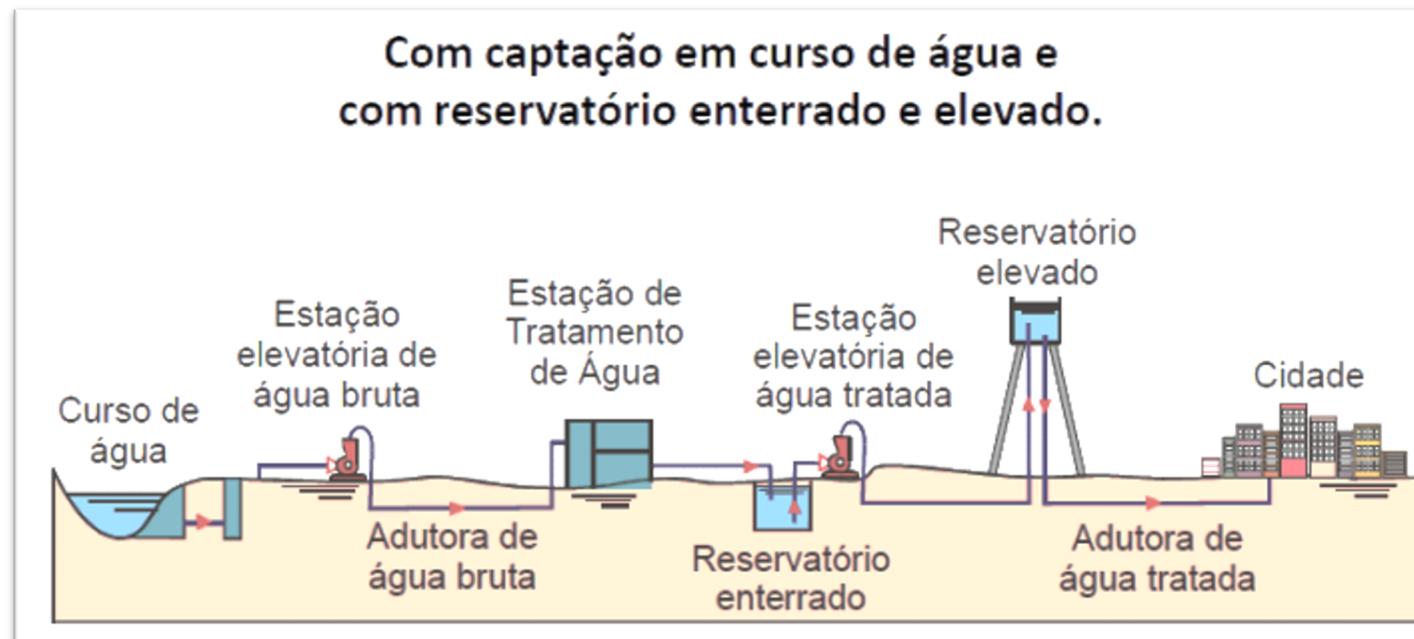
# CONCEPÇÃO DE UM SAA

- Exemplos:



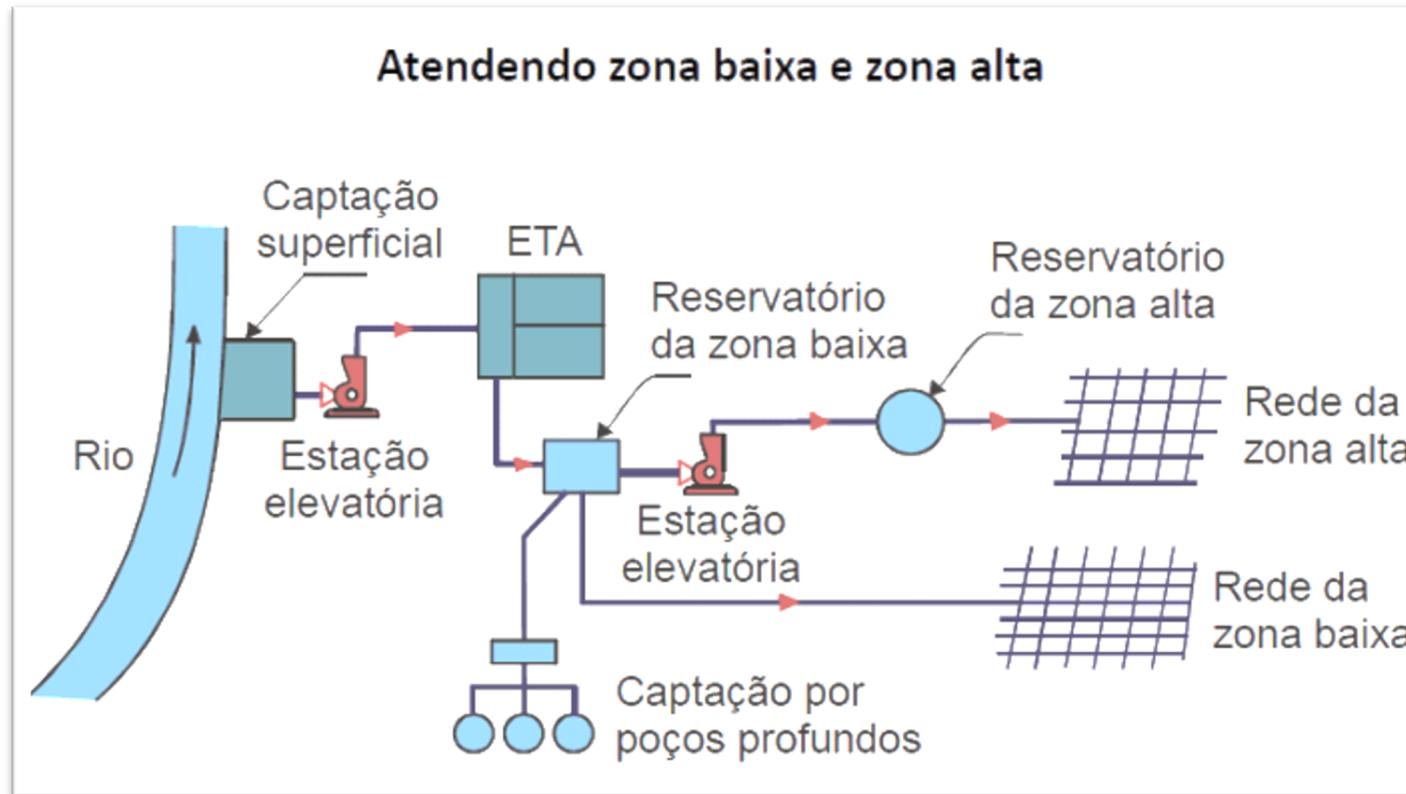
# CONCEPÇÃO DE UM SAA

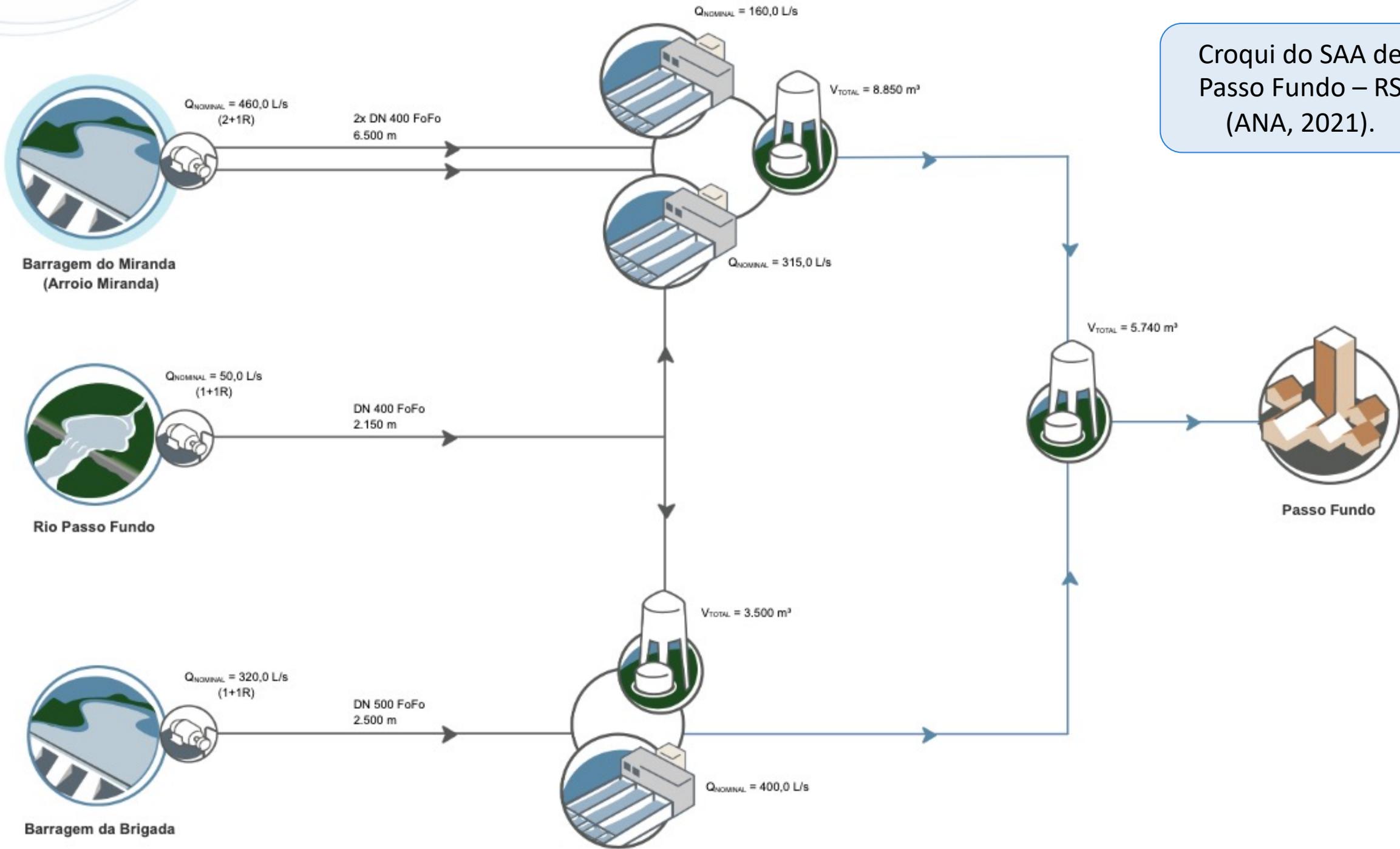
- Exemplos:



# CONCEPÇÃO DE UM SAA

- Exemplos:

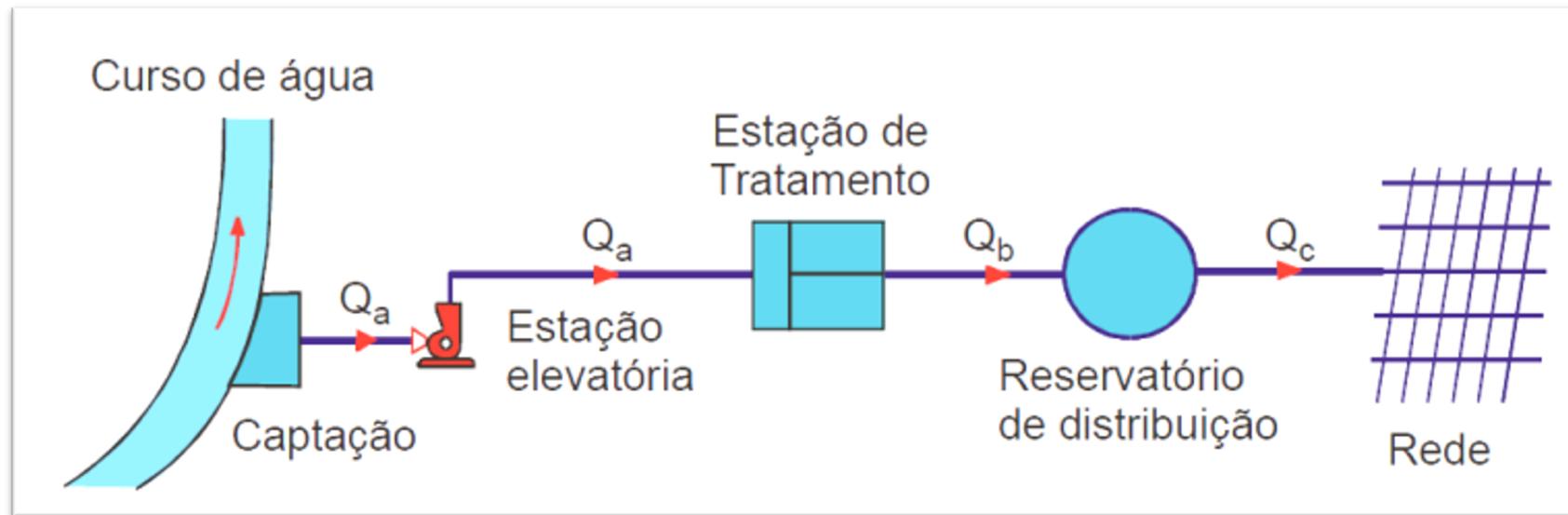




Croqui do SAA de Passo Fundo – RS (ANA, 2021).

# DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES DE UM SAA

Principal variável no dimensionamento das tubulações, estruturas e equipamentos é a **vazão de projeto**. Como determiná-la?



# CONSUMO DE ÁGUA

- Importância:
  - dimensionamento de tubulações, reservatórios e equipamentos;
  - operação, ampliação e melhorias dos sistemas.
- Fatores condicionantes:
  - consumo médio *per capita* (tipo de consumidor);
  - estimativa do número de habitantes (atual e de projeto);
  - variações de demanda;
  - consumos adicionais (reserva de incêndio, áreas industriais, limpeza pública).

# CONSUMO DE ÁGUA

- Classificação:



Estabelecimento comercial	Consumo médio
Escritórios	50 litros/pessoa.dia
Restaurantes	25 litros/refeição.dia
Hotéis	120 litros/hóspede.dia
Hospitais	250 litros/leito.dia
Garagens	50 litros/automóveis.dia
Postos de serviços para veículos	150 litros/veículo.dia
Lavanderias	30 litros/kg de roupa

Fonte: adaptada da NBR 7229/1993.

Estabelecimento industrial	Consumo médio
Indústrias – uso sanitário	70 litros/operário/dia
Matadouros – animais de grande porte	300 litros/cabeça abatida
Matadouros – animais de pequeno porte	150 litros/cabeça abatida
Laticínios	5 litros/kg de produto
Curtumes	50-60 litros/kg de couro
Fábrica de papel	100-400 litros/ kg de papel
Tecelagem (sem alvejamento)	10-20 litros/kg de tecido

Fonte: Dacach (1979).

Estabelecimento	Consumo
Edifício público	50 litros/pessoa.dia
Quartel	150 litros/pessoa.dia
Escola pública	50 litros/pessoa.dia
Jardim público	1,5 litro/m <sup>2</sup> .dia

Fonte: adaptada de Dacach (1979) e da NBR 7229/1993.

# CONSUMO DE ÁGUA

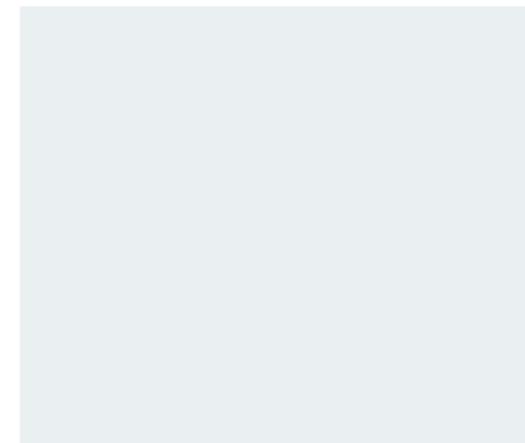
- Determinação:



**Macromedição:**  
leitura na saída de reservatórios.  
Volume produzido.



**Micromedição:**  
leitura de hidrômetros.  
Volume consumido.



**Ausência de medições:**  
valores de consumo médio ou  
valores de áreas semelhantes.

# CONSUMO MÉDIO PER CAPITA

- Consumo *per capita* (q):
  - é a média diária, por indivíduo, dos volumes requeridos para satisfazer os consumos doméstico, comercial, público e industrial, além das perdas no sistema; relação entre o volume produzido e a população atendida.
- Consumo *per capita* efetivo (q<sub>e</sub>):
  - as perdas\* no sistema são excluídas (as perdas são volumes não contabilizados: vazamentos, extravasamento de reservatórios, ligações clandestinas, hidrômetros inoperantes, etc.; são a diferença entre o volume produzido e o consumido); relação entre o volume consumido e a população atendida.

\*Perda real: água não consumida pelos clientes (vazamentos).

\*Perda aparente: água consumida pelos clientes, mas não medida nem faturada (submedição, furtos, etc.).

# CONSUMO MÉDIO PER CAPITA

- Varia de acordo com a localidade e depende de diversos fatores:
  - hábitos higiênicos e culturais da comunidade;
  - quantidade de micromedição;
  - instalações e equipamentos hidráulico-sanitários dos imóveis;
  - pressão na rede;
  - valor da tarifa e existência ou não de subsídios sociais ou políticos;
  - abundância ou escassez de mananciais;
  - intermitência ou regularidade de abastecimento;
  - temperatura média da região; renda familiar; etc.

# CONSUMO MÉDIO PER CAPITA

- Corsan: o consumo médio *per capita* mínimo admitido é de 200 L/hab.dia (redes de distribuição). Caso o projeto seja de propriedade da Prefeitura Municipal local, o valor adotado é de 150 L/hab.dia, mesma situação do projeto sendo de empreendedor privado, mas de caráter social.
- Em cidades desprovidas de dados, procura-se praticar o consumo *per capita* de cidades semelhantes localizadas na mesma região ou adotam-se os seguintes valores:

Consumo *per capita* (q) sugerido quando não se dispõe de outras informações.

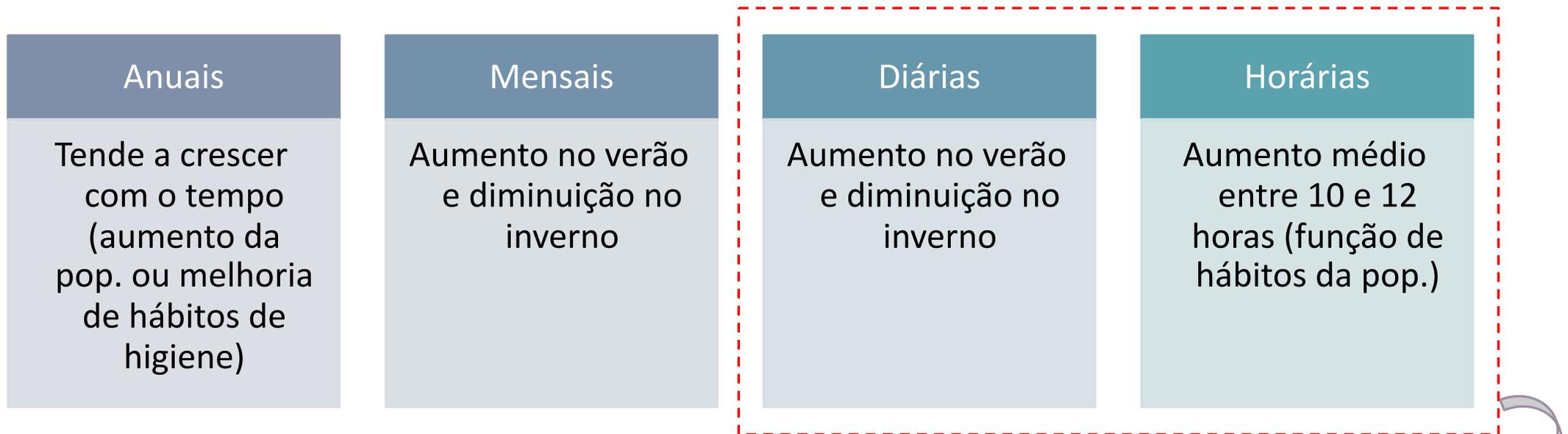
População de final de plano	Consumo <i>per capita</i> (q)
<5.000 hab.	90 a 140 litros/hab.dia
Entre 5.000 e 10.000 hab.	10 a 160 litros/hab.dia
Entre 10.000 e 50.000 hab.	110 a 180 litros/hab.dia
Entre 50.000 e 250.000 hab.	120 a 220 litros/hab.dia
>250.000 hab.	150 a 300 litros/hab.dia
População flutuante	(igual ao da permanente)

# CONSUMO MÉDIO PER CAPITA

- A demanda dos grandes consumidores (singulares) deverá ser acrescida ao consumo *per capita*, calculando-se as vazões de projeto.
- Diagnóstico do saneamento nos municípios: [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br) (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento).

# FATORES QUE AFETAM O CONSUMO

- Conforme descrito anteriormente, vários fatores afetam o consumo de água de uma região. De maneira geral, ocorrem variações:

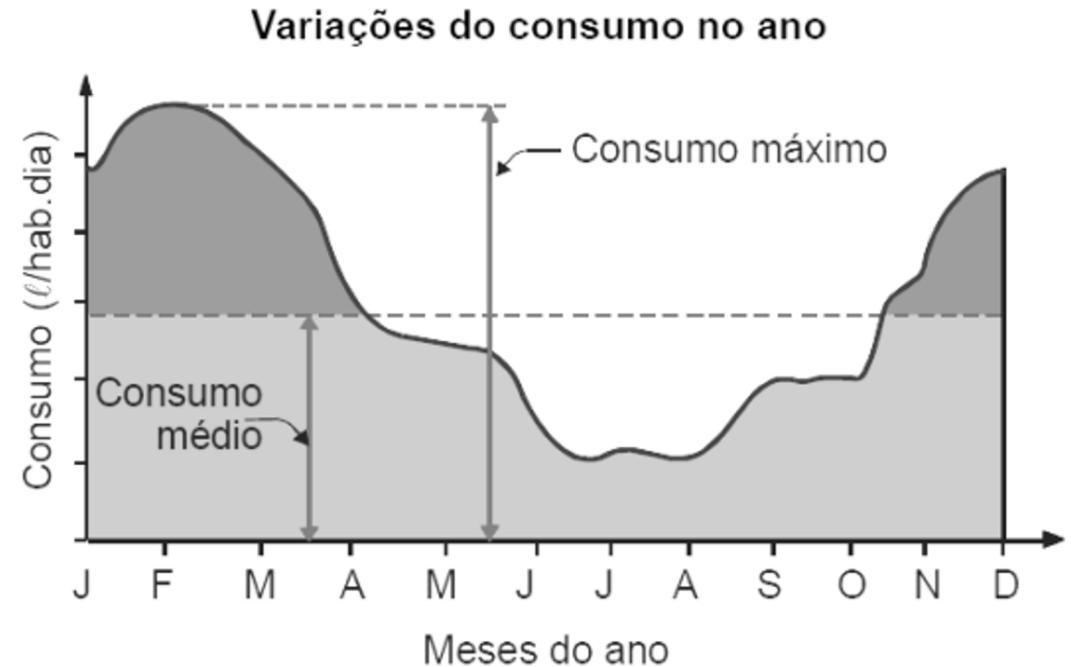


Mais significativas para os SAA, uma vez que há variações horárias ao longo do dia e variações diárias ao longo do ano.

# VARIAÇÃO DIÁRIA

- Coeficiente do dia de maior consumo ( $K_1$ ):
  - recomendação ABNT:  $K_1 = 1,2$ .

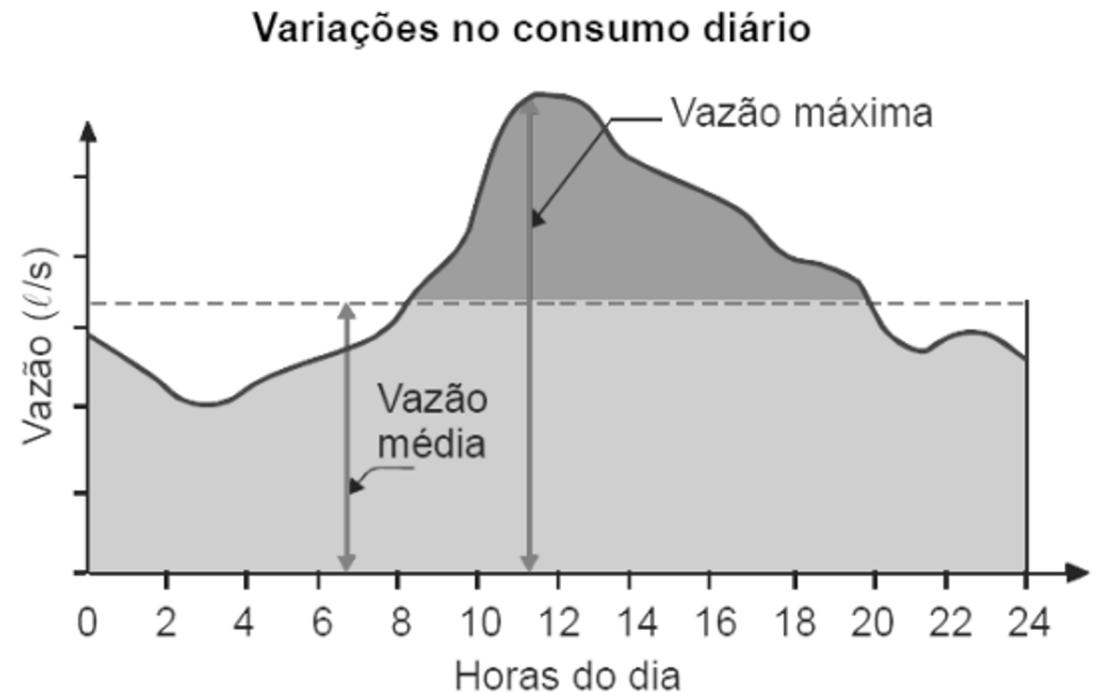
$$K_1 = \frac{\text{maior consumo diário no ano}}{\text{consumo médio diário no ano}}$$



# VARIAÇÃO DIÁRIA

- Coeficiente da hora de maior consumo ( $K_2$ ) (dia de maior consumo):
  - recomendação ABNT:  $K_2 = 1,5$ .

$$K_2 = \frac{\text{maior vazão horária do dia}}{\text{vazão média horária do dia}}$$



# PREVISÃO POPULACIONAL

- Período de alcance do projeto: **normalmente 20 anos**. Além da projeção do crescimento vegetativo, a previsão abrange diversos aspectos que podem afetar o desenvolvimento da região em estudo:
  - oportunidades e condições de trabalho;
  - atividade econômica predominante;
  - renda;
  - características socioculturais;
  - densidade habitacional;
  - nível de industrialização; etc.

# PREVISÃO POPULACIONAL

- Entretanto, os principais métodos empregados para projeção populacional são:

Método dos Componentes Demográficos

Métodos Matemáticos

Métodos Comparativos

Métodos de Distribuição Demográfica

# PREVISÃO POPULACIONAL

- **Método dos Componentes Demográficos:**

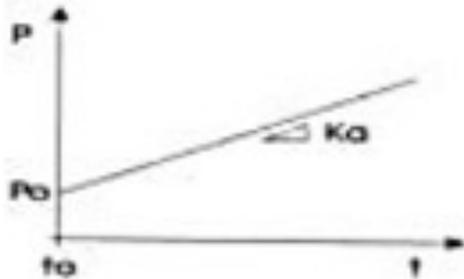
- considera a tendência passada pelas variáveis demográficas: fecundidade, mortalidade e migração, sendo formuladas hipóteses de comportamento futuro.

$$P = P_0 + (N - M) + (I - E),$$

- onde:  $P$  = população na data  $t$ ;  $P_0$  = população na data inicial  $t_0$ ;  $N$  = nascimentos no período  $t - t_0$ ;  $M$  = óbitos;  $I$  = imigrantes no período;  $E$  = emigrantes no período;  $(N - M)$  = crescimento vegetativo no período;  $(I - E)$  = crescimento social no período.

# PREVISÃO POPULACIONAL

- **Métodos Matemáticos:**



Método  
Aritmético



Método  
Geométrico



Método da Curva  
Logística

# PREVISÃO POPULACIONAL

- **Métodos Matemáticos - Aritmético:**

- considera o crescimento linear da população;
- normalmente utilizado para curto período (1 a 5 anos);

$$k_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0} \qquad P = P_2 + k_a \cdot (t - t_2)$$

- onde  $k_a$  é a taxa de crescimento linear;  $P_2$  a população no tempo  $t_2$ ;  $P_0$  a população no tempo  $t_0$ ; e  $P$  é a previsão para um tempo  $t$  (superior a  $t_2$ ).

# PREVISÃO POPULACIONAL

Os métodos aritmético e geométrico devem ser usados com parcimônia, pois o crescimento pressuposto é ilimitado.

- **Métodos Matemáticos - Geométrico:**

- considera o crescimento exponencial da população;

$$k_g = \frac{\log(P_2) - \log(P_0)}{t_2 - t_0}$$

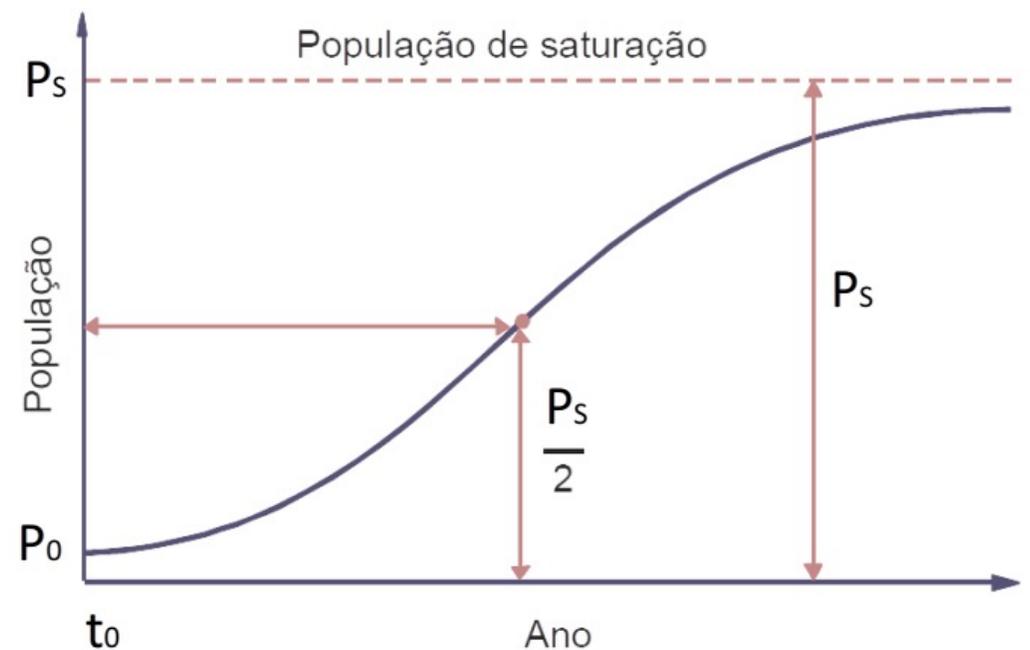
$$P = P_2 \cdot 10^{k_g \cdot (t - t_2)}$$

- onde  $k_g$  é a taxa de crescimento geométrico;  $P_2$  a população no tempo  $t_2$ ;  $P_0$  a população no tempo  $t_0$ ; e  $P$  é a previsão para um tempo  $t$  (superior a  $t_2$ ).

# PREVISÃO POPULACIONAL

- **Métodos Matemáticos - Curva Logística:**

- admite crescimento assintótico em função do tempo para um valor de saturação ( $K$ );
- a curva logística possui três trechos distintos:
  - 1) crescimento acelerado;
  - 2) crescimento retardado;
  - 3) crescimento tendendo à estabilização.



# PREVISÃO POPULACIONAL

- **Métodos Matemáticos - Curva Logística:**

- os valores de  $P_0$ ,  $P_1$  e  $P_2$  são correspondentes ao tempos  $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$ , e igualmente espaçados (isto é,  $t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = d$ ):

$$K = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - (P_1)^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - (P_1)^2} \quad b = -\frac{1}{0,4343 \cdot d} \cdot \log \left[ \frac{P_0 \cdot (K - P_1)}{P_1 \cdot (K - P_0)} \right]$$

$$a = \frac{1}{0,4343} \cdot \log \left( \frac{K - P_0}{P_0} \right) \quad P = \frac{K}{1 + e^{a-b(t-t_0)}}$$

Condições: os pontos  $P_0$ ,  $P_1$  e  $P_2$  devem ser tais que  $P_0 < P_1 < P_2$  e  $P_1^2 > P_0 \cdot P_2$

# EXEMPLO

- Com base nos dados censitários, elaborar a projeção populacional através dos métodos apresentados:

Nomenclatura	Ano	População medida (censo)	População estimada		
			Aritmética	Geométrica	Logística
P0	1980	10585			
P1	1990	23150			
P2	2000	40000			
	2005				
	2010				
	2015				
	2020				

# PREVISÃO POPULACIONAL

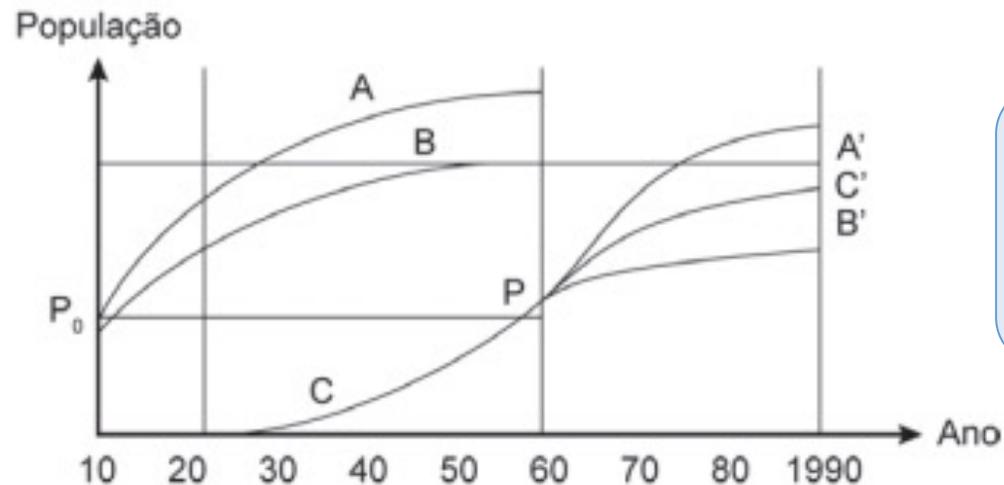
- **Método Comparativo:**

- consiste no traçado de uma curva arbitrária que se ajusta aos dados já observados, sem que se procure estabelecer a sua equação;
- as extrapolações ou previsões de populações futuras obtêm-se ao prolongar a curva, de acordo com a tendência geral verificada;

# PREVISÃO POPULACIONAL

- **Método Comparativo:**

- usam-se, como auxílio, dados de populações de outras cidades (A e B), com condições socioeconômicas semelhantes, que já tenham maior número de habitantes que a estudada.



Neste exemplo, admite-se que a cidade estudada (C) terá um crescimento, a partir de 1960, igual ao das cidades A e B, com a mesma população P.

# PREVISÃO POPULACIONAL

- **Método da Distribuição Demográfica:**
  - a distribuição da população de projeto pela área atual e futura depende, basicamente:
    - Plano Diretor de Desenvolvimento da cidade;
    - topografia;
    - facilidade de expansão;
    - planos urbanísticos e loteamentos existentes;
    - hábitos e condições socioeconômicas da população; etc.

# PREVISÃO POPULACIONAL

- **Método da Distribuição Demográfica:**
  - tendo como base a densidade demográfica atual, pode-se definir as áreas homogêneas, cujas previsões são feitas através de métodos de previsão demográfica (vistos anteriormente) e comparados com as densidades demográficas estabelecidas a seguir:

**Tabela 2.5** Densidades demográficas em relação ao tipo de ocupação.

Tipo de ocupação	Densidade demográfica (hab./ha.)
Áreas periféricas, casas isoladas e lotes grandes	25-50
Casas isoladas, lotes médios e pequenos	50-75
Casas geminadas, predominando 1 pavimento	75-100
Casas geminadas, predominando 2 pavimentos	100-150
Prédios de apartamentos pequenos	150-250
Prédios de apartamentos altos	250-750
Áreas comerciais	50-100
Áreas industriais	25-100
Densidade global média	50 – 150

Fonte: Tsutiya (2006).

# PREVISÃO POPULACIONAL

Todos os métodos matemáticos podem ser resolvidos também através da **análise estatística da regressão (linear ou não linear)**.

**Adotar sempre que possível**, pois permite a incorporação de uma série histórica maior, ao invés de somente 2 ou 3 pontos.

# PREVISÃO POPULACIONAL

Estudos de projeção são normalmente bastante complexos. Portanto, devem ser analisadas todas as variáveis que possam influenciá-los.

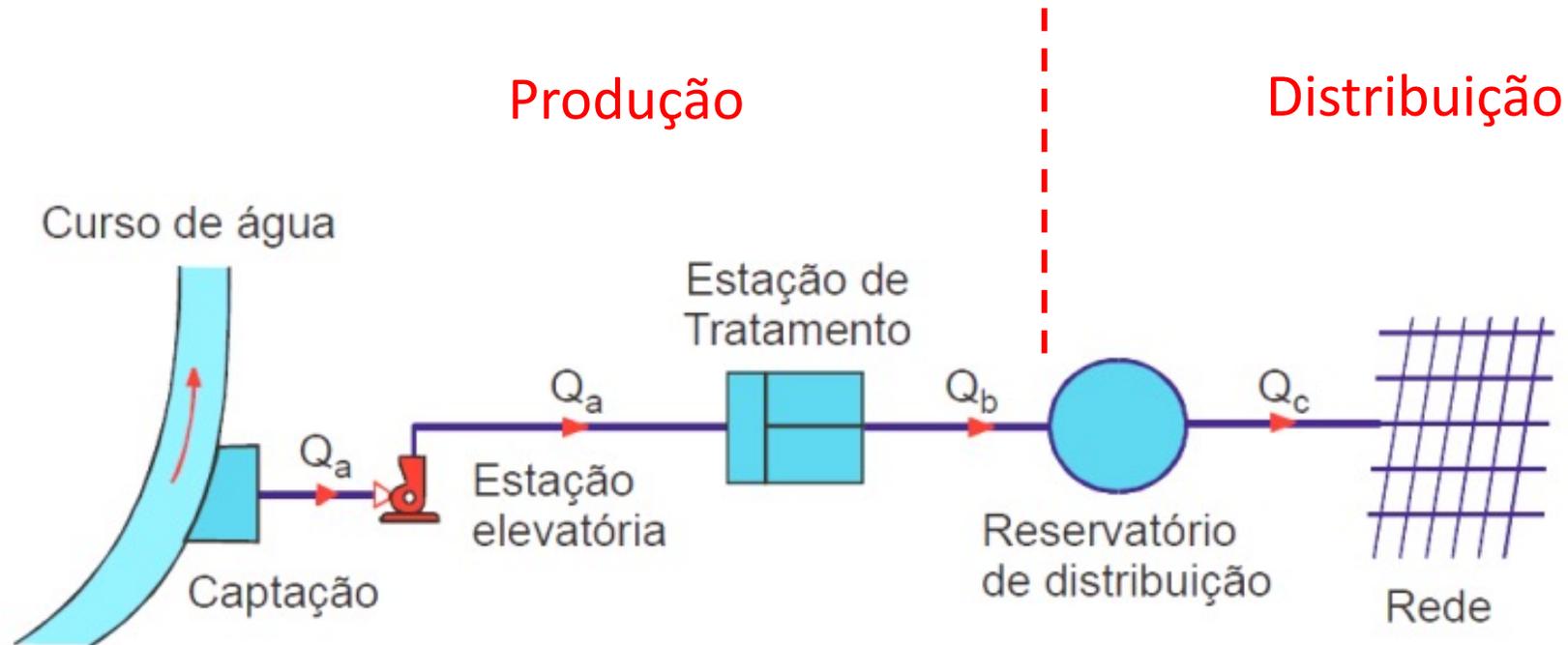
Ainda assim, podem ocorrer eventos inesperados que alterem consideravelmente a projeção populacional prevista.

Assim, há necessidade de se estabelecer um valor realístico para o **horizonte de projeto**, assim como da **implantação da estação em etapas**.

# PREVISÃO POPULACIONAL

- As projeções matemáticas devem ser embasadas por outras informações, muitas vezes não quantificáveis (aspectos sociais, econômicos, geográficos, históricos, etc.).
- Escolha do método a ser adotado e interpretação dos resultados: **bom senso do analista**, que deve também considerar uma margem de segurança.
- Os últimos dados censitários no Brasil indicam tendência de redução nas taxas anuais de crescimento populacional.

# VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO



$$Q = ??? \text{ (L/s)}$$

# VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO

Sistema de produção (montante do reservatório)

- Dimensionado para atender a vazão média do dia de maior consumo do ano ( $K_1$ ).

Sistema de distribuição

- Dimensionado para maior vazão de demanda, que é a hora de maior consumo do dia de maior consumo ( $K_1.K_2$ ).

Reservatório

- Recebe a vazão constante (média do dia de maior consumo) e equilibra as variações horárias da demanda.

Estação de tratamento de água

- Consome cerca de 1 a 5% do volume tratado para lavagem dos filtros e decantadores.

# VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO

- Vazão da captação até a ETA (Captação, EEAB, Adutora, ETA):

$$Q_a = \left( \frac{K_1 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_{esp} \right) \cdot C_{ETA}$$

- Vazão da ETA até o reservatório de distribuição (Adutora Água Trat.):

$$Q_b = \frac{K_1 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_{esp}$$

# VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO

- Vazão do reservatório de distribuição até a rede de distribuição:

$$Q_c = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot P \cdot q}{86400} + Q_{esp},$$

sendo:

P = população da área abastecida, de acordo com o previsto, para o fim do plano (hab.);

q = consumo *per capita* de água (L/hab.dia);

K<sub>1</sub> = coeficiente do dia de maior consumo (adimensional);

K<sub>2</sub> = coeficiente da hora de maior consumo (adimensional);

Q<sub>esp</sub> = vazão específica dos consumidores singulares – especiais (L/s);

C<sub>ETA</sub> = fator de consumo da ETA (1,01 a 1,05);

Q<sub>a</sub>, Q<sub>b</sub> e Q<sub>c</sub> = vazões de projeto dos trechos considerados (L/s).

# VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO

- Perdas:

O índice de perda total (real e aparente) deve ser considerado na vazão, considerando as metas resultantes das ações e planos de controle e redução de perdas (da operadora/contratante) do sistema de abastecimento e sua evolução no horizonte do estudo ou do projeto (ABNT, 2017).

# VAZÕES DE DIMENSIONAMENTO

- Alcance do projeto:

Pode haver diferenças entre as unidades do sistema, resultando em valores diferentes de população utilizada no dimensionamento.

# EXEMPLO

- Calcular a vazão das unidades de um sistema de abastecimento de água, considerando os seguintes parâmetros:
  - população para dimensionamento das unidades de produção, exceto adutoras (alcance 10 anos) = 20.000 habitantes;
  - população para dimensionamento de adutoras e rede de distribuição (alcance 20 anos) = 25.000 habitantes;
  - $q = 200$  litros/hab.dia;  $C_{ETA} = 3\%$ ;
  - $K_1 = 1,2$  e  $K_2 = 1,5$ ;
  - $Q_{esp} = 1,6$  litros/s.