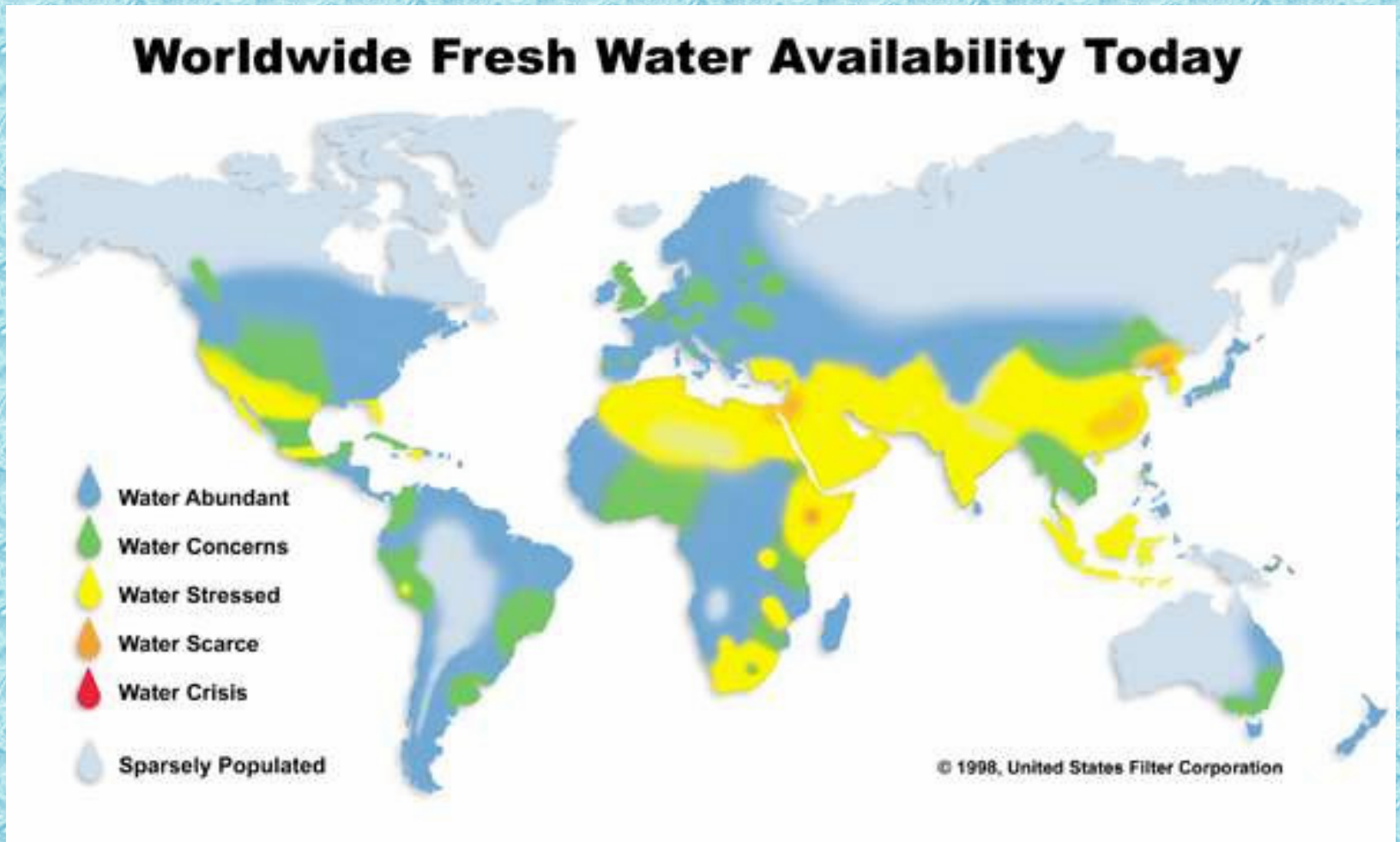


REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS: BENEFÍCIOS, CONSTRANGIMENTOS E SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS

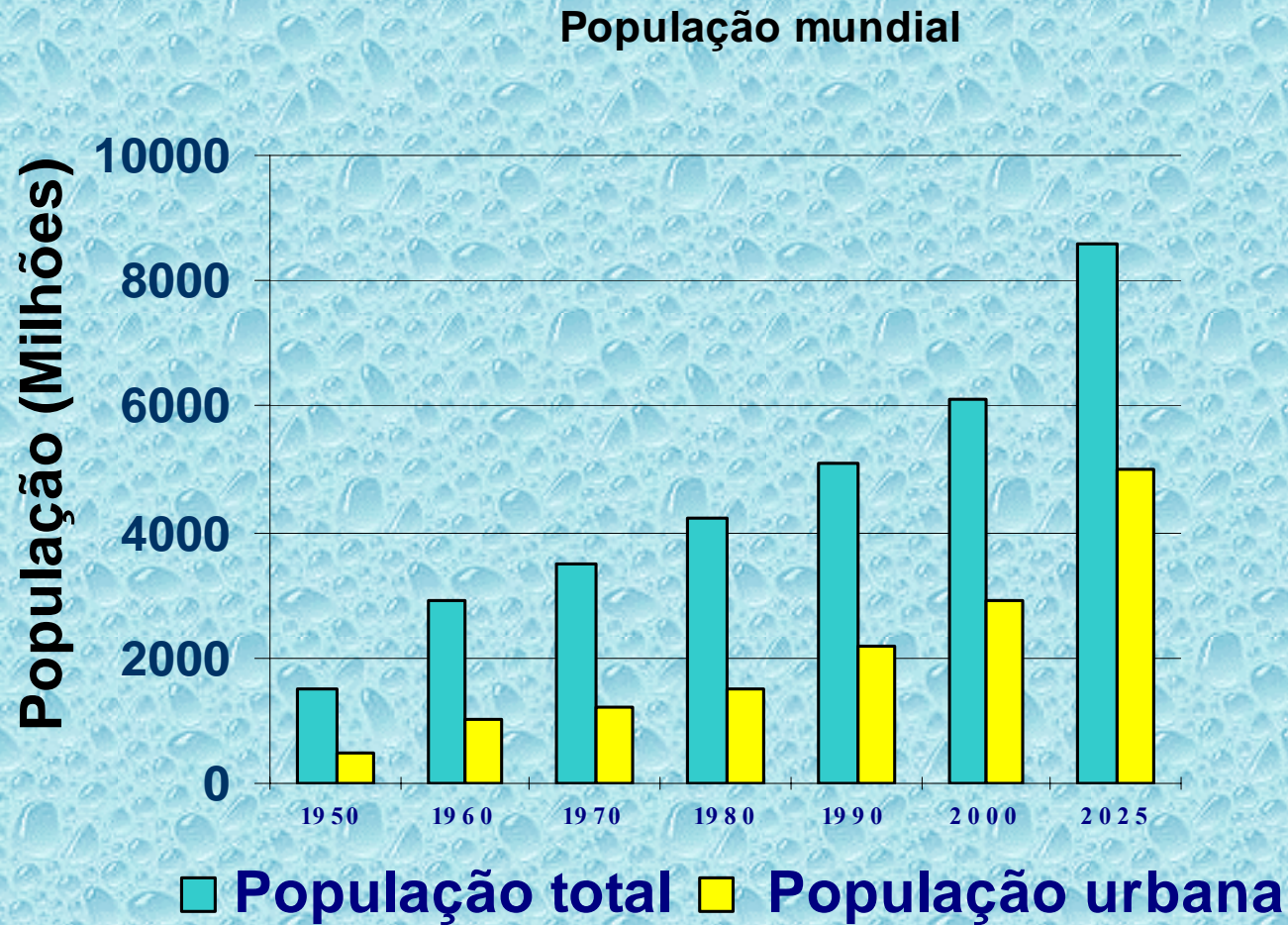
Maria Helena F. Marecos do Monte

*Doutora em Engenharia Civil, MSc, Eng Quím & San
Prof. Coord., ISEL, Lisboa, Portugal
hmarecos@dec.isel.ipl.pt*

-
- 👉 Escassez de água no Globo, na Europa e em Portugal
 - 👉 A reutilização da água como estratégia-chave para combater a escassez de água
 - 👉 Aplicações da reutilização da água
 - 👉 Princípios fundamentais da reutilização da água: qualidade da água tratada para reutilização
 - 👉 Processos de tratamento de águas residuais destinadas a reutilização
 - 👉 Aceitação do público
 - 👉 Reutilização de águas residuais para rega agrícola em Portugal – prNP 4434

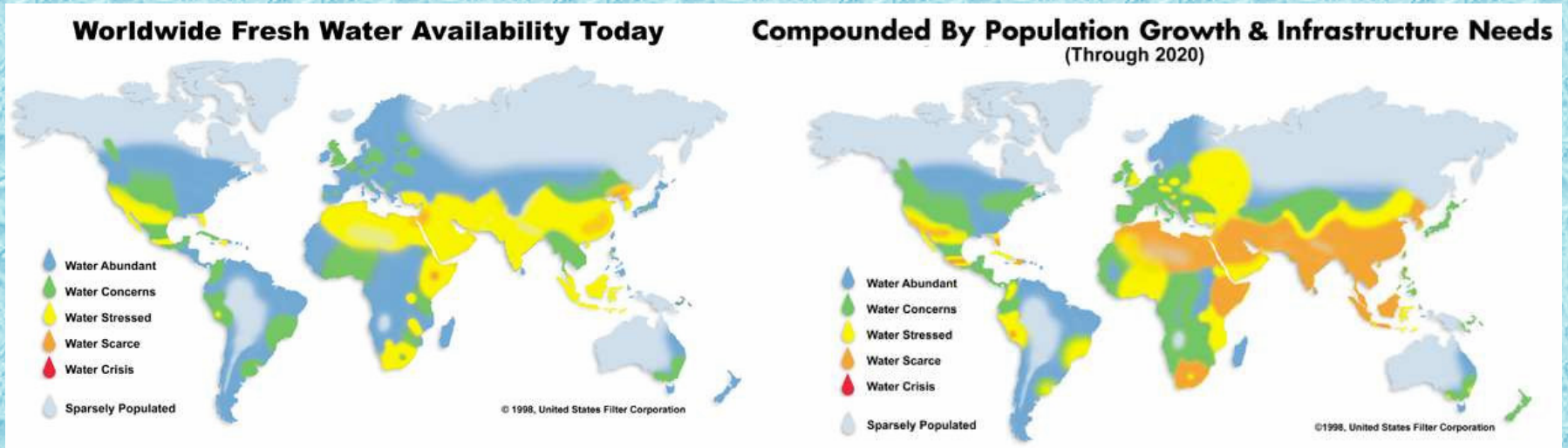


Crescimento da população mundial

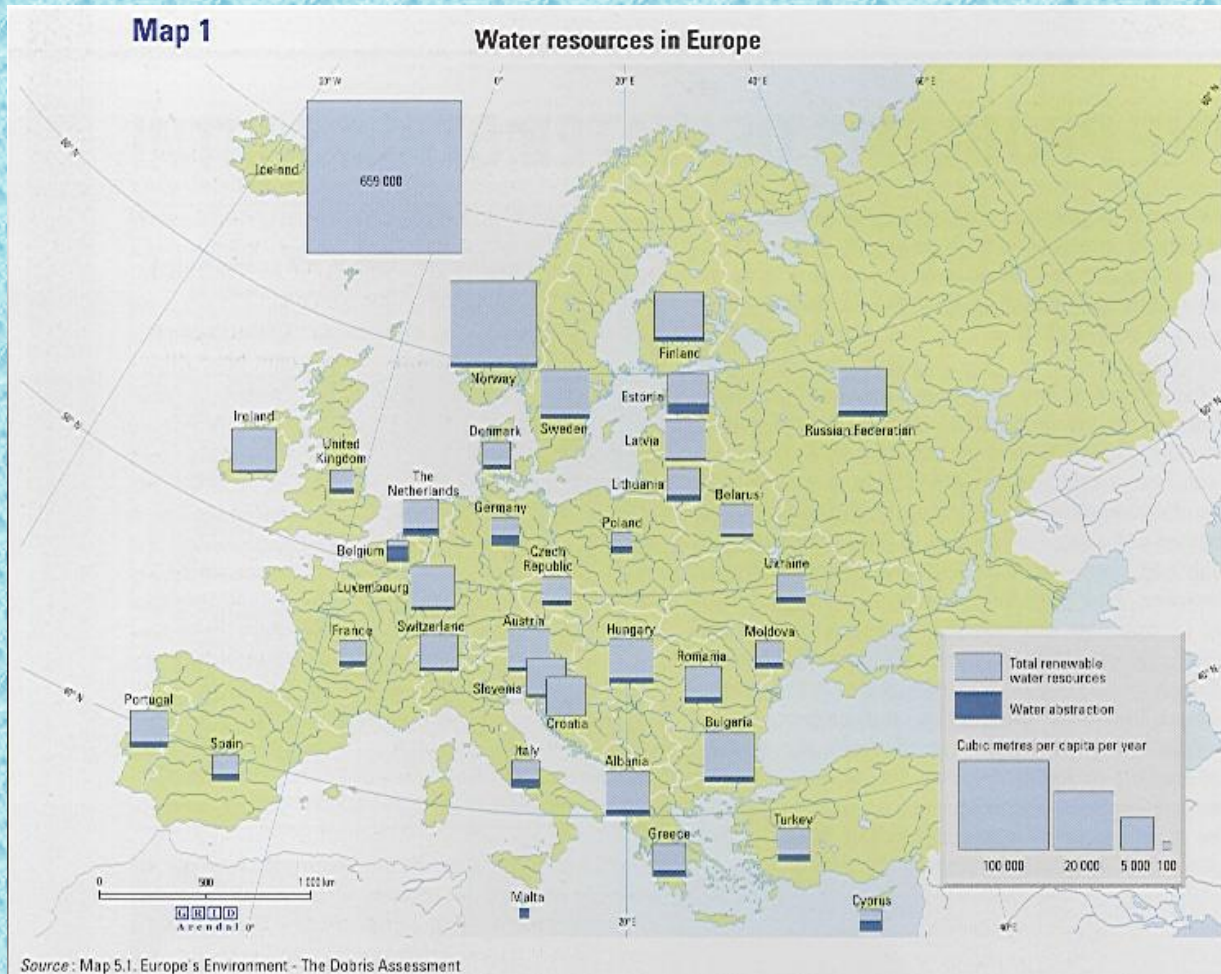


FONTE: DNU, 1989

Escassez de água no planeta



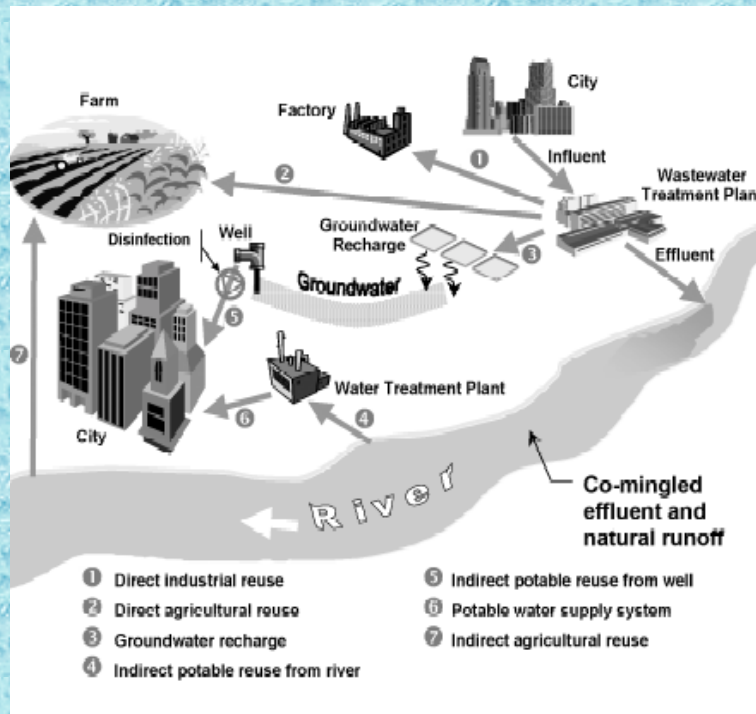
Recursos hídricos na Europa



Estratégias de combate à escassez de água

- **Construção de infra-estruturas de transvase de zonas abundantes em recursos hídricos para zonas escassas em recursos hídricos**
 - Pesados investimentos em grandes obras de engenharia civil, com grandes impactes ambientais
 - As zonas com possibilidade de beneficiar dos transvases localizam-se a distâncias cada vez maiores
 - Suscita questões polémicas de ordem económica, institucional, cultural e políticas
- **Poupança de água**
 - Supressão das perdas nas redes de abastecimento
 - Adopção de técnicas de rega mais eficientes
- **Desenvolvimento de outras origens de água**
- **Dessalinização de água do mar ou salobra**
- **Reutilização de água**
- **Redução da procura através do preço**
 - Suscita dificuldades políticas

Utilizações múltiplas da água ao longo do ciclo hidrológico



- Utilizações múltiplas da água
 - Recuperação das águas residuais (reclamation)
 - Reutilização da água (não reutilização das águas residuais)

A reutilização da água recuperada em ETARs deve constituir uma directriz da política de gestão integrada dos recursos hídricos

- **A Reutilização da Água representa benefícios ambientais fundamentais:**
 - O efluente tratado é utilizado como um recurso hídrico
 - O efluente não é descarregado nos meios receptores – redução da poluição das águas superficiais e subterrâneas
- **Tratamento e reutilização de águas residuais** – origem alternativa de água que deve ser incluída no planeamento de recursos hídricos

Principais aplicações para a utilização de águas residuais tratadas

- Rega agrícola
- Rega paisagística
- Reciclagem e reutilização industrial
- Recarga de aquíferos
- Utilizações recreativas e ambientais
- Utilizações urbanas não-potáveis
- Utilização indirecta ou directa para fins potáveis

- **Normas de qualidade da água para rega agrícola**
 - Químicas e físicas
 - Microbiológicas
- **Tratamento das águas residuais**
- **Restrição de culturas**
- **Gestão da rega** (gestão da salinidade, programação temporal, ...)



- Parques
- Campos desportivos
- Campos de golfe
- Arranjos exteriores de zonas industriais e de escritórios
- Arquitectura paisagística de recintos residenciais



Reciclagem e reutilização de água na indústria

- Na indústria a água é reutilizada principalmente por meio da reciclagem (85%)
- **Tendência crescente**
- Reutilização industrial predominante:
 - Torres de arrefecimento
 - Fábricas de papel
 - Tinturaria têxtil
- Apenas 6-15% das águas residuais urbanas são reutilizadas para fins industriais



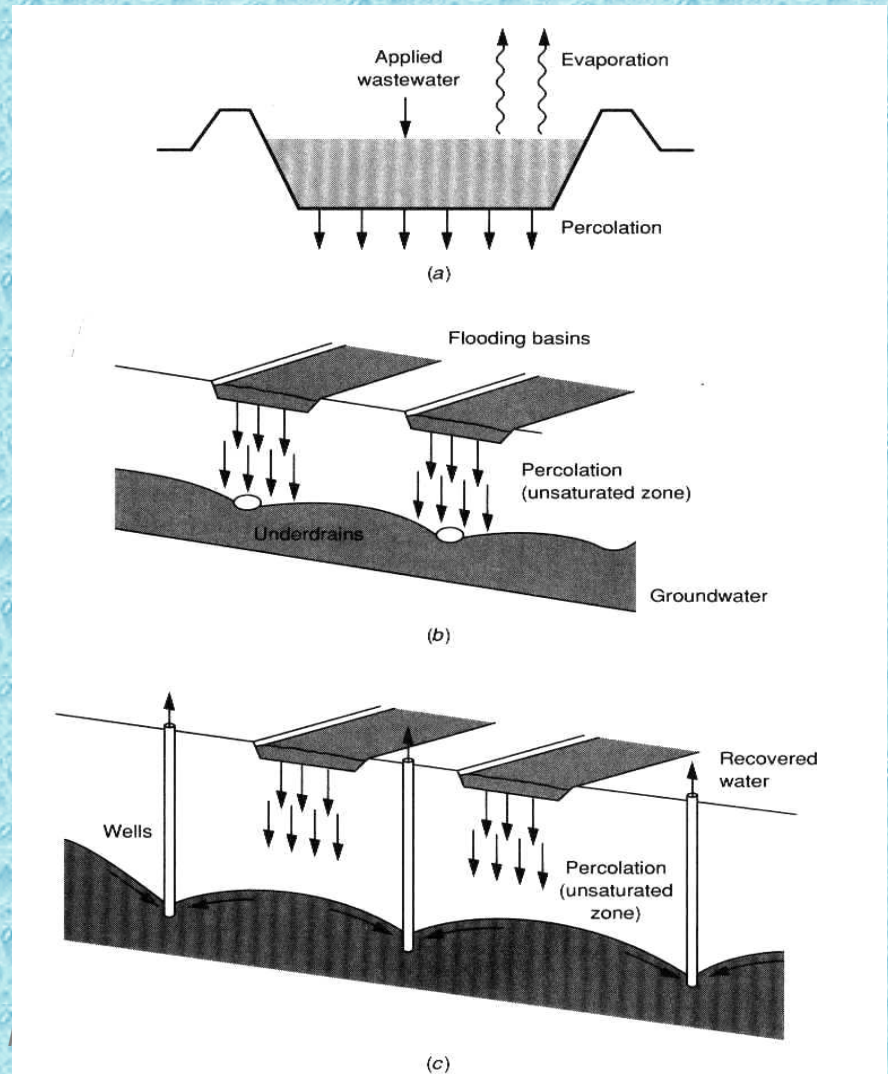
Reutilização da água para recarga de aquíferos

Aplicações:

- Recarga dos aquíferos
- Barreiras hidráulicas contra a intrusão salina em zonas costeiras
- Tratamento complementar (SAT)
- Armazenamento

Metodologias:

- Bacias de infiltração
- Injecção directa nos aquíferos



Aplicações:

- **Lagos de recreio**
 - Arranjos paisagísticos de empreendimentos urbanos
 - Lagos de armazenamento em campos de golfe
 - Pesca
 - Náutica
 - Banho
- **Aumento de caudal de cursos de água**
- **Zonas húmidas**
 - Criação ou recuperação de habitats



Aplicações:

- **Combate a incêndios**
- Descarga de vasos sanitários
- **Água para a construção**
- Varrimento de colectores
- **Condicionamento de ar**



Aplicações:

- Mistura com água bruta nos reservatórios (albufeiras)
- Alimentação directa de água residual altamente tratada ao sistema de distribuição



1. Assegurar o eficiente tratamento das águas residuais para satisfazer as normas de qualidade da água para aplicação na utilização planeada

–The quality of water matters, not its degree of treatment

J. M. Simpson (Australian Water Association)

2. Protecção da saúde pública

3. Ganhar a aceitação pública

- **A qualidade da água é avaliada em função da utilização pretendida, não em relação ao seu nível de tratamento**
- **As águas residuais são tratadas ao nível requerido pela legislação estabelecida pelas autoridades ambientais para efeitos de:**
 - Protecção ambiental
 - Utilizações úteis
- **Em relação a muitos parâmetros de avaliação, as águas residuais podem ser tratadas até um nível de qualidade superior à da água para consumo humano**

Nível de Tratamento

Principais objectivos da remoção de poluentes

Tratamento Primário

CBO₅ e SST

Tratamento Secundário

CBO₅, CQO e SST

Tratamento Terciário

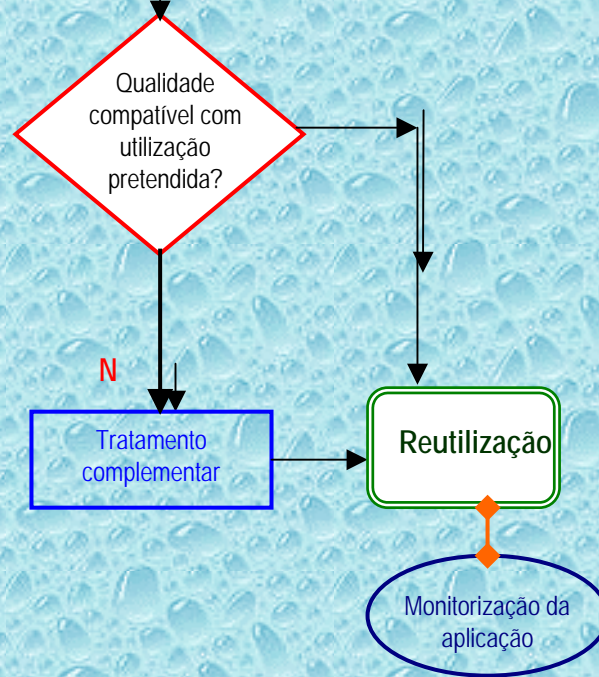
N e P

Compostos perigosos

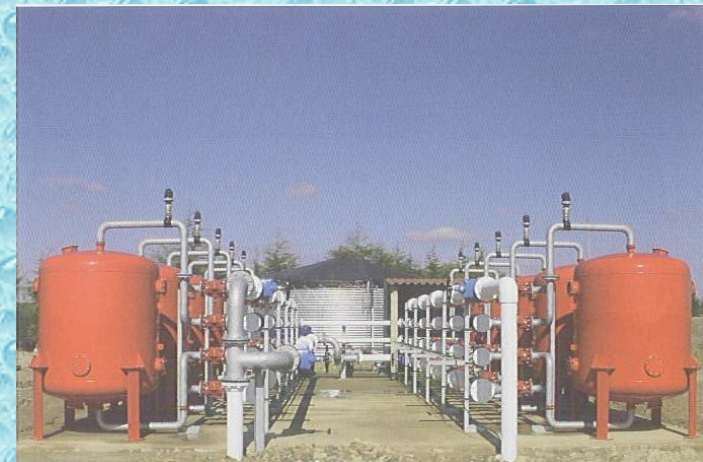
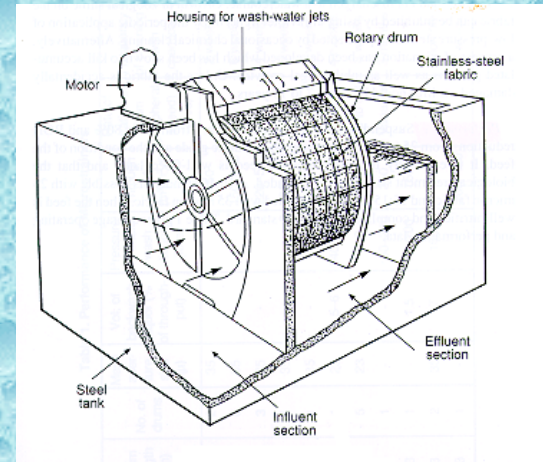
CBO₅, CQO, SST

Microorganismos

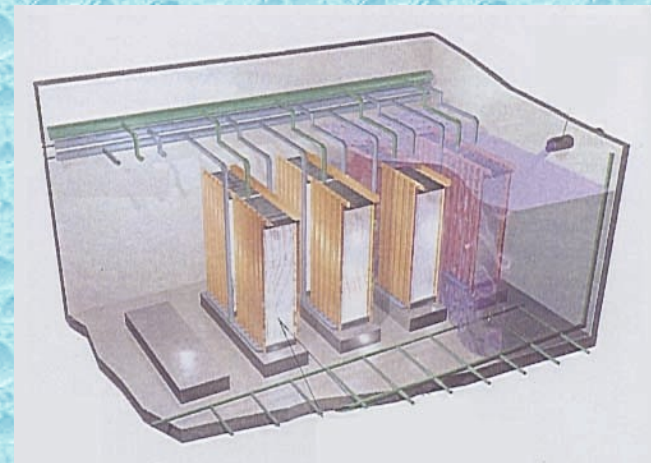
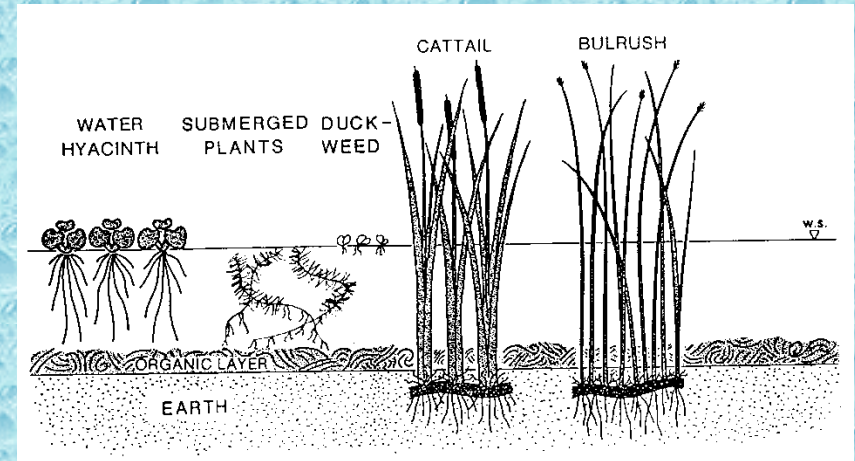
Efluente de ETAR para reutilização



- **Sedimentação em lagoas de estabilização (micrófitas e macrófitas)**
- **Tratamentos pelo solo**
- **Filtração (filtros rotativos)**
- **Microtamisação**
- **Filtração em areia**
- **Coagulação química-floculação**
- **Sedimentação**
- **Flotação (após coagulação-floculação)**



- **Sistemas de lagunagem**
 - Lagoas de estabilização (micrófitas, macrófitas, mistas)
 - Lagoas arejadas
- **Tratamentos pelo solo**
- **Processos de tratamento biológicos**
 - Reactores de biomassa fixa (leitos percoladores, RBC, biofiltros,...)
 - Reactores de biomassa suspensa (lamas activadas)
 - Reactores mistos
- **Processos físico-químicos**



Processos de remoção de N

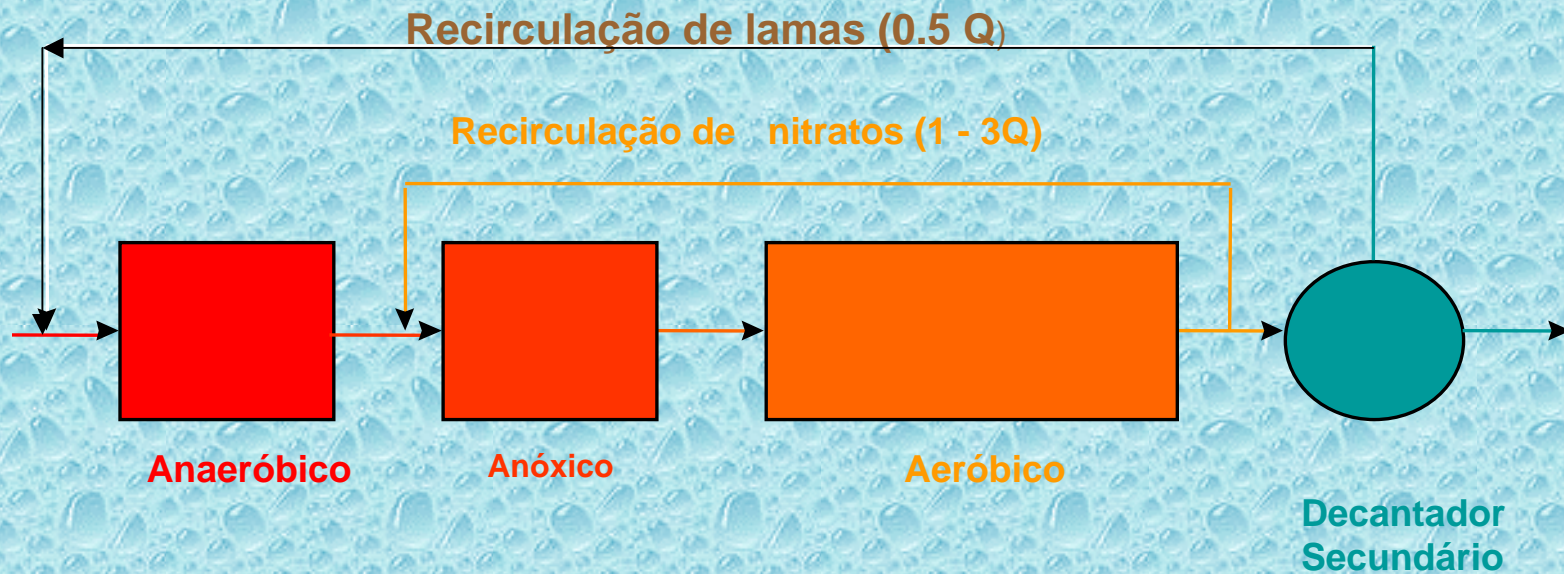
Processos Biológicos	Reactores de biomassa fixa	Leitos de enchimento muito poroso
		Leitos de enchimento pouco poroso
		Leitos fluidizados
		Leitos com atmosfera de N
	Reactores de biomassa suspensa	Remoção integrada de N
		Remoção terciária
Processos Físicos e químicos	Extracção em fase gasosa	
	Cloragem ao break point	
	Permuta iónica	

Remoção de P por precipitação química

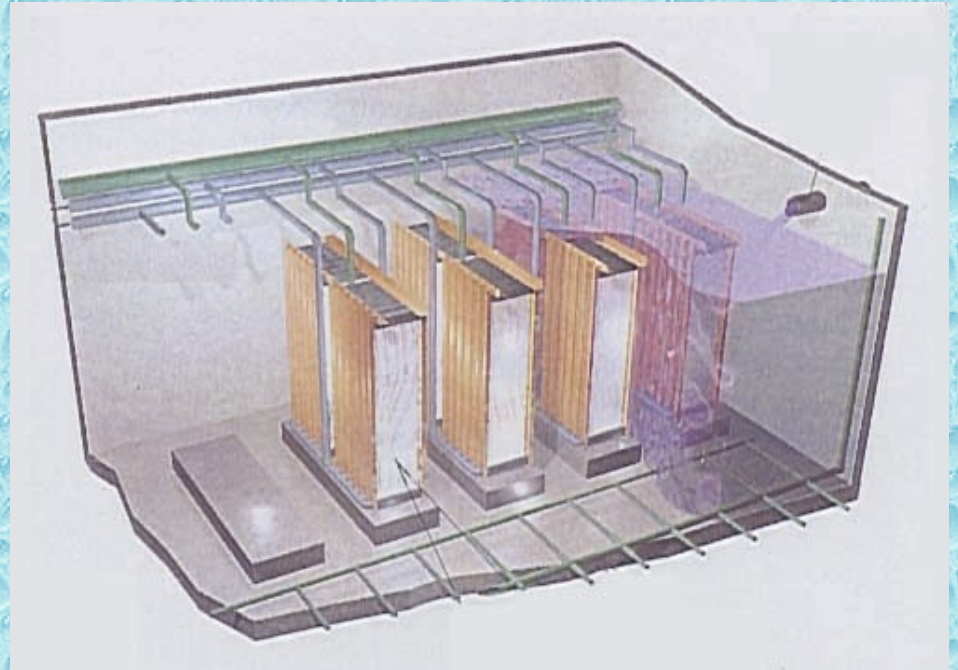
	Reactores de biomassa fixa		Lamas activadas	
	Decantador secundário	Decantador primário	Decantador secundário	Tanque de arejamento
SST (mg/L)	15-30	20-40	10-30	15-30
CBO₅ (mg/L)	10-25	20-30	10-25	15-25
P (mg/L)	0,5-2,0	1,0-3,0	0,5-1,5	0,5-1,5

Bardenpho		O/A		PhoStrip	
P-tot	P-ort	P-tot	P-ort	P-tot	P-ort
(mg/L P)	(mg/L P)	(mg/L P)	(mg/L P)	(mg/L P)	(mg/L P)
0.6-3.4	0.5-2.5	-	0.5-0.9	0.3-1.0	0.6-1.0

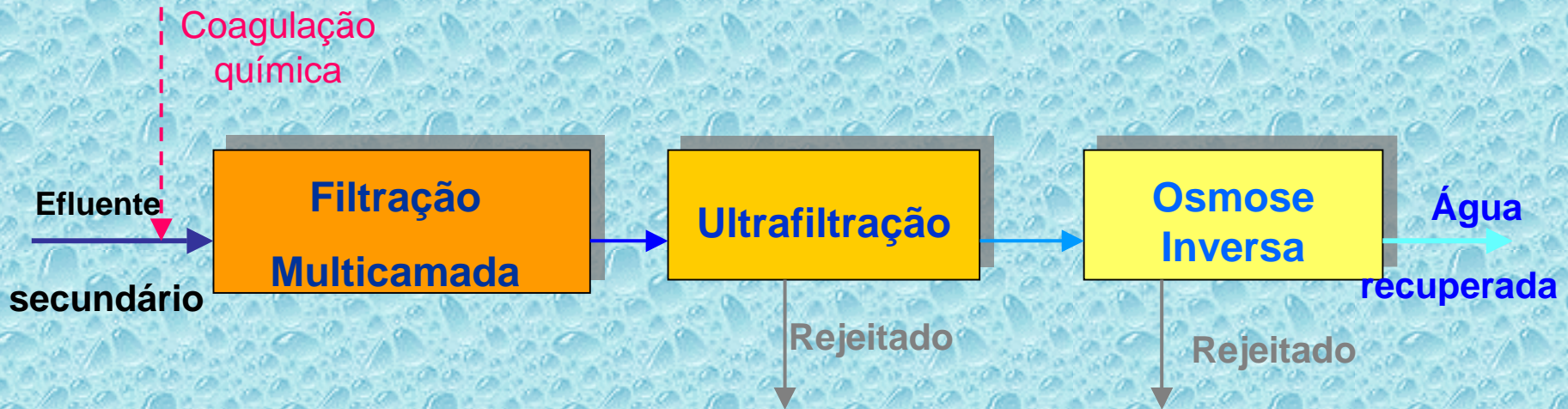
Remoção biológica combinada de N e P



- **Osmose inversa**
- **Electrodiálise**
- **Nanofiltração**
- **Ultrafiltração**
- **Microfiltração**
- **Biomembranas**



Exemplo de esquema de tratamento para recuperação de águas residuais urbanas para reutilização



PROCESSOS de DESINFECÇÃO

Físicos	Químicos	Bionaturais
UV	Cloro	Lagoas de Maturação
Radiação γ	Dióxido de Cloro	Tratamentos no solo
Temperatura	Bromo	
Ag+	Ozono	
Diluição	Hipoclorito (Na, Ca)	
Filtração	Ácido Peracético	

Princípios essenciais para o estabelecimento de regulamentação sobre reutilização da água

Padrões
de qualidade
da água

+

Requisitos de Tratamento

+

Requisitos de Monitorização

☠ Controlo dos potenciais riscos de saúde pública

Palavra-chave: COMUNICAÇÃO

Público

Organização
da Gestão da
Reutilização
da Água

Parcerias

Autoridades da Administração
(Ministérios, CCDR's e Autarquias)

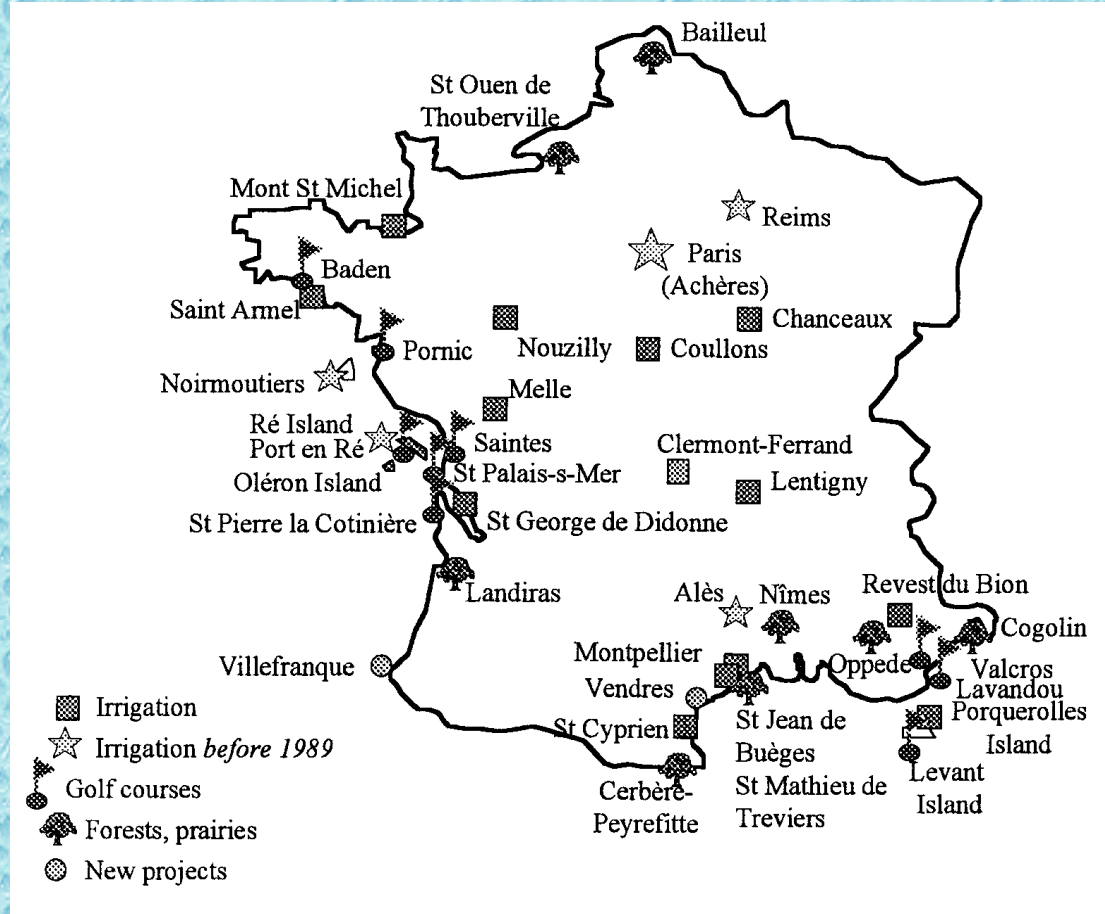
- **Países Mediterrânicos**

- Portugal
- Espanha
- França
- Itália
- Grécia
- Chipre

- **Países do norte e centro da Europa**

- Bélgica
- Alemanha
- UK
- Suécia

Reutilização de águas residuais para rega em França



Justificação da necessidade de uma NP relativa à reutilização de águas residuais para rega

- A reutilização da água deve ser um princípio subjacente a política racional de gestão de recursos hídricos
- A reutilização para rega constitui o domínio de aplicação preferencial
- As regiões do Algarve, Alentejo e Ribatejo sofrem de escassez de água para rega grande parte do ano
- A superfície irrigável de Portugal continental constitui apenas 22% da SAU
- O efluente de ETAR atinge cerca de 250 milhões de m³ anuais (sem armazenamento)
- Benefícios técnicos, ambientais e sócio-económicos
 - Economia de águas naturais
 - Protecção do ambiente
 - Recuperação de nutrientes (economia de adubos)
 - Beneficiação da sócio-economia dos agricultores

Justificação da necessidade de uma NP relativa à reutilização de águas residuais para rega

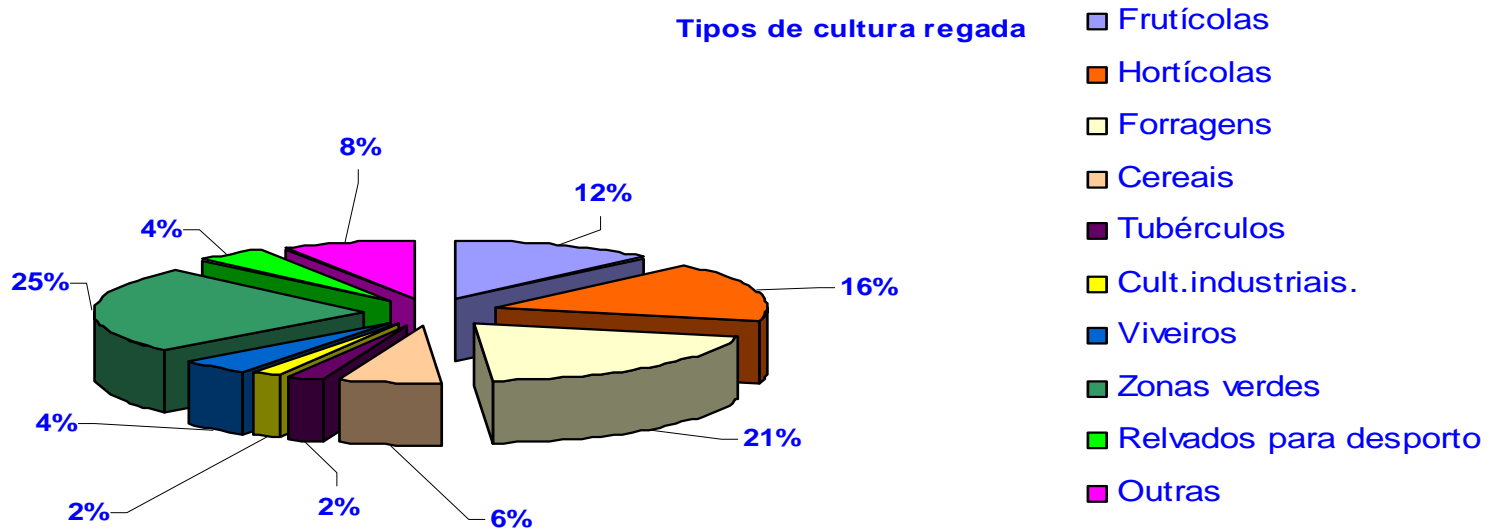
- **O desenvolvimento da prática da reutilização deve fazer-se de forma sustentada, sob pena de se concretizarem aplicações incorrectas, que venham a comprometer e a desencorajar soluções de inegáveis vantagens ambientais, agrícolas e sócio-económicas**
- **A sustentabilidade baseia-se principalmente em documentos normativos que definam os critérios a seguir no âmbito da boa prática, e que tomando como referência a documentação internacional relevante, tenha em consideração as especificidades nacionais relativas a:**
 - Tipo de efluentes
 - Culturas e práticas agrícolas
 - Tipos de solos
 - Clima

CONSTITUIÇÃO DA CT90/ SC 3

- **LNEC (Coordenação)**
- **ANMP**
- **Direcção Geral de Saúde**
- **Direcção Geral do Ambiente**
- **EMARLIS**
- **IEHRA**
- **INAG**
- **Lab. Quím. Agríc. Rebelo da Silva**
- **UTL – ISA**
- **Univ. do Algarve**
- **Eng.^a Helena Marecos**
- **Eng^o J. Carlos Santos Seco**
- **Eng. F. Bartolomeu**
- **Eng. P. Diegues**
- **Eng^a Margarida Costa**
- **Eng^a Isabel Bronze**
- **Eng^o João Tito Nunes**
- **Eng^o Cebolo Monteiro**
- **Eng^a Raquel Dias Mano**
- **Prof. F. Cardoso Pinto**
- **Prof. José Beltrão**

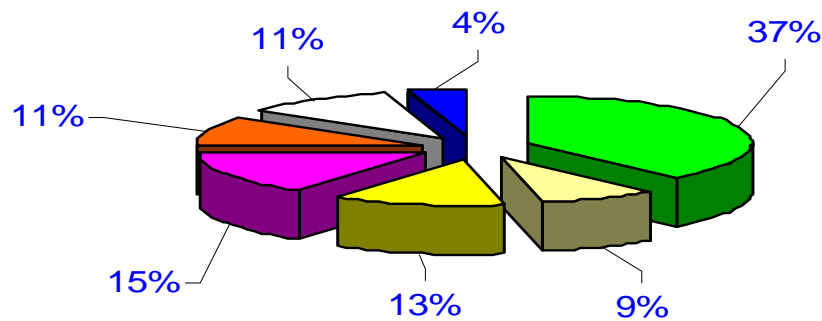
- Existe em Portugal informação experimental recolhida no âmbito de um projecto de I&D promovido pelo LNEC, com a colaboração do LQARS
 - Características típicas dos efluentes de ETAR em Portugal
 - Impacto da rega com efluentes de ETAR sobre as características químicas e físicas do solo
 - Impacto da rega com efluentes de ETAR sobre o estado sanitário das culturas e do solo

Tipo de culturas regadas com águas residuais em Portugal



Métodos de rega com águas residuais em Portugal

Métodos de rega



- Aspersão
- Micro-aspersão
- Gota-a-gota
- Regad. e sulcos)
- Camião cisterna
- Outros

1 Objectivo e campo de aplicação

2 Referências normativas

3 Definições

4 Requisitos de aplicação

4.1 Qualidade das águas residuais tratadas para rega

4.2 Métodos, processos e tipos de rega

4.3 Características da área a regar

4.4 Culturas susceptíveis de utilização

5 Minimização dos impactes ambientais e dos riscos para a saúde pública

5.1 Aspectos gerais

5.2 Instalação de rega

5.3 Realização das regas

5.4 Medidas de protecção da área envolvente

6 Controlo e monitorização

6.1 Aspectos gerais

6.2 Controlo da instalação

6.3 Monitorização

- **Anexo A (normativo) Parâmetros caracterizadores da qualidade da água para rega**
- **Anexo B (normativo) Controlo de instalação de rega c/ águas residuais urbanas tratadas**
- **Anexo C (normativo) Bibliografia**