

UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^o Rosário Cameira / Departamento de Eng^a Biosistemas



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa
Departamento de Ciências e
Engenharia de Biosistemas



Eng^a da Água em Zonas Rurais

SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

- ❑ 1. Constituição;
- ❑ 2. Bases quantitativas de dimensionamento

•Sousa, E.R. 2001. *Sistemas de abastecimento de água. Constituição e bases quantitativas de dimensionamento.* IST/UTL

1

Sistemas de abastecimento de água

Saneamento

É a actividade relacionada com o *abastecimento de água potável* e com a recolha e tratamento de águas residuais e pluviais e ainda de resíduos sólidos

Pretende-se que os alunos adquiram algumas competências de conceber e dimensionar infra-estruturas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, em zonas urbanas, nomeadamente:

- Sistemas de adução e reserva de abastecimento de água;
- Sistemas de distribuição de água (apenas no domínio dos conceitos);
- Redes de drenagem de águas residuais.

2

UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^o Rosário Carneira / Departamento de Eng^a Biossistemas

Sistemas de abastecimento de água

1^aAula de Sistemas de Abastecimento de água:
Constituição e bases quantitativas de dimensionamento.

- 1. INTRODUÇÃO E CONSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS**
- 2. ESTIMATIVAS DE POPULAÇÃO**
 - 2.1 Estudos de evolução
 - 2.2 Métodos de cálculo
- 3. CONSUMOS E CAUDAIS DE PROJECTO**
 - 3.1 Considerações gerais
 - 3.2 Caudais de projecto
 - 3.2.1 Introdução
 - 3.2.2 Caudais para satisfazer os consumos
 - 3.2.3 Caudais para fazer face a perdas e fugas
 - 3.2.7 Caudais para combate a incêndios
 - 3.2.8 Factores de ponta
- 4. CAUDAL DE DIMENSIONAMENTO**
 - 4.1 Factor de transporte
 - 4.2 Factor de perdas

3

UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^o Rosário Carneira / Departamento de Eng^a Biossistemas

Sistemas de abastecimento de água

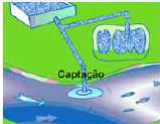



1. INTRODUÇÃO E CONSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS de abastecimento

- Um sistema de abastecimento água pode considerar-se constituído por um **conjunto de partes**;
- A cada uma destas partes correspondem-lhe **órgãos**, constituídos por:
 - obras de construção civil,
 - equipamentos eléctricos
 - electromecânicos,
 - acessórios,
 - instrumentação e
 - equipamentos de automação e controlo;
- Cada órgão num sistema de abastecimento e distribuição de água tem um **objectivo/função**

4

UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^a Rosário Carneira / Departamento de Eng^a Biosistemas



Sistemas de abastecimento de água
Constituição dos Sistemas

- ❑ **Captação (Intake)**
 - Órgãos: obras de captação
 - Objectivos: captar água bruta na origem (superficial ou subterrânea) de acordo com as disponibilidades e as necessidades;
- ❑ **Tratamento (treatment)**
 - Órgãos: ETAR
 - Objectivos: produzir a água potável a partir da água bruta obedecendo às normas de qualidade (decreto lei 243/01 de 1 Agosto)
- ❑ **Elevação (pumping)**
 - Órgãos: estações elevatórias e sobreprensoras
 - Objectivos: bombear água bruta ou tratada entre um ponto de cota mais baixa e um ou mais pontos de cota mais elevada
- ❑ **Transporte ou adução (supply)**
 - Órgãos: adutores, aquedutos e canais
 - Objectivos: conjunto de obras destinadas a transportar a água desde a origem até à distribuição. O transporte pode ser: em pressão (gravidade ou bombagem) ou em superfície livre.

5

UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^a Rosário Carneira / Departamento de Eng^a Biosistemas

Sistemas de abastecimento de água

- ❑ **Armazenamento (storage)**
 - Órgãos: reservatórios
 - Objectivos: servir de volante de regularização, compensando as flutuações no consumo; Constituir reservas de emergência; Equilibrar as pressões na rede; Regularizar o funcionamento das bombagens;
- ❑ **Distribuição (distribution)**
 - Órgãos: rede geral publica de distribuição de água
 - Objectivos: conjunto de tubagens e elementos acessórios, tais como válvulas de seccionamento e de descarga, redutores de pressão, ventosas, bocas de rega e lavagem, hidrantes e instrumentação, destinado a transportar água para a distribuição;
- ❑ **Ligação domiciliária (water connection)**
 - Órgãos: ramais de ligação
 - Objectivos: Asseguram o abastecimento predial de água, desde a rede pública até ao limite da propriedade a servir, em boas condições de caudal e pressão
- ❑ **Distribuição interior (inside buildings)**
 - Órgãos: redes interiores dos edifícios
 - Objectivos: Conjunto de tubagens e elementos acessórios para distribuição de água no interior dos edifícios;

6

Sistemas de abastecimento de água

UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^o Rosário Cameira / Departamento de Eng^a Biossistemas

2. Bases quantitativas de projectos de abastecimento

Objectivo:
Avaliação, o mais correcta possível, das *quantidades de água para as quais se deve projectar as componentes dos sistemas*.

Principais elementos:

- Horizonte de Projecto;
- Área de Projecto;
- População de Projecto;
- Hidrologia de Projecto.
- Caudais de Projecto;

7

Sistemas de abastecimento de água

UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^o Rosário Cameira / Departamento de Eng^a Biossistemas

Horizonte de projecto (*Design period*);

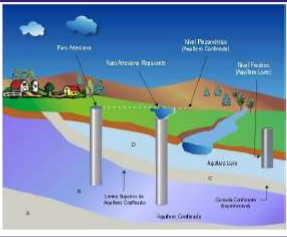

Definição:
Número de anos durante os quais o sistema ou as estruturas e os equipamentos que o compõem têm que servir em boas condições.

Factores:

- Vida útil das obras de construção civil e equipamento;**
- Facilidade ou dificuldade de ampliação;
- Taxa de juro durante o período de amortização do Investimento;
- Previsão da Evolução da População;
- Funcionamento da Instalação nos primeiros anos de exploração;
- Capacidade financeira da entidade gestora;
- Disponibilidade em recursos hídricos.



8

Sistemas de abastecimento de água

<i>Tipo de obra</i>	<i>Duração provável (anos)</i>	<i>Horizonte de Projecto (anos)</i>
<p>Furos e poços (Drilled wells)</p> 	50 a 60	20 a 30
<p>Tomadas de água (water intake)</p> 	40 a 50	20 a 40



9

Sistemas de abastecimento de água

<i>Tipo de obra</i>	<i>Duração provável (anos)</i>	<i>Horizonte de Projecto (anos)</i>
<p>Grandes adutoras (large trunk pipes)</p> 	60 a 80	40 a 50
<p>Reservatórios e torres de pressão (storage and elevated tanks)</p> 	80 a 100	20 a 40


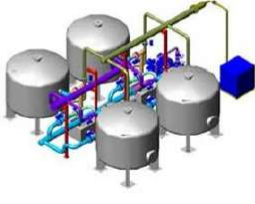
10

Sistemas de abastecimento de água

<i>Tipo de obra</i>	<i>Duração provável (anos)</i>	<i>Horizonte de Projecto (anos)</i>
<p>Estações elevatórias (construção civil)</p> <p>(pumping installations)</p> 	40 a 60	20 a 40
<p>Grupos electobomba e equipamento electromecânico</p> <p>(pumps)</p> 	25 a 35	20 a 25


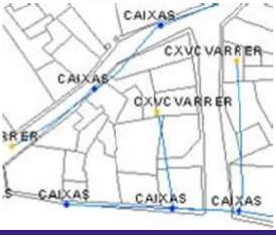
11

Sistemas de abastecimento de água

<i>Tipo de obra</i>	<i>Duração provável (anos)</i>	<i>Horizonte de Projecto (anos)</i>
<p>Instalações de tratamento (construção civil)</p> <p>(treatment installations -civil works)</p> 	40 a 60	20 a 40
<p>Instalações de tratamento (equipamento)</p> <p>(treatment installations -equipment)</p> 	20 a 30	20 a 25

12

Sistemas de abastecimento de água

<i>Tipo de obra</i>	<i>Duração provável (anos)</i>	<i>Horizonte de Projecto (anos)</i>
<p>Redes de distribuição de água (pipe networks)</p> 	30 a 40	Máxima expansão urbana
<p>Redes de drenagem de águas residuais (sewer networks)</p> 	30 a 40	Máxima expansão urbana

13

Sistemas de abastecimento de água

<p><input type="checkbox"/> População de projecto (design population)</p> <p>Definição: População a servir no horizonte de projecto.</p> <p>Métodos de cálculo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Comparação; <input type="checkbox"/> Extrapolação Visual; <input type="checkbox"/> Métodos de extrapolação ou de regressão; <ul style="list-style-type: none"> a. Linear $P_{20} = P_0 + K_a (t_{20} - t_0)$ b. Geométrica $P_{20} = P_0 (1 + K_g)^{(t_{20} - t_0)}$ <input type="checkbox"/> Taxa de crescimento decrescente; <input type="checkbox"/> Curva logística; <input type="checkbox"/> Análise parcelar; <input type="checkbox"/> Previsão de emprego; <input type="checkbox"/> Planos Directores.
--

14

Sistemas de abastecimento de água

**UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^a Rosário Carneira / Departamento de Eng^a Biossistemas**

Caudais de projecto (*design flow*)

São as bases quantitativas a usar no dimensionamento dos diferentes órgãos

Componentes de consumo:

<input type="checkbox"/> População temporária ou flutuante;	<input type="checkbox"/> Entidades públicas;
<input type="checkbox"/> População permanente;	<input type="checkbox"/> Combate a incêndios;
<input type="checkbox"/> Actividades comerciais;	<input type="checkbox"/> Indústria;
<input type="checkbox"/> População residente;	<input type="checkbox"/> Perdas;
	<input type="checkbox"/> Actividades agrícolas e pecuárias;
	<input type="checkbox"/> Emergências;

Capitação:

Relação entre o consumo anual total pelo número de habitantes e pelo número de dias do ano [L/(hab.dia)].

A capitação é uma *característica média de consumo*;

Difícil a atribuição de um valor em Projecto.

15

Sistemas de abastecimento de água

**UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^a Rosário Carneira / Departamento de Eng^a Biossistemas**

Factores que influenciam a capitação:

1. População
Consumos mínimos fixados pelo Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGAAR):
80 L/(hab.dia) até 1000 hab.
100 L/(hab.dia) de 1000 hab. até 10 000 hab.
125 L/(hab.dia) de 10 000 hab. até 20 000 hab.
175 L/(hab.dia) de 20 000 hab. até 50 000 hab.
150 L/(hab.dia) acima de 50 000 hab.

2. Condições climáticas
3. Hábito de higiene individual
4. Existência ou não de redes interiores
5. Tipo de drenagem de águas residuais
6. Estado de conservação do sistema
7. Estrutura tarifária
8. Inclusão ou não de pequenas actividades comerciais, públicas (5 a 20 L/(hab. dia)) ou industriais.
9. Perdas (valor mínimo (RGAAR) 10% do caudal total)

16

Sistemas de abastecimento de água

<i>Tipo de estabelecimento</i>	<i>Consumos</i>
Adegas	5 L/litro de produto
Escolas	50 L/(aluno.dia)
Escritórios	50 L/(trabalhador.dia)
Estações de serviço	150 L/(veículo.dia)
Garagens	50 L/(veículo.dia)
Lacticínios	4-12 L/(kg de produto)
Lavandarias	30 L/(kg de roupa)
Matadouro (animais de grande porte)	300 L/(cabeça)
Matadouro (animais de médio porte)	150 L/(cabeça)
Padarias	0,6 L/(kg de farinha)
Pensões (sem cozinha, nem lavandaria)	120 L/(hóspede.dia)
Restaurantes	25 L/refeição
<i>Tipo de animal</i>	<i>Capitação</i>
Bovinos	40 (L/animal/dia)
Caprinos	8 (L/animal/dia)
Ovinos	8 (L/animal/dia)
Equídeos	40 (L/animal/dia)
Galinhas	0,4 (L/animal/dia)
Perus	0,75 (L/animal/dia)
Suínos	10 (L/animal/dia)
Bovinos (vacas leiteiras)	75 (L/animal/dia)

17

Sistemas de abastecimento de água

Caudais de projecto

i) Caudal médio anual (para satisfazer os consumos médios):

Produto da população pela capitação: $Q_m = \text{Capitação} \times \text{População} [L^3/T^{-1}]$

P - população servida (residente e flutuante) (hab)
C - capitação (L/(hab.dia))

ii) Caudais de ponta:

No dimensionamento dos órgãos dos sistemas de abastecimento e distribuição de água, não interessa apenas conhecer caudais médios, dadas as suas características não extremas, mas importa *conhecer também os caudais máximos (ou de ponta)*

- Definem as características extremas de consumos;
- Determinam-se multiplicando o caudal médio pelo correspondente factor

de ponta: $Q_p = fp \times Q_m [L^3/T^{-1}]$

18

Sistemas de abastecimento de água

Definem-se, assim, os chamados **caudais de ponta**, como sendo o produto do *caudal médio anual* pelo **factor de ponta**.

Tipos de factor de ponta

- ❑ **Factor de ponta mensal**
Em sistemas de abastecimento de água, este factor de ponta é **1.3**.
- ❑ **Factor de ponta diário**
Em sistemas de abastecimento de água, este factor de ponta é **1.5**.
- ❑ **Factor de ponta instantâneo**
Deve ser determinado com base na análise de registos dos consumos. Na ausência de tais elementos o Decreto Regulamentar nº 23/95, artigo 19º aconselha o uso da fórmula:

$$fp_i = 2 + \frac{70}{\sqrt{P}}$$

Sendo P a população a servir.

19

Sistemas de abastecimento de água

Escolha do factor de ponta mais adequado

- As **condutas de adução e os reservatórios com função de regularização** constituem partes dos sistemas de abastecimento de água e apresentam uma **grande interligação**;
- Como o principal objectivo dum reservatório consiste em regularizar os caudais de adução para satisfazer as variações de consumo na rede geral de distribuição de água ao longo do dia, com o mínimo de prejuízos económicos e funcionais, **o critério utilizado para o dimensionamento da adução tem que forçosamente depender do critério utilizado na determinação da capacidade das reservas**;
- De facto, a **uma maior capacidade do ou dos reservatórios de regularização deve corresponder uma menor capacidade na adução e, vice-versa** (relacionar com os factores de ponta escolhidos).

20

Sistemas de abastecimento de água

Como se referiu, os sistemas de abastecimento de água são constituídos por vários órgãos a saber: obras de captação, estações elevatórias e sobreprensoras, condutas adutoras, aquedutos e canais, estações de tratamento de água, reservatórios e redes de distribuição.

Regras gerais para a escolha dos caudais de ponta a considerar em cada caso:

- obras de captação: Q_{pM} , se a conduta adutora for dimensionada para este caudal, ou Q_{pD} , se a conduta adutora for dimensionada para este caudal;
- condutas adutoras a montante de reservatórios: Q_{pM} , se a conduta adutora for dimensionada para este caudal, ou Q_{pD} , se a conduta adutora for dimensionada para este caudal;
- condutas adutoras a jusante de um reservatório que alimenta uma rede de distribuição: Q_p ;
- estações elevatórias em sistemas de adução: genericamente, Q_{pM} , se a conduta adutora for dimensionada para este caudal, ou Q_{pD} , se a conduta adutora for dimensionada para este caudal;
- estações de tratamento de água: Q_{pM} , se a conduta adutora for dimensionada para este caudal, ou Q_{pD} , se a conduta adutora for dimensionada para este caudal, ou, ainda, Q_p , se a localização do tratamento no sistema, for, por exemplo, entre o reservatório de armazenamento de água e a rede de distribuição (caso da desinfecção);

21

Sistemas de abastecimento de água

iii) Caudais de dimensionamento para adutoras

O caudal de dimensionamento numa adutora, situada entre a captação e o reservatório de regularização, excluindo o caso deste ter função de extremidade (ver Documento Reservatórios), é calculado por:

$$Q_{dim} = k_t k_p Q_p \quad \text{onde} \quad Q_{pD} = f_{pD} Q_m \quad \text{ou} \quad Q_{pM} = f_{pM} Q_m$$

em que:

Q_{dim} - caudal de dimensionamento ($L s^{-1}$); k_t - factor de *duração do transporte*;
 k_p - coeficiente de *perdas na adução*; f_{pD} - factor de ponta diário; f_{pM} - factor de ponta mensal; Q_m - caudal médio ($L s^{-1}$)

Factor de duração de transporte, k_t : relação entre o número de horas do dia e o número máximo de horas de funcionamento da adutora, no horizonte de projecto; consequentemente, sempre ≥ 1 .

- Adutoras por gravidade => $k_t = 1$
- Adutoras por bombagem => $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ (funcionamento em 24 h),} \\ 1.5 \text{ (funcionamento em 16 h)} \\ 3 \text{ (funcionamento em 8 h).} \end{array} \right.$

22

Sistemas de abastecimento de água

UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^a Rosário Cameira / Departamento de Eng^a Biosistemas

Coefficiente de perdas na adução, k_p : margem de segurança para compensação de perdas e restabelecimento de reservas. Os valores a considerar para k_p são os seguintes:

- se $0.1 \times Q_p > 0.2 \text{ L s}^{-1} \Rightarrow k_p = 1.1$
- se $0.1 \times Q_p \leq 0.2 \text{ L s}^{-1} \Rightarrow Q_{\text{dim}} = k_t \times Q_p + 0.2 \text{ (L s}^{-1}\text{)}$

23

Sistemas de abastecimento de água

UC Eng^a Água ZR / 2^o ciclo de Eng Ambiente
M^a Rosário Cameira / Departamento de Eng^a Biosistemas

Exemplo de aplicação:
Considere os dados apresentados no Quadro seguinte, a serem utilizados no dimensionamento de um adutor. Determine:

- a) A população no horizonte de projecto;
- b) O caudal médio de consumo para o horizonte de projecto;
- c) O caudal de ponta que minimiza os custos de adução;
- d) O caudal de ponta que minimiza os custos de armazenamento;
- e) O caudal de ponta se o adutor servir directamente uma rede de distribuição;
- f) Os caudais de dimensionamento ou projecto para transporte gravítico e para elevação.

QUADRO 1 DADOS DE POPULAÇÃO E CAPITAÇÃO

		POVOAÇÃO ⁽¹⁾					
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
POPULAÇÃO NO ANO 0 (hab)		4 000	4 500	5 000	5 500	6 000	6 500
TAXA GEOMÉTRICA DE EVOLUÇÃO ANUAL DA POPULAÇÃO ⁽²⁾		0,9%	1,0%	0,8%	1,05%	0,85%	0,95%
CAPITAÇÃO (L/hab.dia)	ano 0	130	120	110	120	130	110
	ano 20	150	160	140	150	160	150
	ano 40	190	200	180	190	190	200

⁽¹⁾ A seleccionar, apenas, duas povoações.
⁽²⁾ Admite-se uma evolução populacional segundo uma lei geométrica.

24