

GESTÃO DA ÁGUA

FCT-UNL, 2017-2018, 7º SEMESTRE

Águas Interiores – Gestão de Recursos Hídricos

António Carmona Rodrigues
(acr@fct.unl.pt)

Theo Fernandes
(theo.fernandes@chimp.pt)

Grupo de Hidráulica
Secção de Engenharia e
Gestão da Água e Resíduos
DCEA / FCT / UNL

TEMAS:

1. ORIGENS DE ÁGUA

2. USOS DA ÁGUA

3. HIDROENERGIA

4. DIMENSIONAMENTO DE ALBUFEIRAS

5. GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

4. Albufeiras – Dimensionamento

Albufeiras de Regularização

Quando se possui um lago, ou um reservatório, que permite acumular água nas épocas excedentárias para fornecer essa água nas épocas em que há deficiências de caudal.

Podem ser divididas conforme o respectivo tipo de exploração:

anuais – trabalha com base no ciclo anual com regularização total, parcial ou estival (fornece mais água na estiagem do que no Inverno).

interanuais – quando têm capacidade de transferir água de uns anos para os outros. Pode ser de regularização total, no caso de poder fornecer caudais de forma constante ao longo de um período de anos. No caso de poder guardar água em anos húmidos e fornecê-la em anos secos é de inversão interanual.

4. Albufeiras – Dimensionamento

Índice de regularização específica:

É a relação entre o volume útil da albufeira e o escoamento em ano médio:

$$i_{RE} = V / E$$

Exemplo:

Albufeira da barragem de Santa Clara (rio Mira)

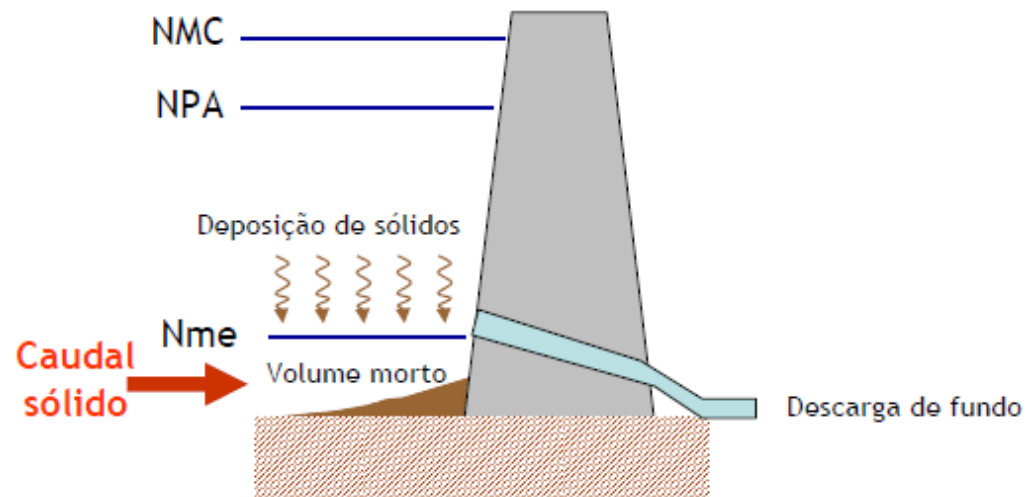
Volume útil = $240,3 \times 10^6$ m³

Escoamento anual médio = $90,6 \times 10^6$ m³

$$i_{RE} = 2,65$$

4. Albufeiras – Dimensionamento

- Volume morto
 - Orografia
 - Caudal sólido
 - Expectativa da vida útil da barragem

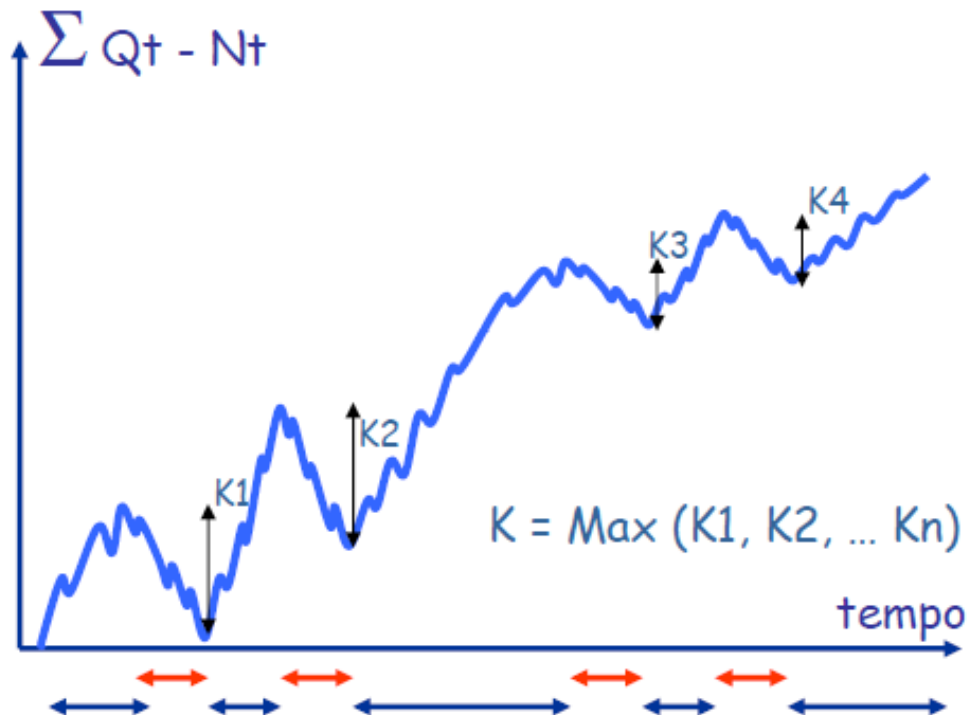


4. Albufeiras – Dimensionamento

- Volume útil em excesso
 - maior custo de investimento
 - Maior custo de operação
 - Impactos mais significativos
- Défice de volume útil
 - insuficiências no abastecimento

4. Albufeiras – Dimensionamento

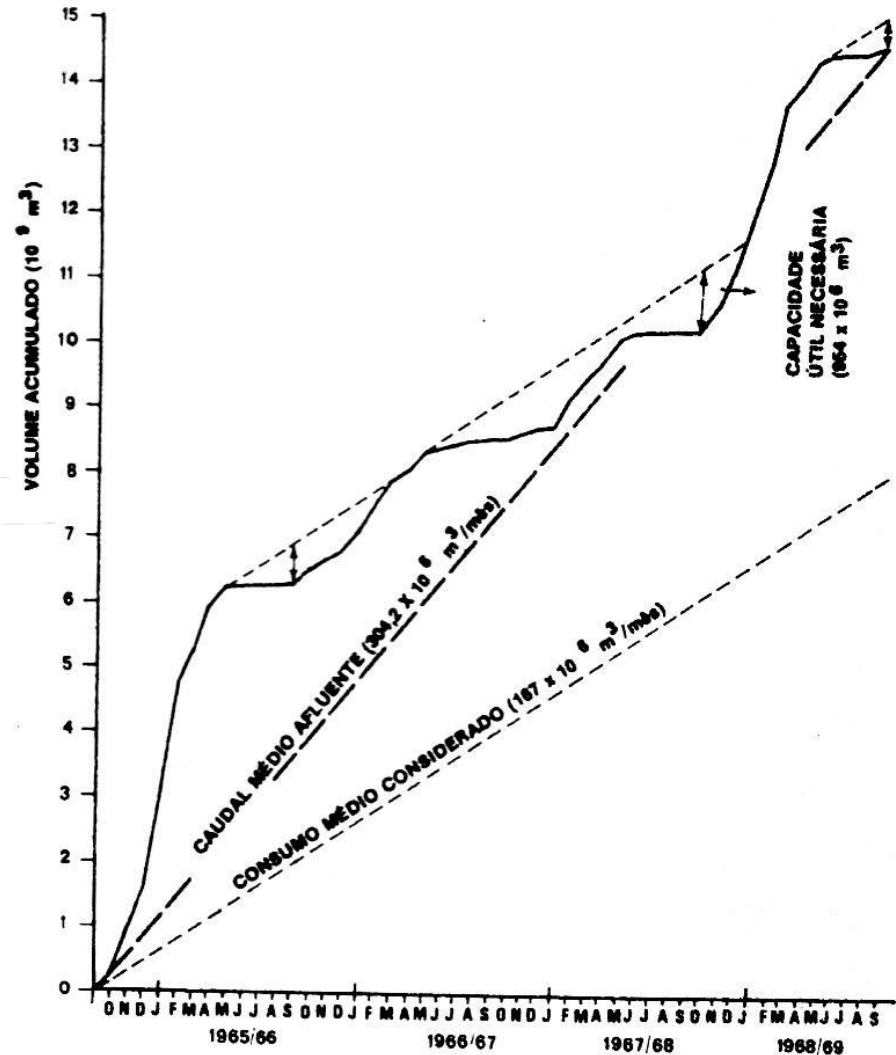
- Método dos picos sucessivos



- Período de escassez de água (necessidades excedem as afluências)
- Período de excesso de água (afluências excedem as necessidades)

4. Albufeiras – Dimensionamento

- Método dos picos sucessivos (método simplificado)



Fonte: Lencastre, A. e F.M. Franco, 2010, Lições de Hidrologia, FCT-UNL.

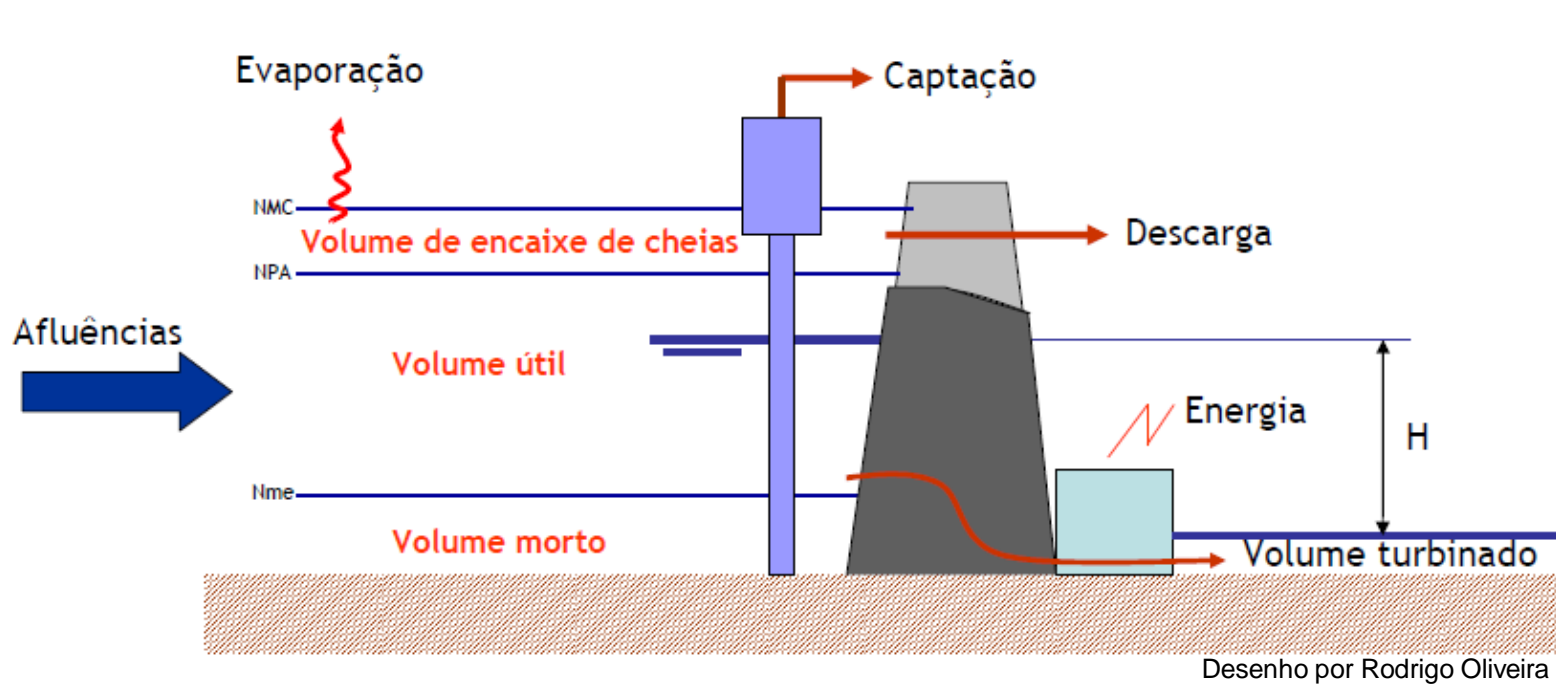
4. Albufeiras – Dimensionamento

- Método tabular (método simplificado)

Mês	Volume afluente	Con- sumo	Dife- rença	Armazenamento necessário	Mês	Volume afluente	Con- suma	Dife- rença	Armazenamento necessário
Out. 65	244	167	77	—	Out. 67	25	167	- 142	459
Nov.	653	167	486	—	Nov.	120	167	- 47	317
Dez.	733	167	566	—	Dez.	55	167	- 112	270
Jan. 66	1453	167	1286	—	Jan. 68	23	167	- 144	158
Fev.	1658	167	1491	—	Fev.	531	167	364	14
Mar.	465	167	298	—	Mar.	304	167	137	378
Abr.	782	167	615	133	Abr.	266	167	99	515
Mai.	199	167	32	748	Mai.	296	167	129	614
Jun.	92	167	- 75	780	Jun.	61	167	- 106	743
Jul.	4	167	- 163	705	Jul.	6	167	- 161	637
Ago.	2	167	- 165	542	Ago.	3	167	- 164	476
Set.	2	167	- 165	377	Set.	11	167	- 156	312
Out.	215	167	48	212	Out.	11	167	- 156	156
Nov.	191	167	24	260	Nov.	287	167	120	—
Dez.	190	167	23	284	Dez.	697	167	530	—
Jan. 67	265	167	98	307	Jan. 69	726	167	559	—
Fev.	435	167	268	405	Fev.	625	167	458	—
Mar.	320	167	153	673	Mar.	1173	167	1006	—
Abr.	176	167	9	826	Abr.	327	167	160	159
Mai.	286	167	119	835	Mai.	351	167	184	319
Jun.	95	167	- 72	954	Jun.	120	167	- 47	503
Jul.	30	167	- 137	882	Jul.	11	167	- 156	456
Ago.	26	167	- 141	745	Ago.	2	167	- 165	300
Set.	22	167	- 145	604	Set.	32	167	- 135	135

4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

- Balanço de massas (modelo): $V_{t+1} = V_t + Q_t - E_t - U1_t - U2_t - D_t$

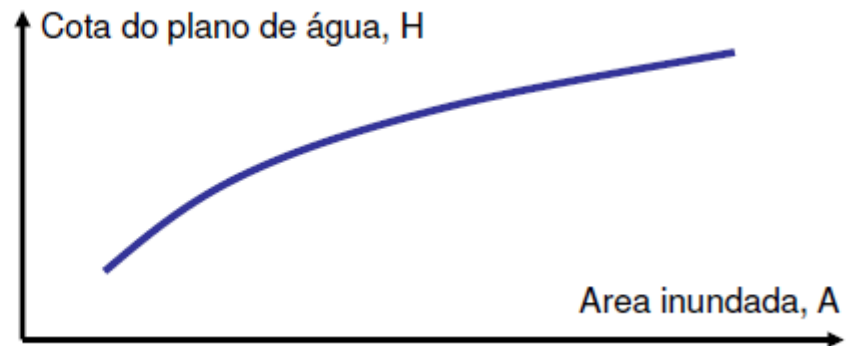


4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

- Evaporação
 - $E = A \times \text{evap}$ [L³]
A - área inundada [L²]
evap – evaporação [L]
 - $A = f(\text{Vol})$; $A = f(h)$
 - Volume = f (h)
 - A evaporação pode ser calculada com base na insolação ou na radiação solar (medida)
- Simulação do balanço hídrico

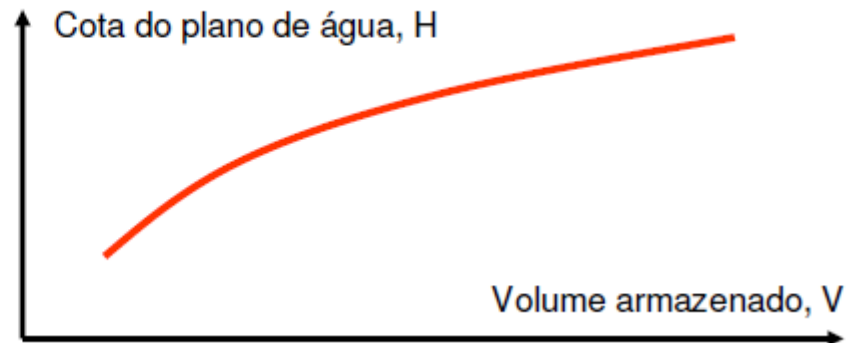
4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

- Curva de áreas inundadas



- Curva de volumes armazenados

$$V = a \times (H - H_0)^b$$



Desenho por Rodrigo Oliveira

4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

Curvas características

$$\text{Area} = a1 \times (H - H_o)^{b1}$$

$$\text{Volume} = a2 \times (H - H_o)^{b2}$$

Em que:

H_o - nível ou cota altimétrica mínimo

$a1$, $a2$, $b1$ e $b2$ – coeficientes

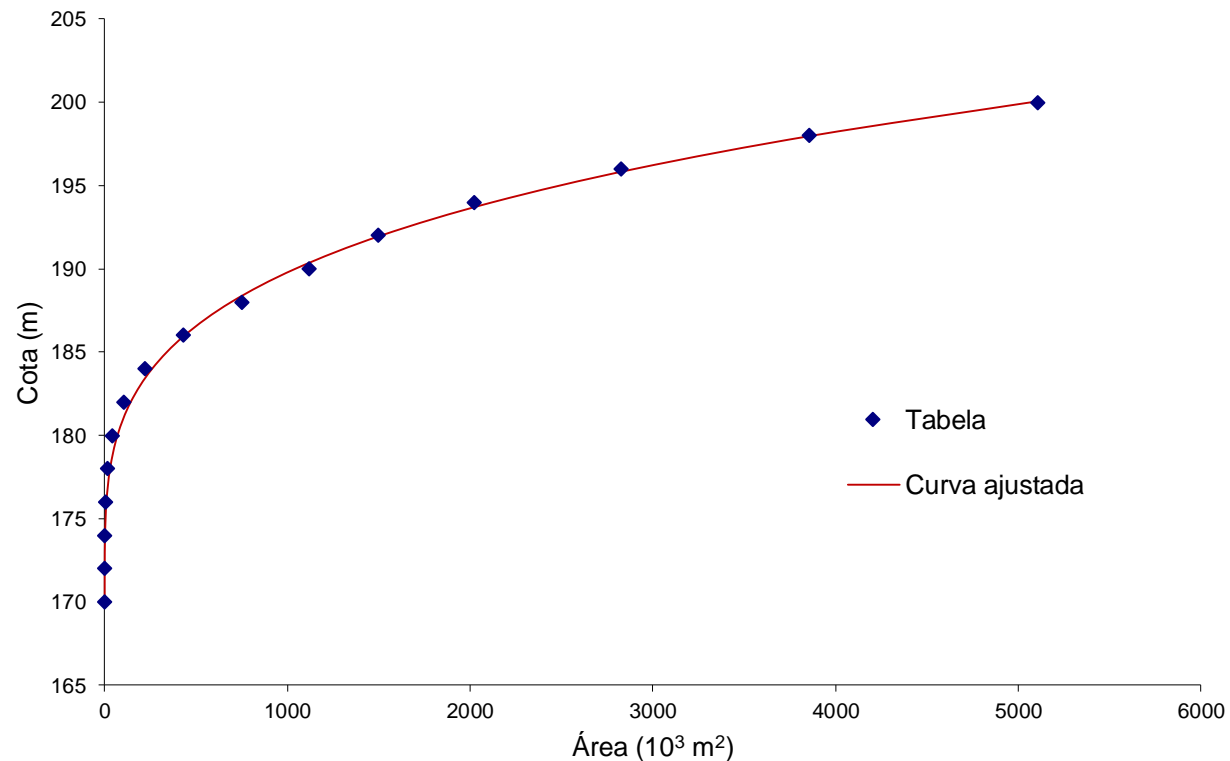
Curva de nível	Área (m ²)	Volume entre curvas (10 ³ m ³)	Volume Acumulado (10 ³ m ³)
200	5 105 865	8 962.1	30 921.2
198	3 856 231	6 681.9	21 959.1
196	2 825 630	4 850.8	15 277.2
194	2 025 198	3 325.9	10 425.4
192	1 500 657	2 622.8	6 900.5
190	1 122 119	1 873.1	4 277.7
188	751 023	1 182.1	2 404.6
186	431 076	650.8	1 222.5
184	219 786	323.8	571.7
182	104 120	147.6	247.9
180	43 445	61.5	100.3
178	18 102	24.3	38.8
176	6 242	9.0	14.5
174	2 748	4.1	5.5
172	1 373	1.4	1.4
170	0		0.0

4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

Curvas características – Áreas inundadas

Monte Novo: $A = a \times (H - H_0)^b$

$a = 0,0088$; $b = 3.9$, $H_0 = 170\text{m}$

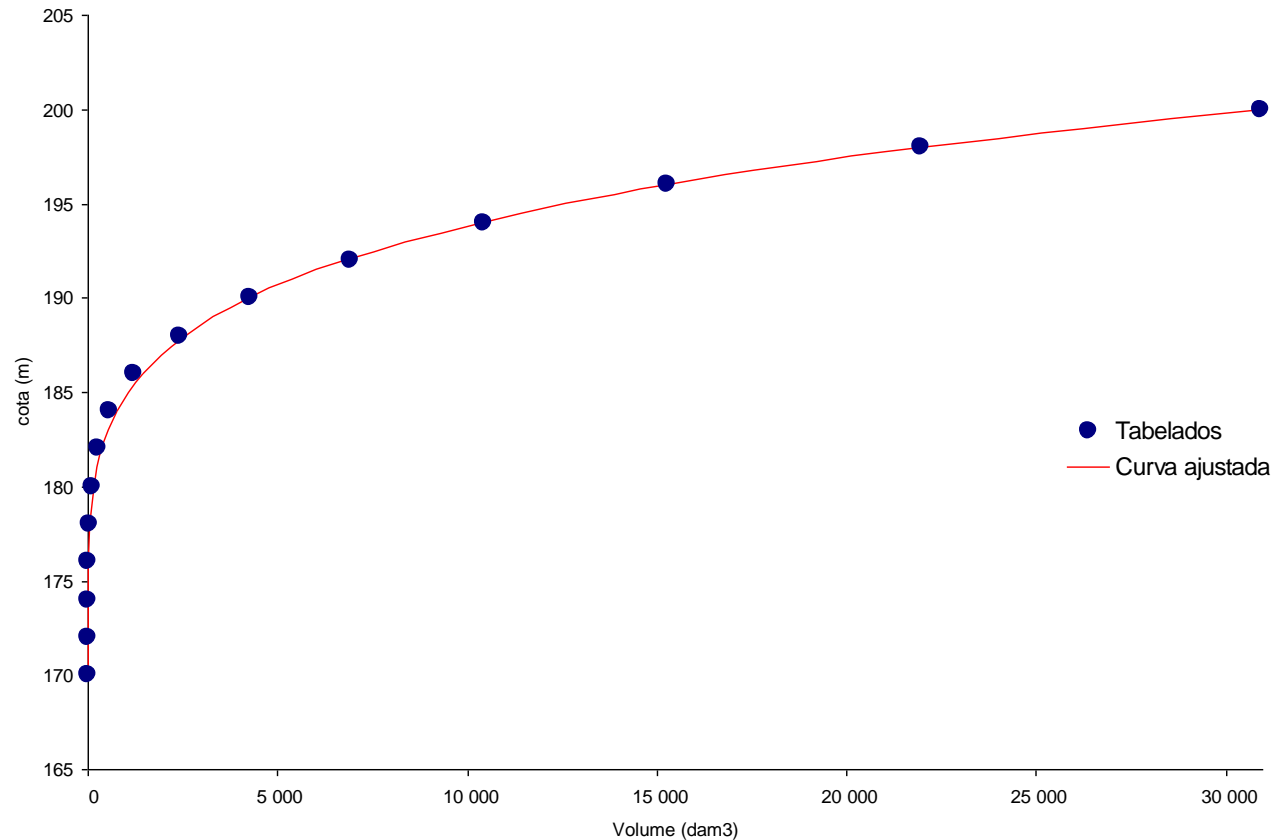


4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

Curvas características – Volumes acumulados

Monte Novo: $V = a \times (H - H_0)^b$

$a = 0,0018$; $b = 4.897$, $H_0 = 170\text{m}$



4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

Exemplo de folha de cálculo

Dados:										Resultados:			
Altura máxima (m):										Garantia G1:			
Altura inicial (m):										Garantia G2:			
Curva de volumes armazenados:													
Curva de áreas inundadas:													
Q, R1, R2													
Mês	Altura inicial (m)	Volume inicial (m3)	Área inicial (m2)	Afluência Q (m3)	Evaporação E (mm)	Evaporação (m3)	Necessidade R1 (m3)	Necessidade R2 (m3)	Volume Captado C1 (m3)	Volume Captado C2 (m3)	Volume Desc. (m3)	Volume final (m3)	Altura final (m)
Out.Ano 1													
Nov.Ano 1													
Dez.Ano 1													
Jan.Ano 1													
Fev.Ano 1													
...													
...													
...													
Ago.Ano n													
Set.Ano n													
Soma:				SOMA Q			SOMA R1	SOMA R2	SOMA C1	SOMA C1			

4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

Indicadores de desempenho:

Garantia/fiabilidade: Mede a capacidade do sistema em satisfazer as necessidades

- Tempo: $\text{Garantia}_T = \text{\#anos sem falha} / \text{\#anos simulados}$
- Volume: $\text{Garantia}_V = \text{Volume fornecido} / \text{Necessidades}$

- Vulnerabilidade: Mede a gravidade das falhas;

Exemplos:

- Duração média das falhas;
- % das necessidades não satisfeitas em caso de falha

- Resiliência: Mede a capacidade do sistema em recuperar de uma falha

- Probabilidade de existir uma falha após uma falha

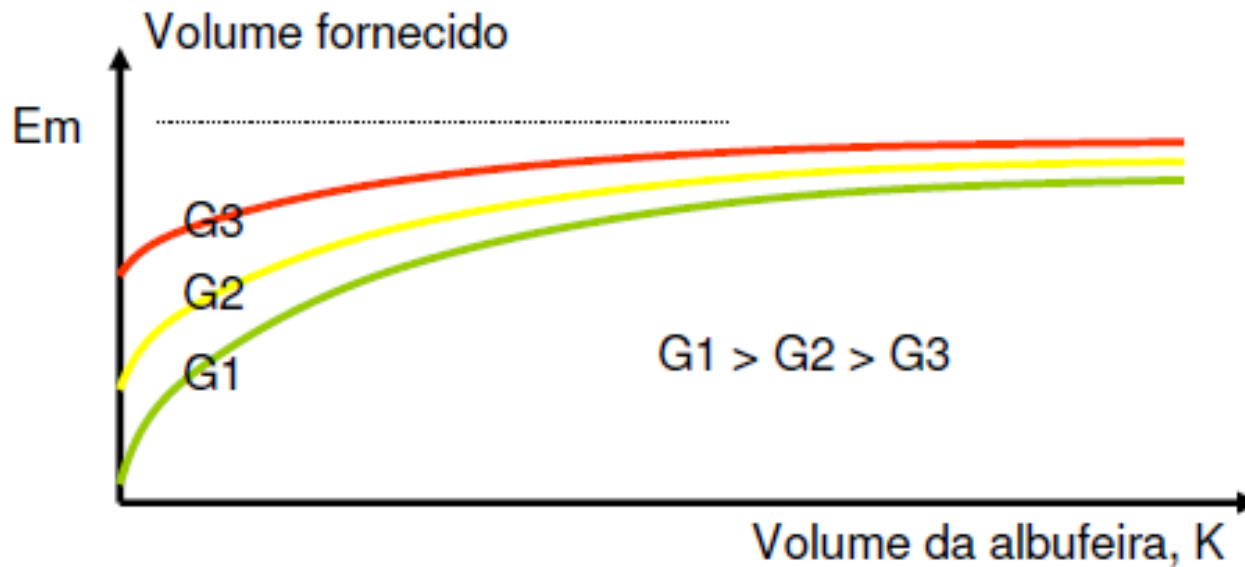
(número de vezes em que uma falha sucede a uma falha sobre o número total de falhas).

4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

Indicadores de desempenho:

Exemplo:

gráfico de volume fornecido, volume da albufeira e garantia



4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

Critérios gerais para a satisfação das necessidades de água:

Sector urbano:

Garantia de fornecimento $\geq 98\%$

Sector agrícola:

Garantia de fornecimento $\geq 80\%$

4. Albufeiras – Dimensionamento e gestão

Outros critérios para a satisfação das necessidades de água:

Sector urbano:

- a) O défice num mês não seja superior a 10% da respectiva necessidade mensal.
- b) Em 10 anos consecutivos, a soma do défice não seja superior a 8% da necessidade anual.

Sector agrícola:

- a) O défice num ano não seja superior a 50% da respectiva necessidade.
- b) Em 2 anos consecutivos, a soma do défice não seja superior a 75% da necessidade anual.
- c) Em 10 anos consecutivos, a soma do défice não seja superior a 100% da necessidade anual.

TEMAS:

1. ORIGENS DE ÁGUA

2. USOS DA ÁGUA

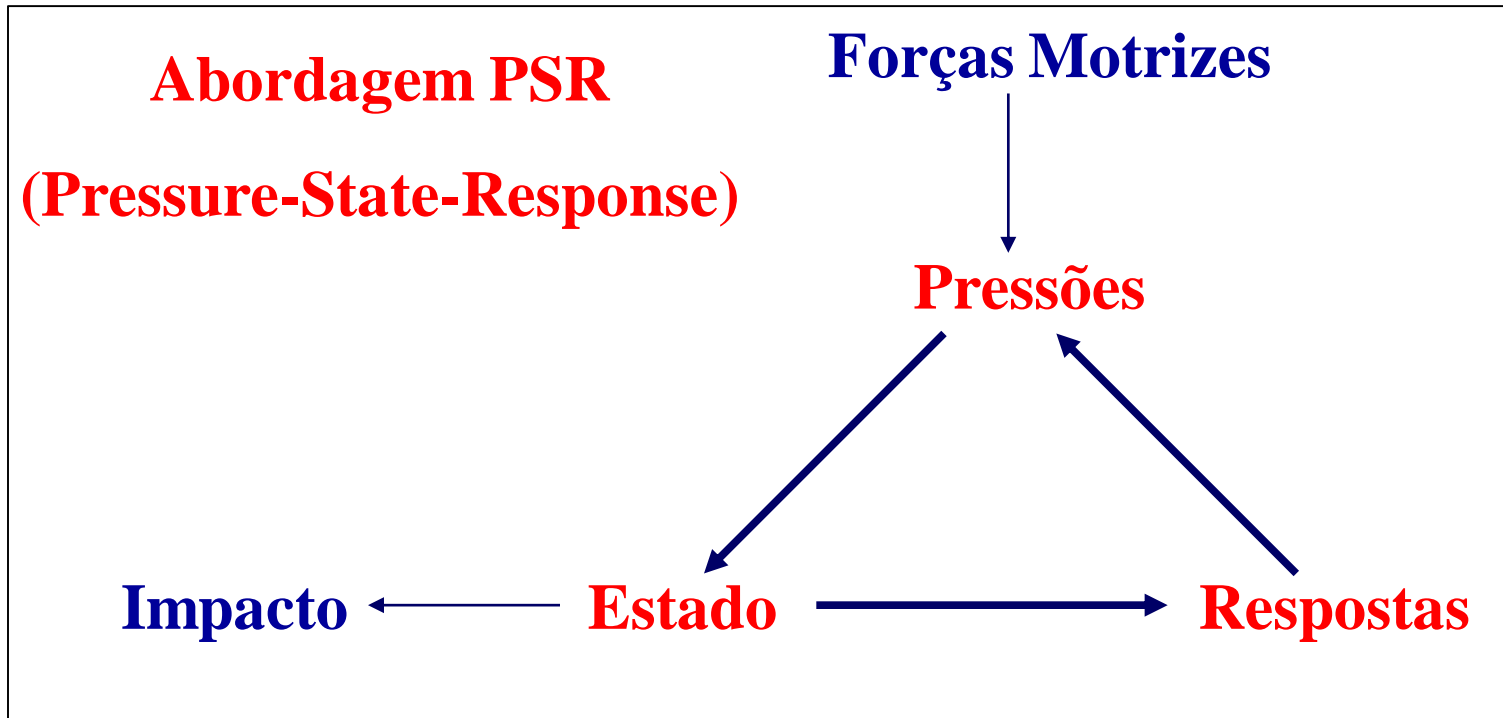
3. HIDROENERGIA

4. DIMENSIONAMENTO DE ALBUFEIRAS

5. GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

5. Gestão da qualidade da água

- Metodologia geral:



5. Gestão da qualidade da água - objectivos ambientais (1/4)

1 – Enquadramento

- Legislação nacional
- Legislação comunitária
- Desígnio da Directiva Quadro, relativamente ao objectivo de se atingir a boa qualidade das massas de água:
 - águas superficiais: qualidade química e biológica
 - águas superficiais: quantidade, e qualidade química
- Princípio da abordagem combinada:
 - limite de emissões
 - definição de objectivos

5. Gestão da qualidade da água - objectivos ambientais (2/4)

2 - PROCESSO DE DEFINIÇÃO:

- Proposta
- Discussão / Participação
- Tomada de decisão

3 - CONDICIONANTES:

- Ponto de partida (estado actual)
- Exigências legais
- Horizontes temporais
- Meios financeiros / Instrumentos económicos

5. Gestão da qualidade da água - objectivos ambientais (3/4)

4 - METODOLOGIA:

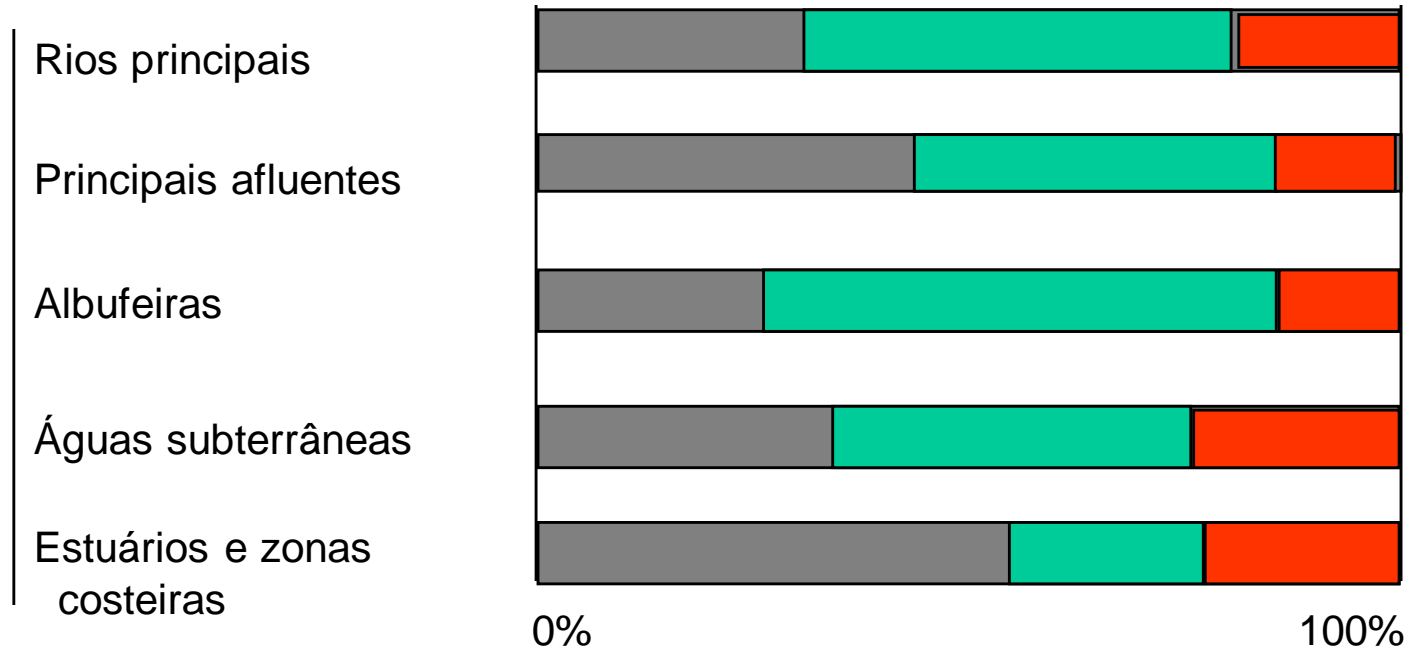
- Tomar como base a Rede de Qualidade da Água, e estudos já realizados
- Definir objectivos por troços de rios, ou massas de água, o que implica a utilização de modelos de simulação
- Classificação dos meios hídricos quanto à qualidade, em face do uso pretendido (águas para consumo humano, águas para suporte da vida aquícola, águas balneares, águas de rega)
- Rever a rede de monitorização, face à necessidade de verificação do cumprimento da legislação (incluindo a Directiva Quadro - qualidade ecológica)

5. Gestão da qualidade da água - objectivos ambientais (4/4)

5 - MATERIALIZAÇÃO DOS OBJECTIVOS:

- Eliminar origens de águas superficiais para abastecimento >A3
- Garantir a conformidade das águas subterrâneas que constituem origem para abastecimento
- Eliminar níveis de poluição elevados (D e E, ou C, D e E)
(Classes C, D, E - águas poluídas; muito poluídas; extremamente poluídas)
- Eliminar situações de sobreexploração de aquíferos
- Garantir valores mínimos de OD
- Reduzir descargas de nutrientes e de metais pesados
- Reduzir a extensão das linhas de água com má qualidade
- Monitorizar os objectivos, e criar indicadores de desempenho

5. Gestão da qualidade da água - objectivos ambientais (4/4)



100% = situação “pristina”, desejável, ou exigível



situação actual



com redução das emissões

5. Gestão da qualidade da água

- Sistema hídrico:

- características físicas:

sedimentologia, transporte sólido
caudal, altura de água, velocidade
fixação de margens, leitos de cheia

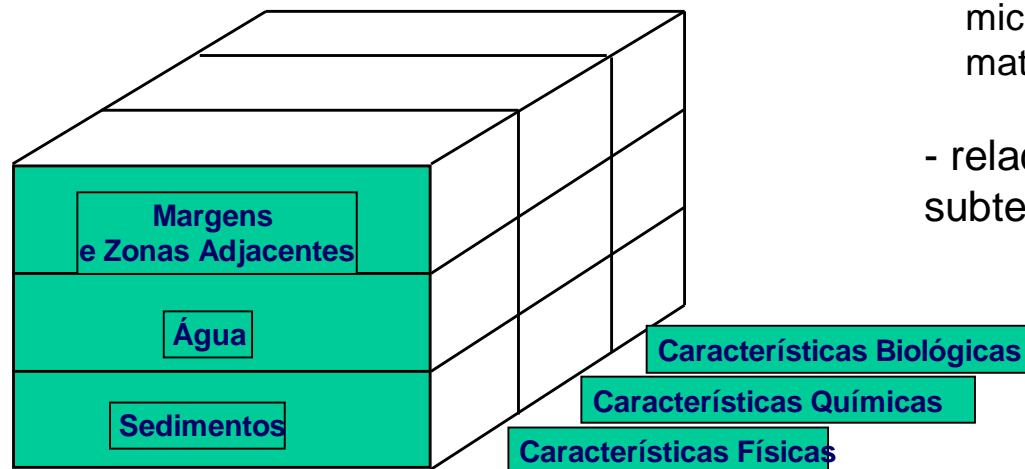
- características químicas:

contaminação de sedimentos
poluição hídrica
contaminação de solos

- características biológicas:

bentos
microbiologia, ictiofauna, plantas aquáticas
matas ripárias, corredores ecológicos

- relações entre águas superficiais e subterrâneas



5. Gestão da qualidade da água

- Principais fontes de poluição - águas superficiais

Problema	Causa	Observações
Excesso de nutrientes	Fontes pontuais e difusas; em particular, fósforo e azoto.	Alguma informação sobre o estado das águas superficiais; Pouco conhecimento sobre as descargas.
Metais pesados	Fontes industriais.	Informação quase nula.
Micropoluentes orgânicos	DDT, PCB's, pesticidas	Informação muito reduzida; Alguns produtos já proibidos.
Radioactividade	"Fall-out", rios transfronteiriços	Alguma informação.
Salinização	Actividade mineira, rega.	Pouco conhecimento sobre os efeitos.
Acidificação	Chuvas ácidas	Informação quase nula.

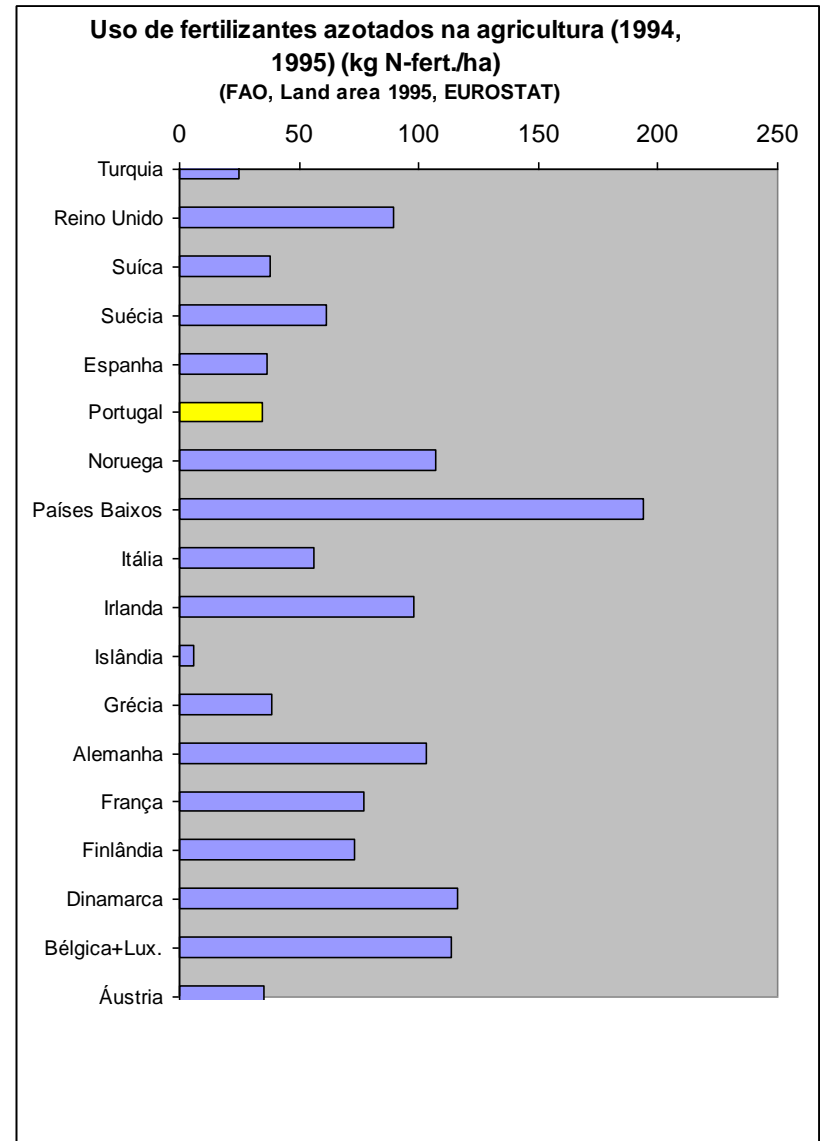
5. Gestão da qualidade da água

- Principais fontes de poluição - águas subterrâneas

Problema	Causa	Observações
Nitratos	Sob certas condições de aplicação de fertilizantes, tipo de solos, práticas agrícolas, e condições climáticas.	Informação por vezes insuficiente.
Pesticidas	Cerca de 600 pesticidas diferentes (i.e. herbicidas, fungicidas and insecticidas) são aplicados na agricultura, silvicultura e horticultura europeias.	Poucos dados; Comportamento mal conhecido; Monitorização quase nula, e cara.
Fontes pontuais	Poluição do solo em zonas urbanas, industriais, mineiras, militares e de aterros sanitários.	Poucos dados; Áreas localizadas.
Salinização	Predominantemente em zonas costeiras, onde há sobre-exploração de aquíferos.	Zonas bem conhecidas (ex: Algarve); Informação já adequada.
Alcalinização	Certos solos podem estar sujeitos a uma acidificação induzida causada por deposição atmosférica de compostos de enxofre e de azoto, aplicação de fertilizantes, e drenagem.	Mobilização crescente de certos elementos, como o alumínio, e crescente solubilidade de alguns metais (diminuição do pH); Informação quase nula.

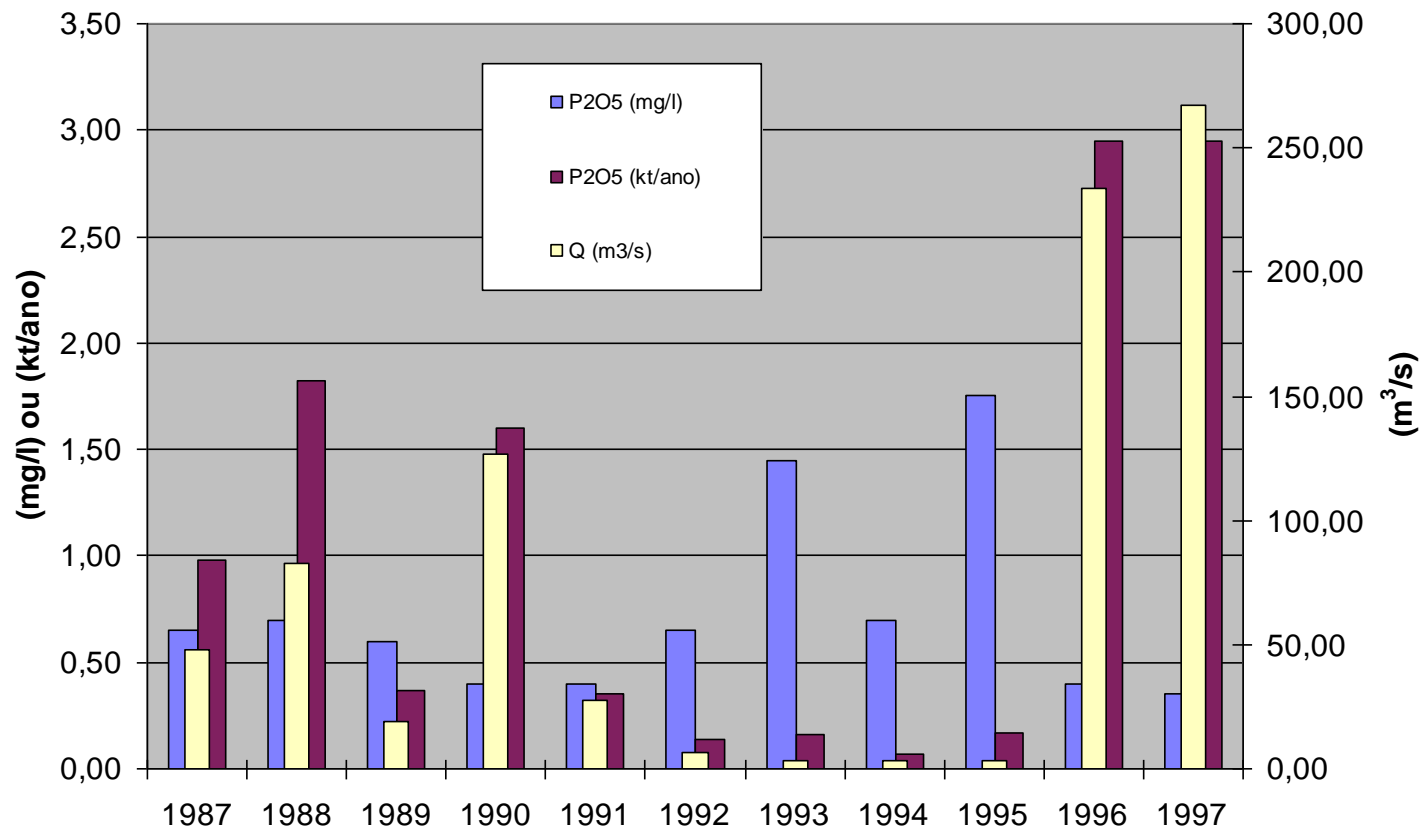
5. Gestão da qualidade da água

- Uso de fertilizantes azotados na agricultura (kg N/ha)



5. Gestão da qualidade da água

Rio Guadiana: caudais anuais e valores de fosfatos



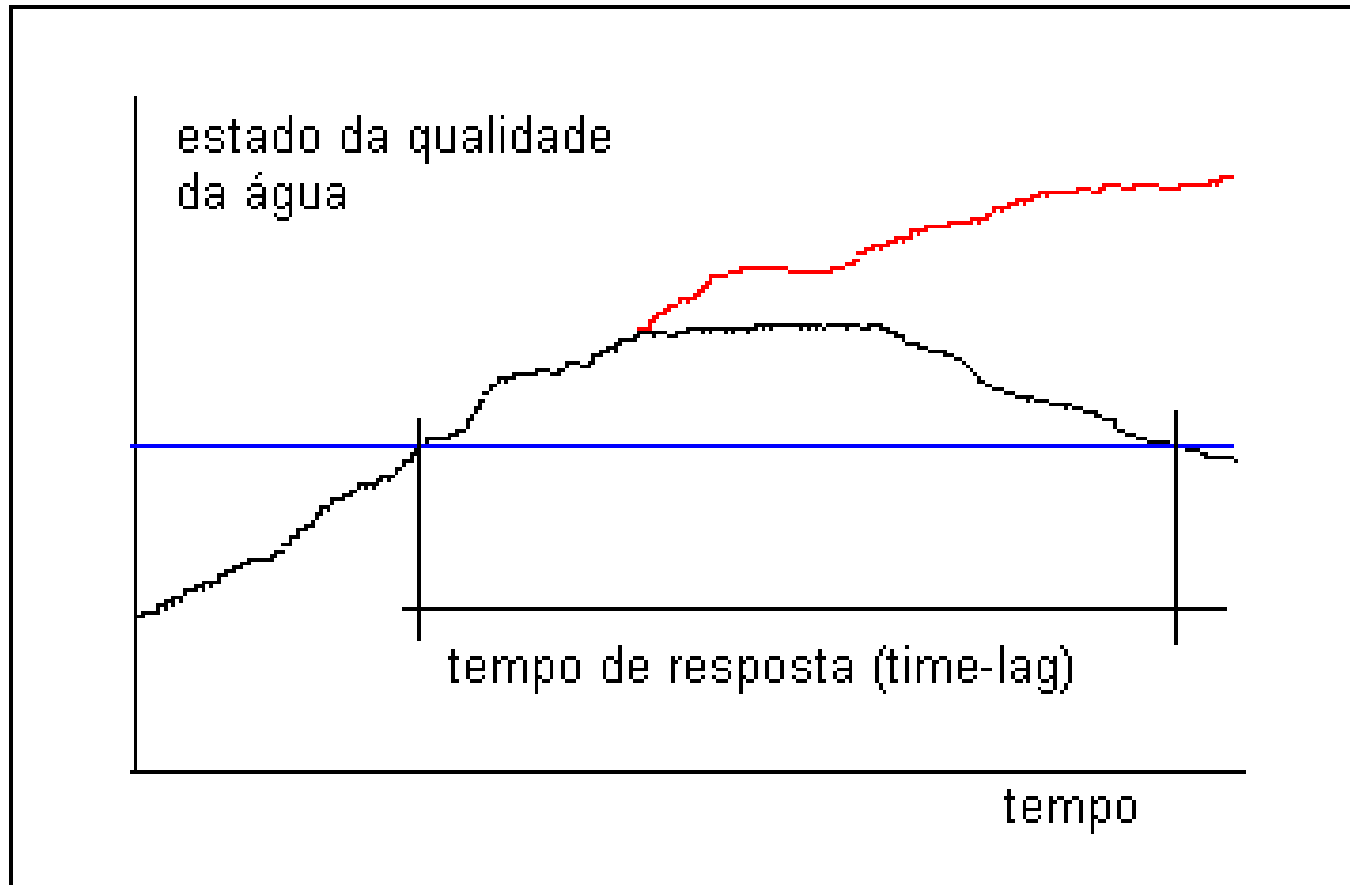
5. Gestão da qualidade da água



Lago Constança

5. Gestão da qualidade da água

- Tempo de resposta do sistema a medidas de redução de poluição



ELEMENTOS DE APOIO

- Lencastre, A. e F.M. Franco, 2010, Lições de Hidrologia, FCT-UNL.
- Linsley et al., 1992, Water Resources Engineering, McGraw Hill.
- Loucks, D. P. and E. van Beek, Water Resources Systems Planning and Management, UNESCO, Paris, 2005
- Mays, L.W. (ed.), 1996, Water Resources Handbook, McGrawHill
- Thomann,R 1987 - Principles of Surface Water Quality Management.
- PNBEPH (<http://www.apambiente.pt>)
- <http://snirh.pt>
- Barragens de Portugal (<http://www.apambiente.pt>)