

Gestão dos Recursos Hídricos e Sustentabilidade: a importância da hidrologia

Francisco Nunes Correia

Instituto Superior Técnico
Ano Letivo 2018-2019 2º Semestre

O que é a água ?



Um fluido com propriedades físicas e químicas bem conhecidas:



Navier Stokes

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} \rho + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + f_x$$

Saint Venant

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} + g(S - S_f) = 0$$

Darcy

$$Q = \frac{-kA(P_b - P_a)}{\mu L}$$

Mas... para compreender o que a água é realmente



é necessário ter em conta

- **a micro-escala**
determina importantes
propriedades da água
- **a macro-escala**
determina a ocorrência
e a relevância económica
e social da água

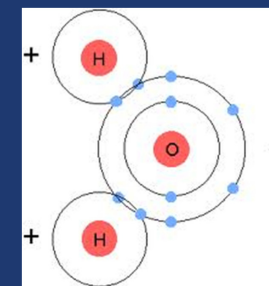
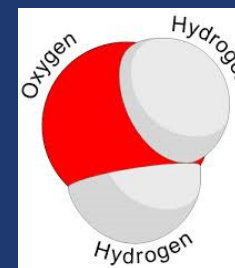
Mas...

para compreender o que a água é realmente



é necessário ter em conta **a micro-escala** determina importantes propriedades da água

Uma molécula com propriedades muito particulares:



Algumas propriedades particulares da água

1

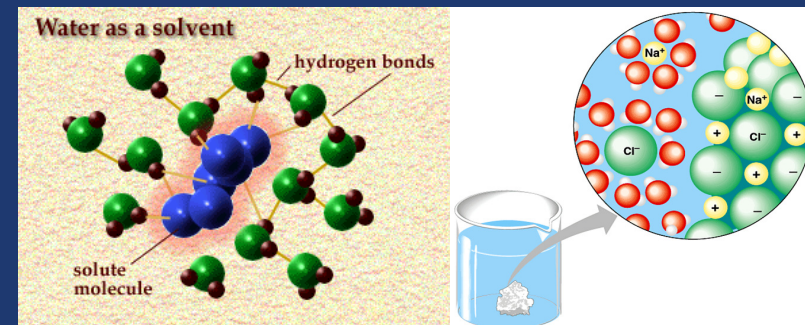
A única substância que ocorre naturalmente nas três fases, sólida, líquida e gasosa à superfície da terra



Permite transferências de massa e energia entre os oceanos e atmosfera

2

Dissolve mais substâncias em maior quantidade do que qualquer outro fluido



Fundamental em todos os processos físicos e químicos em que a água participa nomeadamente a vida

3

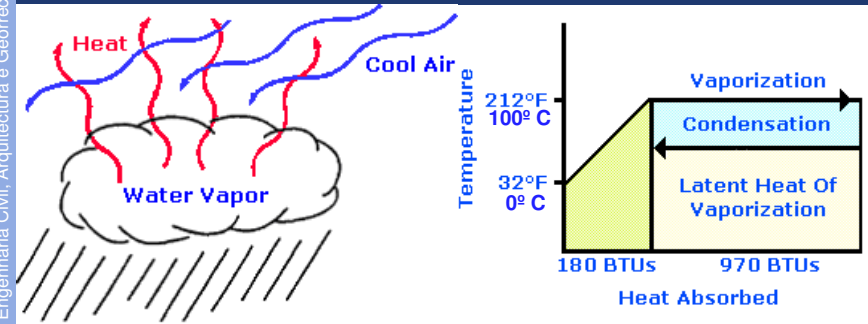
Tem a maior tensão superficial de todos os líquidos comuns



Propriedade fundamental na formação das nuvens e das gotas de chuva, além de desempenhar um papel fundamental na fisiologia celular

4

Tem o maior calor latente de vaporização de todos as substâncias comuns



Desempenha um papel fundamental na transferência de calor entre os oceanos determinando fortemente a meteorologia e o clima

Mas...

para compreender o que a água é realmente



é necessário ter em conta

- a **micro-escala** determina importantes propriedades da água

- a **macro-escala** determina
 - a relevância económica e social da água - **necessidades**
 - a ocorrência - **disponibilidades**

Mas...

para compreender o que a água é realmente

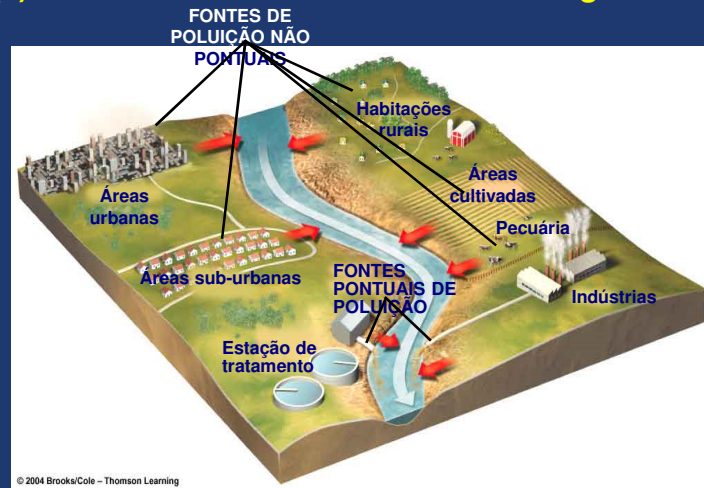


é necessário ter em conta

- a **macro-escala** determina
 - a relevância económica e social da água - **necessidades**
 - a ocorrência - **disponibilidades**

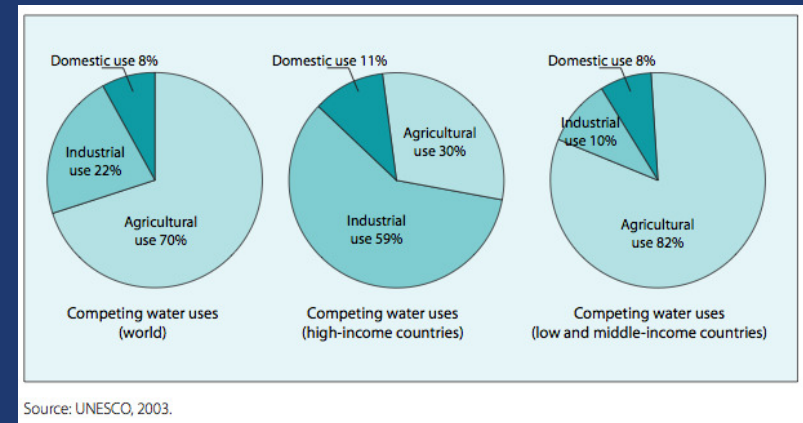
Começando pelas muitas utilizações...

(a) A relevância económica e social da água



© 2004 Brooks/Cole - Thomson Learning

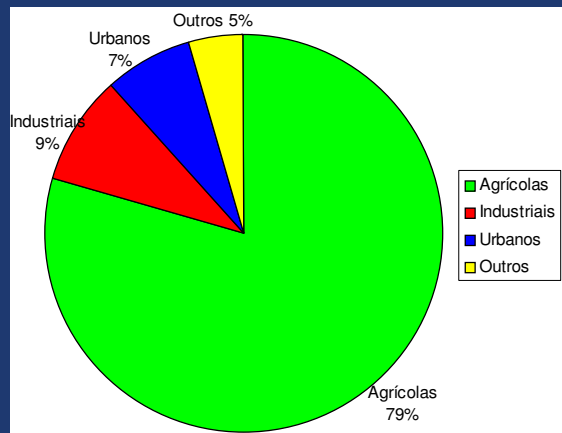
Principais usos que competem pela água no mundo por sector em %



Source: UNESCO, 2003.

e...

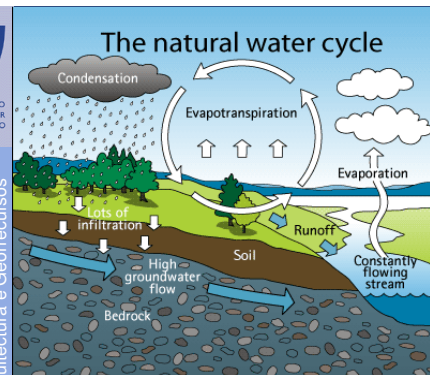
... em Portugal



Plano Nacional da Água, PNA, 2000

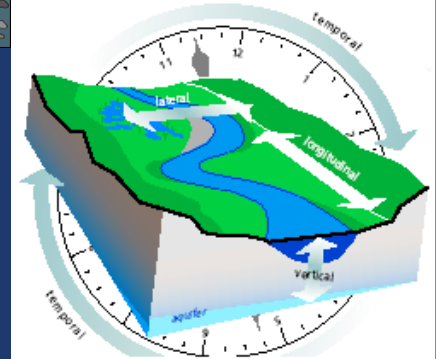
Usos da água (consumptivos e não consumptivos¹)

- Agrícola
- Doméstico e municipal
- Pecuário e piscícola
- Industrial
- Ecológico/ambiental
- Navegação
- Produção de energia
- Recreio e turismo
- Recepção de águas residuais



(b) A ocorrência: O ciclo hidrológico

- | | |
|--|--|
| Dimensões: | Tempo |
| Longitudinal
montante / jusante | contínuo
incremental
acumulado |
| Transversal
leito
margem
encosta | Quantidade
caudal
volume |
| Vertical
Infiltração
aquífero | Qualidade
física
química
ecológica |
| | Etc. |



Não é possível conhecer as disponibilidades e satisfazer as necessidades sem o adequado conhecimento da ocorrência da água na natureza:

ESSA É A IMPORTÂNCIA DA HIDROLOGIA !

A **Hidrologia** é a ciência que trata da distribuição da água na Terra, da sua ocorrência, circulação e distribuição, das suas propriedades químicas e físicas e da sua interação com o ambiente, incluindo a relação com os seres vivos.

Na sua componente de **Hidrologia Aplicada** (âmbito da disciplina) pode ser entendida como a ciência de carácter prático com o principal objectivo de servir de base ao planeamento e à gestão dos recursos hídricos e, mais globalmente, à atividade profissional do Engenheiro Civil.

Consumo direto / Consumo virtual

Consumo direto:

Consumo direto corresponde ao volume da água que utilizamos de forma direta para as várias atividades (duche, beber, cozinhar, lavar, etc.)

Consumo virtual:

Consumo virtual corresponde ao volume da água necessária, de forma directa e indirecta, para produzir uma unidade de um qualquer produto (inclui perdas, evapotranspiração, poluição)



Hoekstra & Chapagain, 2008]

3000 litres water



1 kg rice





140
litres
1 cup
of coffee



2,400
litres
100 gr of
chocolate



1500
litres
1 kg of
refined sugar



180
litres
1 kg of
tomatoes



120
litres
1 glass
of wine



2,400
litres
1 hamburger



16,600
litres
1 kg
of leather

[Hoekstra & Chap



10
litres
1 sheet of
A4 paper

[Hoekstra



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

DECivil
Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos

Outros valores:

1 kg de carne de vaca necessitam de	22 000 litros
1 kg de carne de porco	4 600 litros
1 kg de carne de aves	4 100 litros
1 kg de trigo	1 100 litros
1 kg de milho	900 litros
1 litro de leite	800 litros

Um almoço ligeiro:

1 bife (150 gr.) com arroz (150 gr.), 1 copo de vinho, 1 pão (50 gr.) e 1 café

3300 litros + 450 litros + 120 litros + 55 litros + 140 litros = 4 065 litros

Consumo doméstico "típico": 200 litros por pessoa por dia

Um almoço ligeiro = mais de 20 dias de consumo !!!



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

DECivil
Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos

Tal como foi já referido

Conceito de água virtual:

Água virtual corresponde ao volume da água necessária, de forma directa e indirecta, para produzir uma unidade de um qualquer produto

(inclui perdas, evapotranspiração, poluição)



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

DECivil
Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos

. . . mas o engenheiro não pode cometer o erro de pensar que a água é apenas e só um mero fluido regido pelas leis da física

O mundo real é muito mais complexo !

**O que é
a água ?**



A água significa coisas muito distintas
... para pessoas diferentes

TODAS são importantes!
TODAS têm de ser consideradas!

tais como:



abastecimento
doméstico
serviços energia,
dos ecossistemas



Gestão dos recursos hídricos:
como reconciliar todos os usos
em quantidade e qualidade
no espaço e no tempo
com um recurso
que é renovável
mas limitado!

A grande preocupação do século XXI:



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos
DECivil

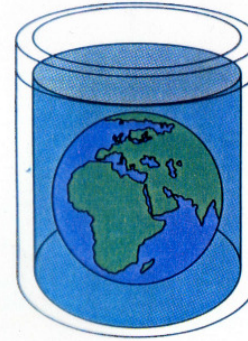
A grande preocupação no Século XXI:

Segurança Hídrica

Assegurar a **disponibilidade fiável** de água, em condições aceitáveis de **quantidade, qualidade**, e de protecção dos **ecossistemas hídricos**, assegurando as **necessidades** humanas de saúde, higiene e produção, e riscos comportáveis relativamente a **desastres naturais**

Os 3 Paradoxos da Água !

100 liters



Total water
100%

Abundante ou Escassa ?

100 liters



3 liters



Fresh water
3%

Total water
100%

Abundante ou Escassa ?

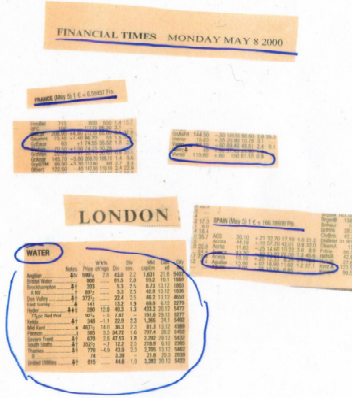
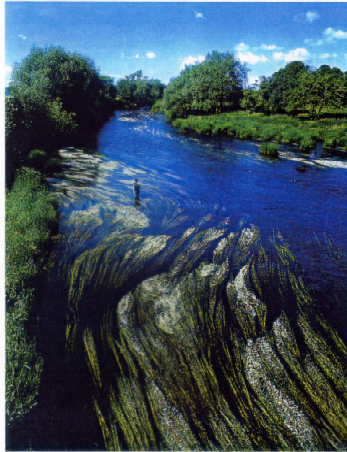
Abundante ou escassa ?



cheias



secas



Amenidade ou Indústria ?

Amenidade ou Indústria?



lazer



serviços



Conflito ou Cooperação ?

Conflito ou Cooperação?



conflito



cooperação

Como transformar
conflito potencial em
potencial de cooperação !
(programa das Nações Unidas - UNESCO)

Usos: conflito ou cooperação?



armazenamento



regadio



abastecimento urbano



indústria



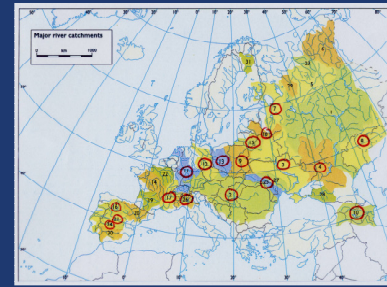
navegação



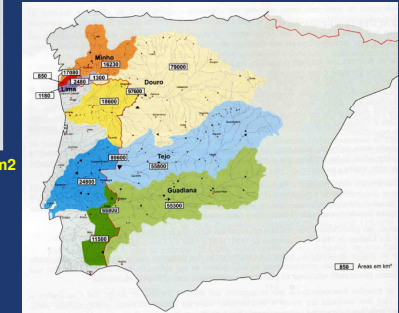
recreio



saneamento



Bacias internacionais na Europa com mais de 50 000 km²



Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas

Bacias internacionais:

- 145 países
- 263 bacias hidrográficas
- 40% da população mundial
- 50% da superfície terrestre
- 60% da água doce existente

Conflito ou Cooperação ?

Mark Twain :

O whiskey é para beber
... e a água é para lutar!

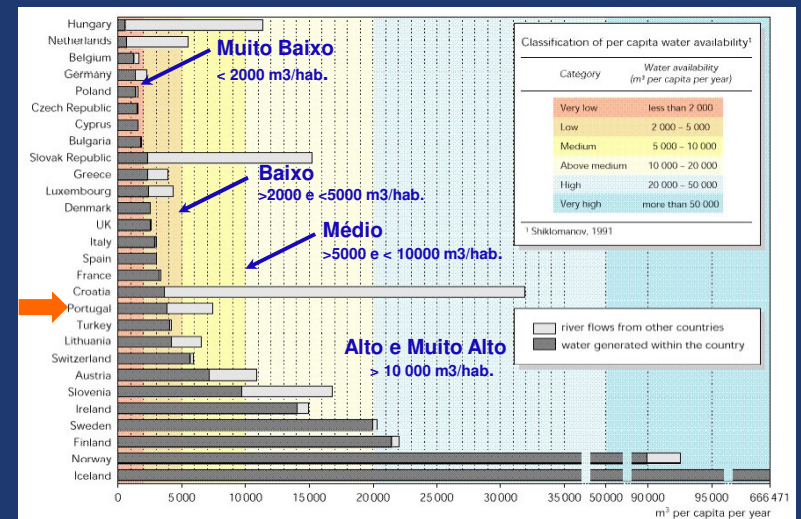


John F. Kennedy :

Quem resolver o problema da água,
merece não um mas dois Prémios Nobel:
o Prémio Nobel da Ciência
e o Prémio Nobel da Paz



A relevância das bacias internacionais



(Adaptado de EEA 1998)

A Gestão da Água

cada vez mais tem de ser vista numa perspectiva:

GLOBAL !

Três Factores que criam “stress”:

1. Explosão demográfica
2. Aumento das pressões ambientais
3. Alterações climáticas

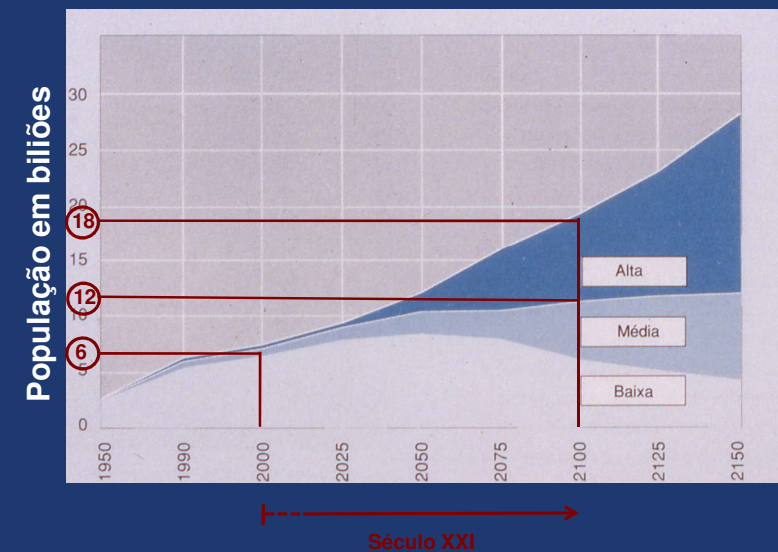
1. Explosão demográfica

- 1,7 mil milhões em 1900
- 6 mil milhões em 2000
- 10 mil milhões em 2050
- 12 a 18 mil milhões em 2100

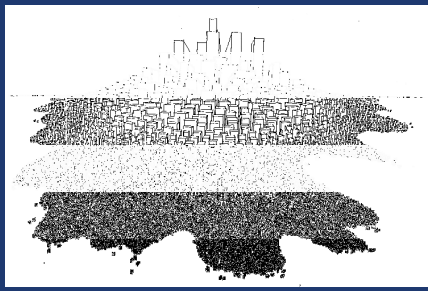
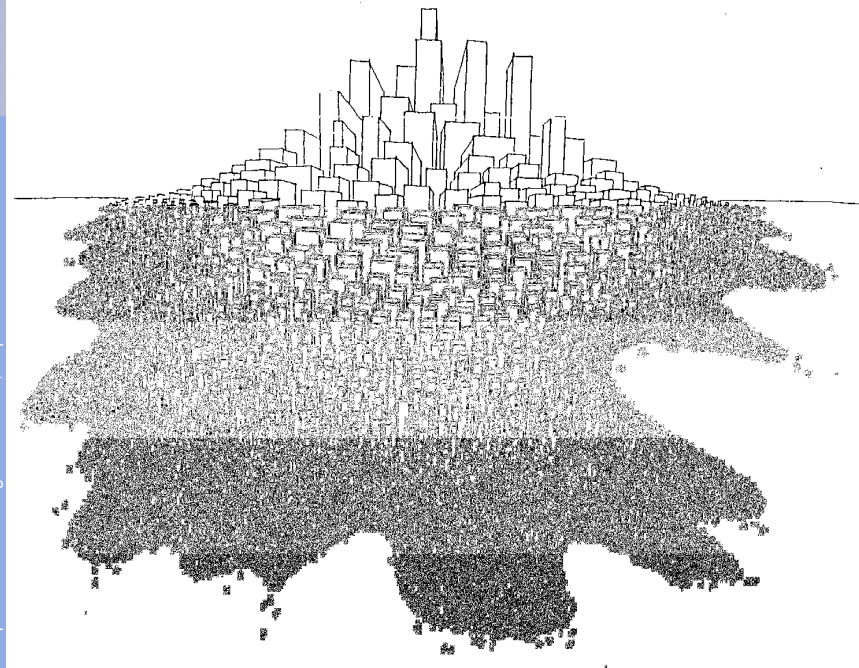
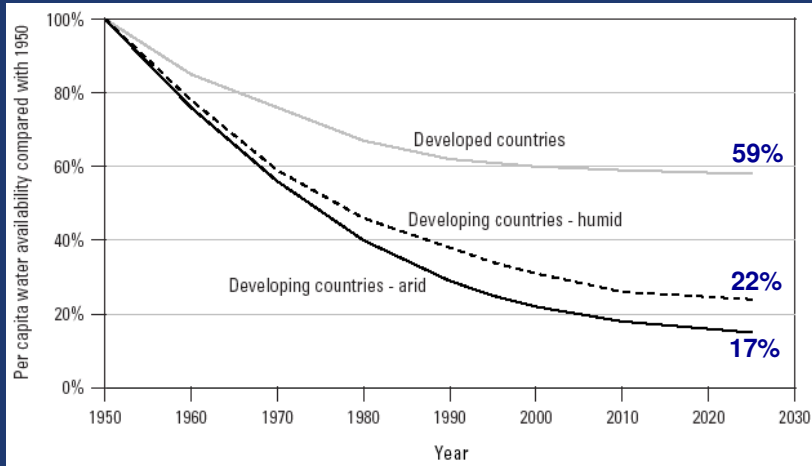
1.3 mil milhões não tem água potável

2.4 mil milhões não tem saneamento

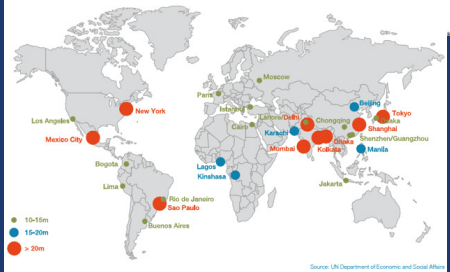
Cenários de crescimento da população mundial até 2150



Disponibilidade per capita



MEGA-CITIES IN 2025



Population 2007		Population 2025	
1. Tokyo	35.7m	36.4m	1. Tokyo
2. Mexico City	19.0m	26.4m	2. Mumbai
3. New York-Newark	19.0m	22.5m	3. Delhi
4. Sao Paulo	19.0m	22.0m	4. Dhaka
5. Mumbai	18.8m	21.4m	5. Sao Paulo
6. Delhi	15.9m	21.0m	6. Mexico City
7. Shanghai	15.0m	20.6m	7. New York-Newark
8. Kolkata	14.8m	20.6m	8. Kolkata
9. Buenos Aires	12.8m	19.4m	9. Shanghai
10. Dhaka	13.5m	19.1m	10. Karachi
11. LA-Long Beach-S' Ana	12.5m	16.8m	11. Kinshasa
12. Karachi	12.1m	15.8m	12. Lagos
13. Rio de Janeiro	11.9m	15.6m	13. Cairo
14. Osaka-Kobe	11.7m	14.8m	14. Manila
15. Cairo	11.3m	14.5m	15. Beijing
16. Beijing	11.1m	13.8m	16. Buenos Aires
17. Manila	11.1m	13.7m	17. LA-Long Beach-S' Ana
18. Moscow	10.5m	13.4m	18. Rio de Janeiro
19. Istanbul	10.1m	12.4m	19. Jakarta
		12.1m	20. Istanbul
		11.8m	21. Guangzhou
		11.4m	22. Osaka-Kobe
		10.5m	23. Moscow
		10.5m	24. Lahore
		10.2m	25. Shenzhen
		10.1m	26. Chennai

As megacidades no mundo > 10 milhões

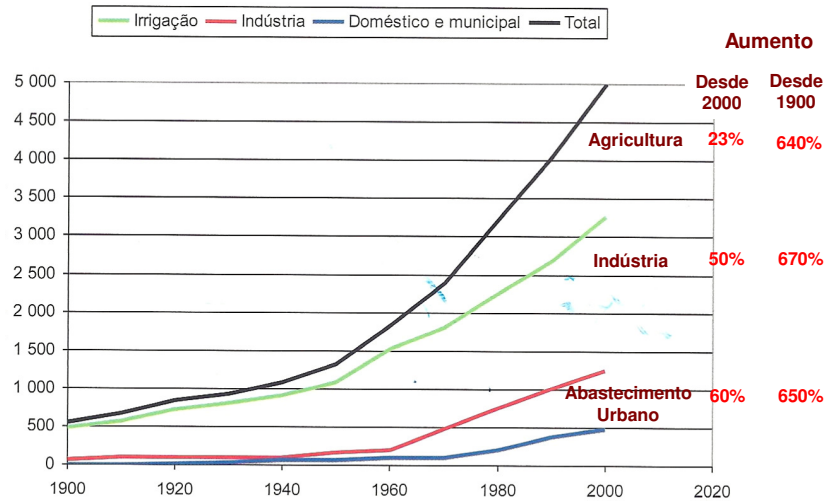
2. Aumento das pressões ambientais

Intensificação de todas as atividades económicas: indústria, agricultura, abastecimento doméstico

De 1900 a 2000 as captações de água para a agricultura aumentaram **6 vezes !**

De 1900 a 2000 as captações totais de água aumentaram **10 vezes !**

Evolução das captações a nível mundial (km³/ano)



3. Alterações climáticas

Aumento até 6°C até 2100 da temperatura média anual em algumas regiões do País

Diminuição até 30% da precipitação média anual

Aumento da variabilidades anual dos valores da precipitação

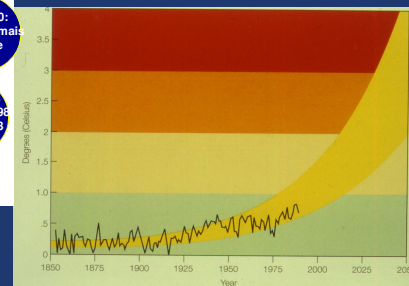
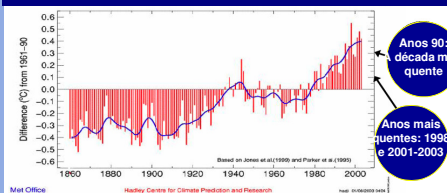
Factores de mudança

Alterações climáticas

Mais variabilidade, mais incerteza, mais escassez ...

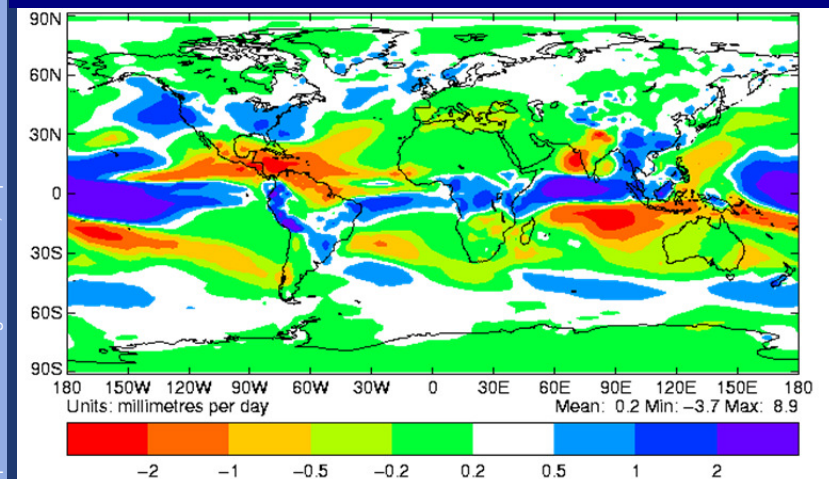
A temperatura global do planeta aumentou

Temperatura: diferença em °C relativamente à média 1961 - 1990



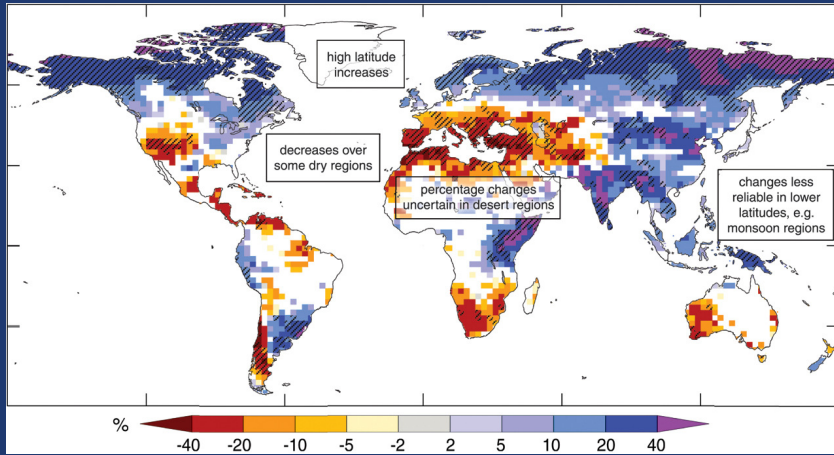
Precipitação média anual

Alteração na precipitação média anual no período 2070 - 2100 relativamente à média do período 1960 - 1990



Escoamento médio anual

Alteração em % do escoamento médio anual no período 2090 - 2099 relativamente à média do período 1990 - 1999

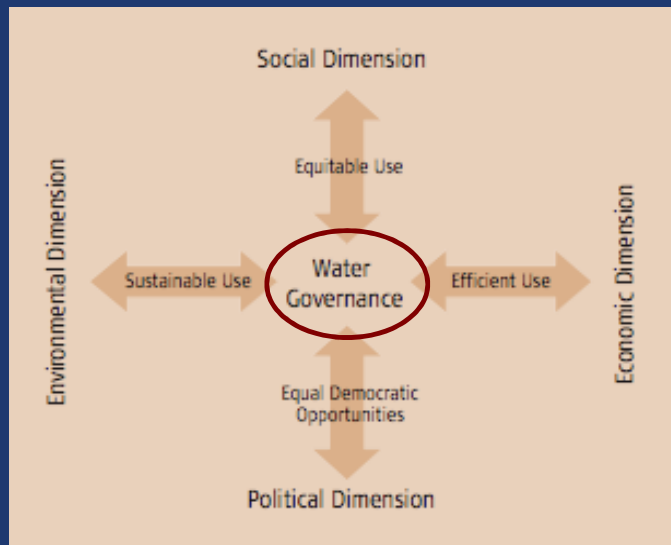


Dessecação do Lago Chade

Evolução do Lago Chade



Gestão da Água ... é complexa e multi-disciplinar



Muitos problemas ficam por resolver não por falta de soluções tecnológicas, mas antes porque existem dificuldades e bloqueamentos nos planos sociais e institucionais que dificultam os processos de decisão necessários para a sua resolução

A grande preocupação no Século XXI:

Segurança Hídrica

Assegurar a **disponibilidade fiável** de água, em condições aceitáveis de **quantidade, qualidade**, e de protecção dos **ecossistemas hídricos**, assegurando as **necessidades** humanas de saúde, higiene e produção, e riscos comportáveis relativamente a **desastres naturais**

Isto só é possível se houver um adequado conhecimento da ocorrência da água na natureza:

ESSA É A IMPORTÂNCIA DA HIDROLOGIA !



**A água é um tema multi-facetado,
muito interessante e com grande relevância social!**



**Vale a pena estudar Hidrologia
e Recursos Hídricos !**

Francisco Nunes Correia