

LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Lisboa, 5-6 Março 2009

O Uso Sustentável Dos Recursos Hídricos Em Regiões Semi-Áridas

João Paulo LOBO FERREIRA

Manuel Mendes OLIVEIRA

Teresa LEITÃO

José Almir CIRILO

Jaime CABRAL

Suzana MONTENEGRO

Valéria GÓES



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas



TÓPICOS ESPECIAIS EM
RECURSOS HÍDRICOS VOL. 5

José Almir Cirilo
Jaime J. S. P. Cabral
João Paulo C. Lobo Ferreira
Manuel J. P. Mendes Oliveira
Teresa Barbosa Eira Leitão
Suzana M. G. L. Montenegro
Valéria Camboim Góes
(Organizadores)



ABRH



Mesa Redonda 1 - OS RECURSOS HÍDRICOS E O FUTURO SUSTENTÁVEL DO SEMI-ÁRIDO

DISPONIBILIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM ÁREAS DE BAIXA PRECIPITAÇÃO

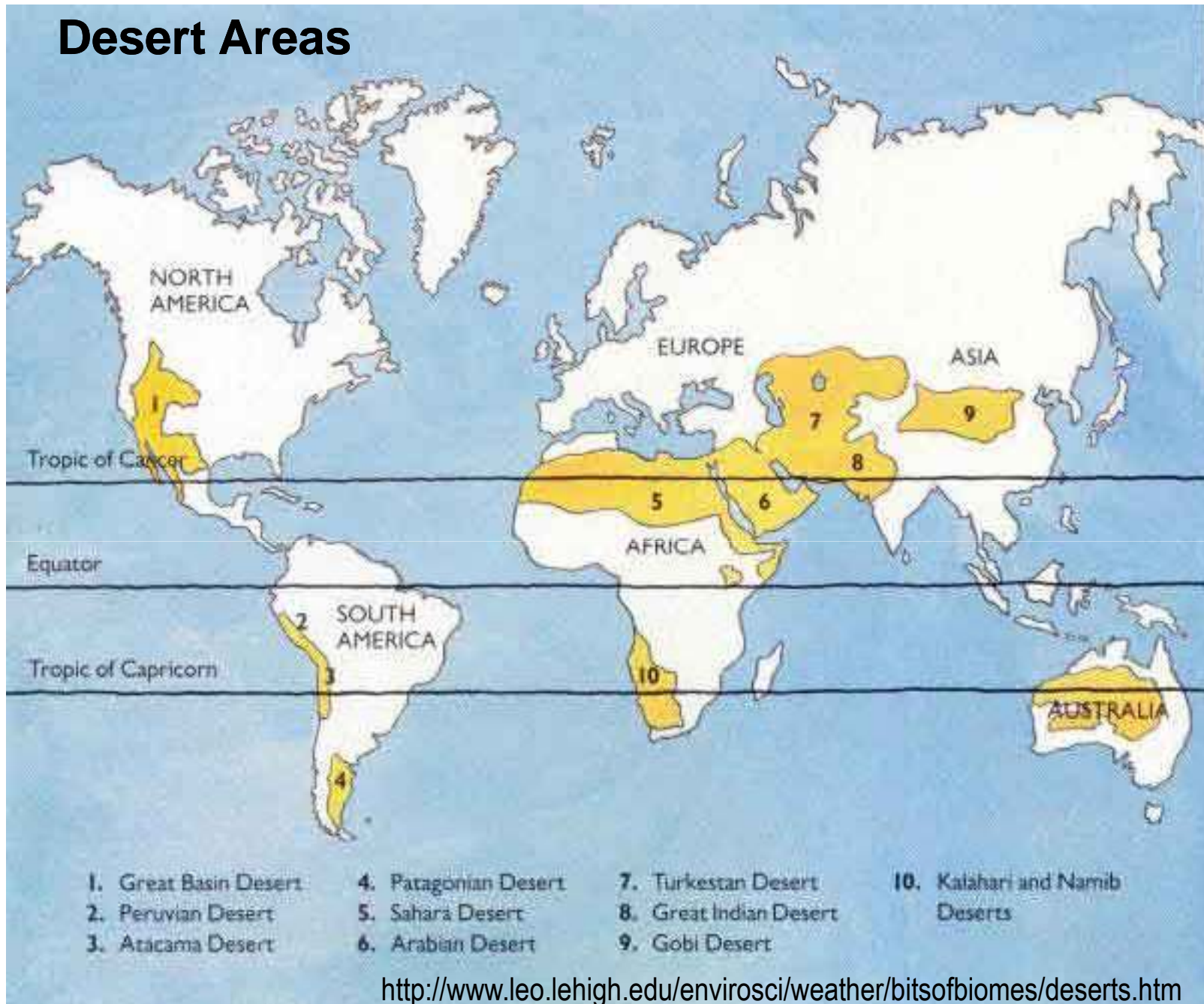
João Paulo LOBO FERREIRA

Manuel M. OLIVEIRA

**Núcleo de Águas Subterrâneas
Departamento de Hidráulica e Ambiente
Laboratório Nacional de Engenharia Civil**



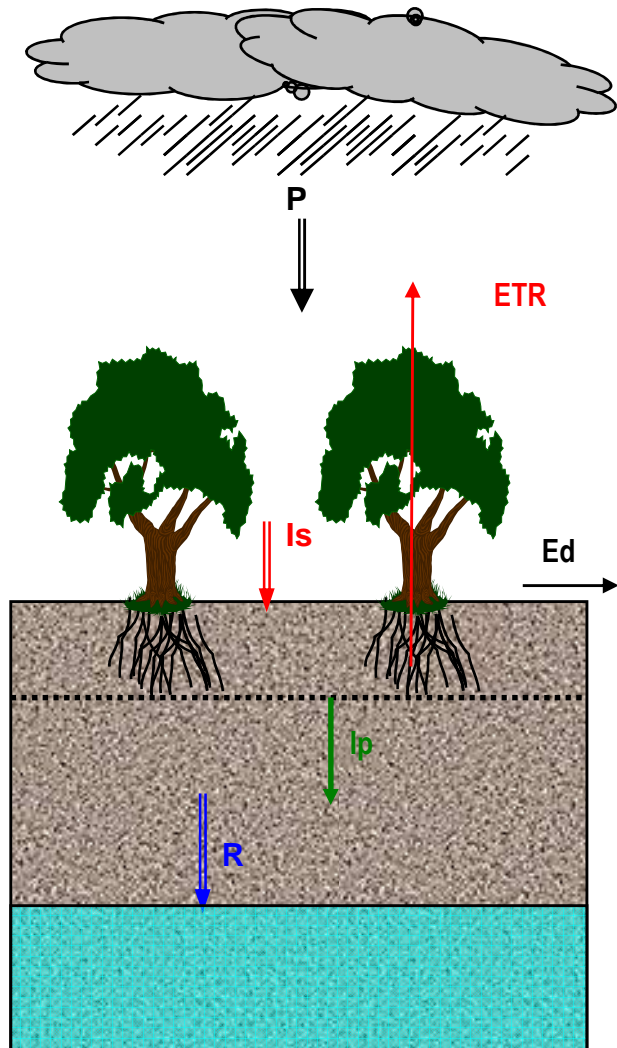
Desert Areas



Ilha de Porto Santo (Portugal)



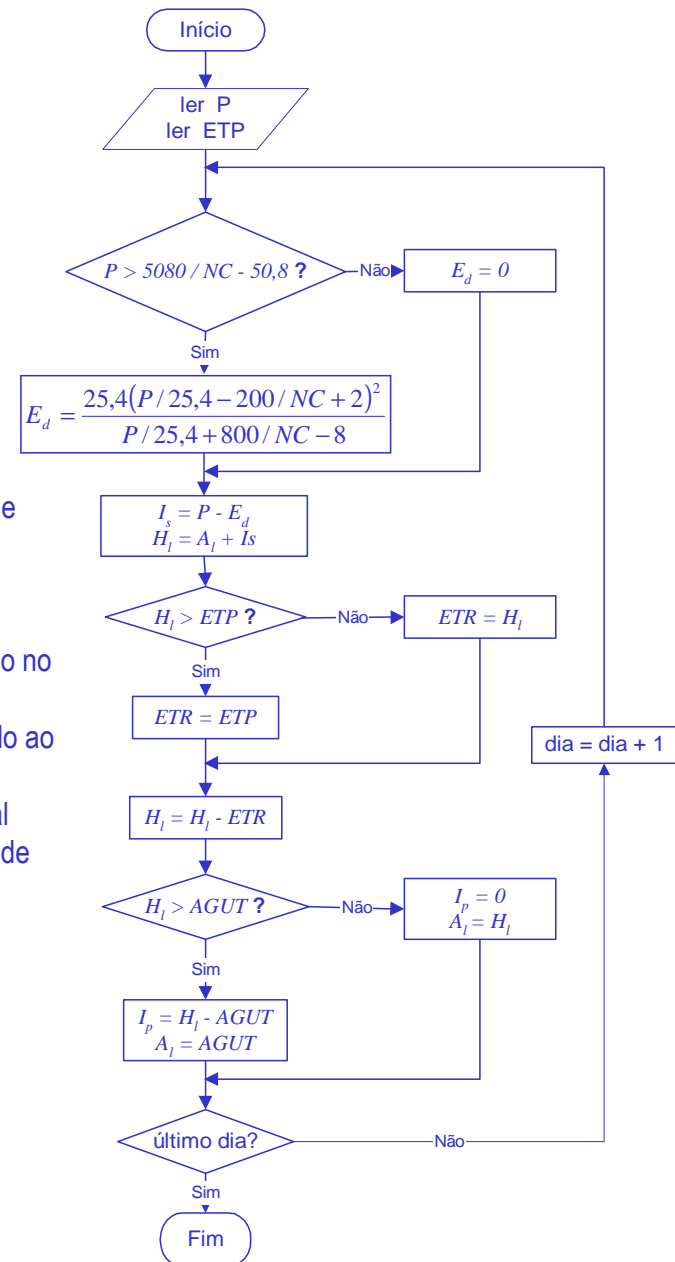
O processo de recarga



- P = precipitação
- ETP = evapotranspiração potencial
- NC = número característico de escoamento
- E_d = escoamento directo
- I_s = infiltração superficial
- A_i = água armazenada no solo no final do dia
- H_i = água armazenada no solo ao longo do dia
- ETR = evapotranspiração real
- $AGUT$ = quantidade máxima de água disponível no solo para evapotranspiração
- I_p = infiltração profunda
- R = recarga

$$R = I_p = P - ETR - \Delta A_i - Ed$$

Balanço hídrico sequencial diário



Ilha de Porto Santo (Portugal)

Área: 40,41 km²

Comprimento: 11 km

Largura (máxima): 6 km

Altitude (máxima): 517 m

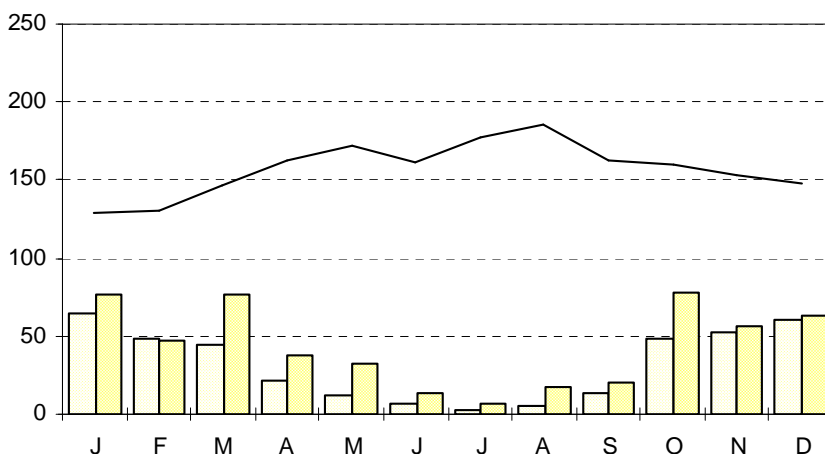
População: 4800 habitantes

Precipitação anual média (1951-1980):

355 mm/a com variação espacial baixa

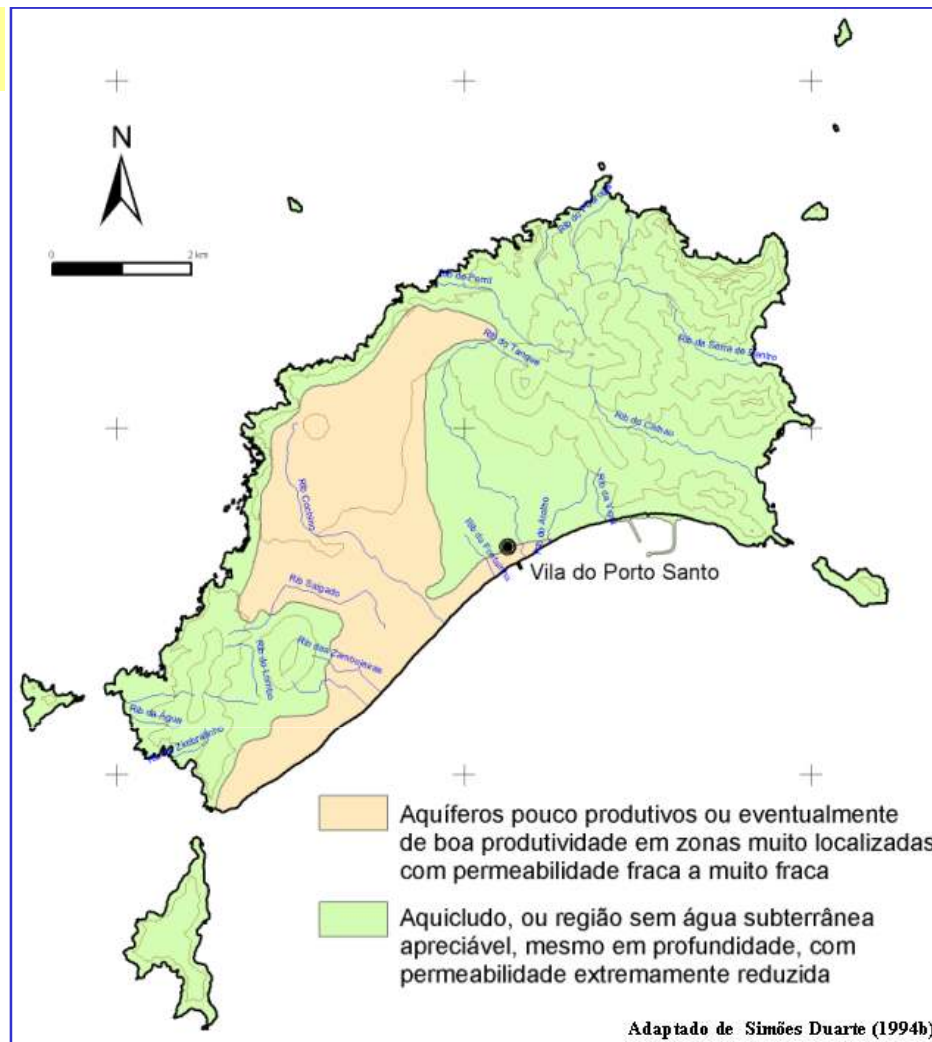
Recarga anual média estimada (1963/64-1977/78):

2-47 mm/a (variação espacial)



Série temporal: 1951-1980

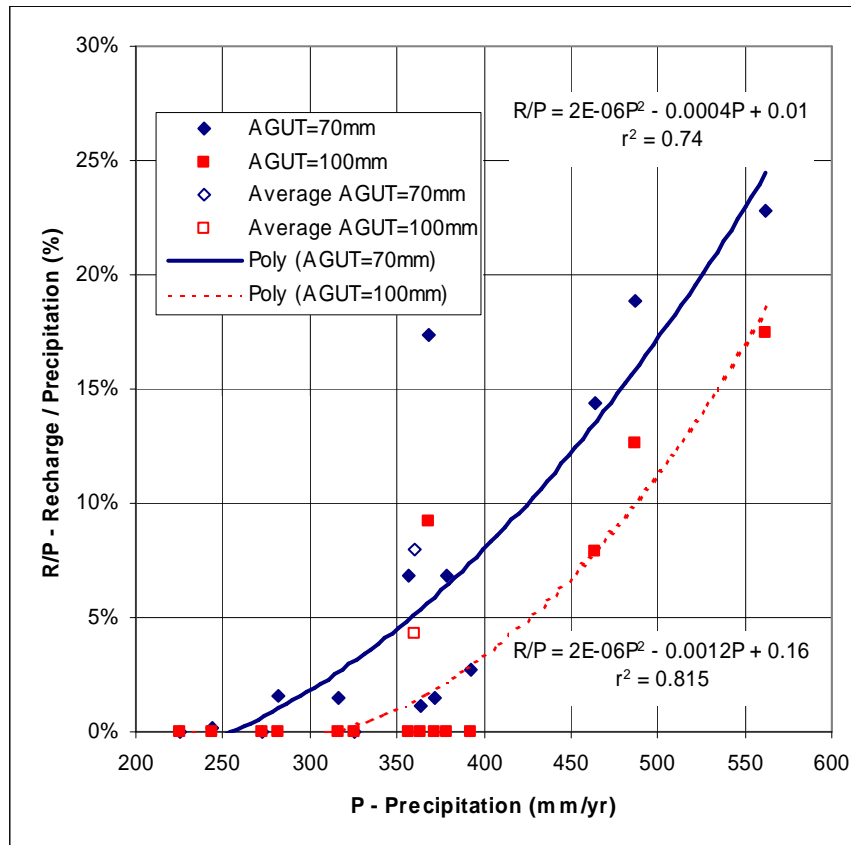
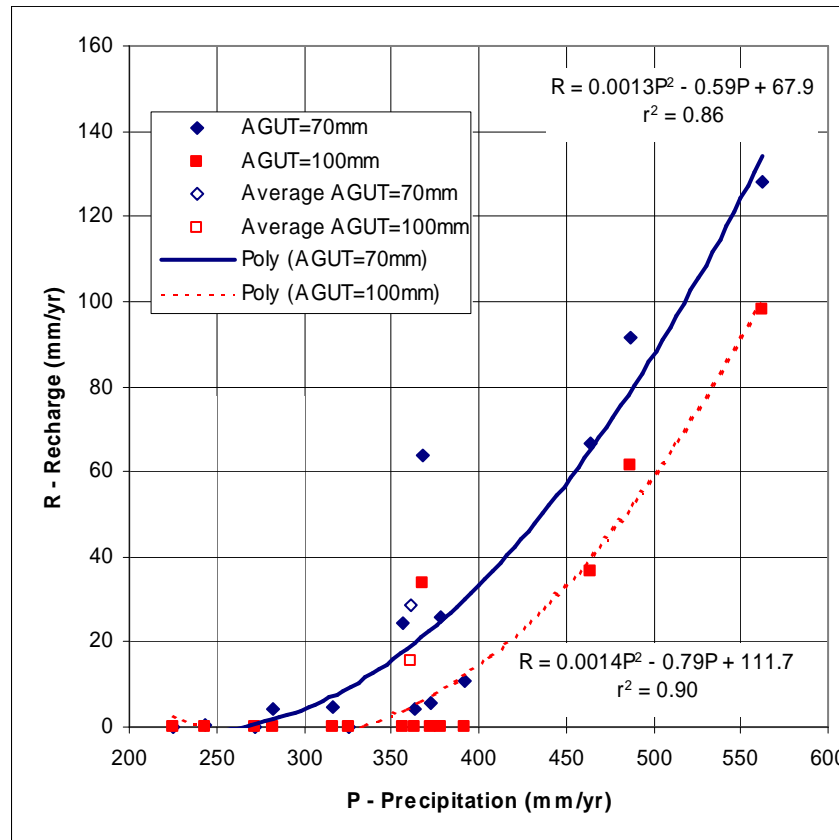
(Fonte: Plano da Água da Madeira, 2001)



- Precipitação média mensal (mm)
- Precipitação máxima diária em cada mês (mm)
- Evaporação mensal (mm)

Ilha de Porto Santo (Portugal)

Recarga como função da Precipitação e relação Recarga/Precipitação em função da Precipitação.
Resultados do modelo BALSEQ para NC = 80



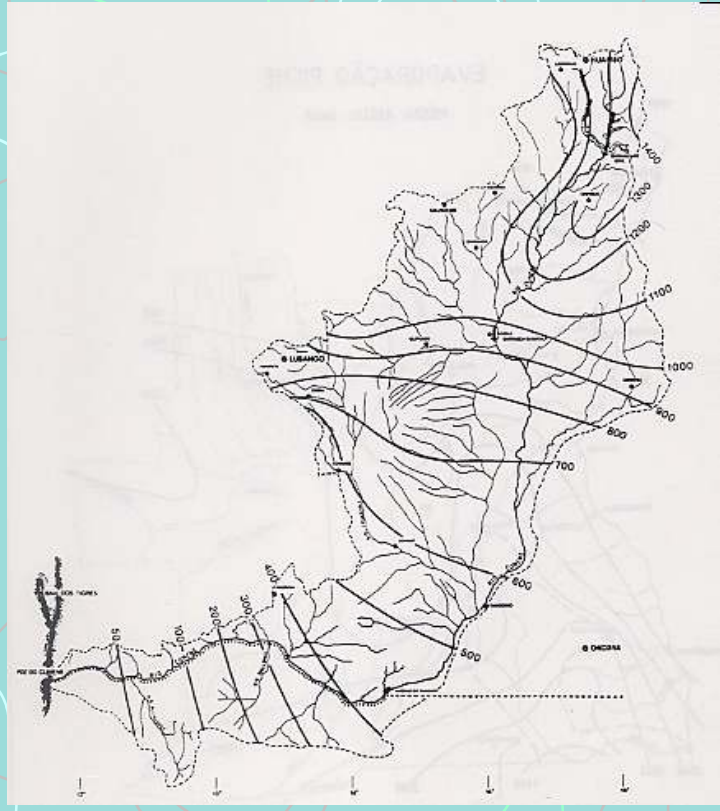
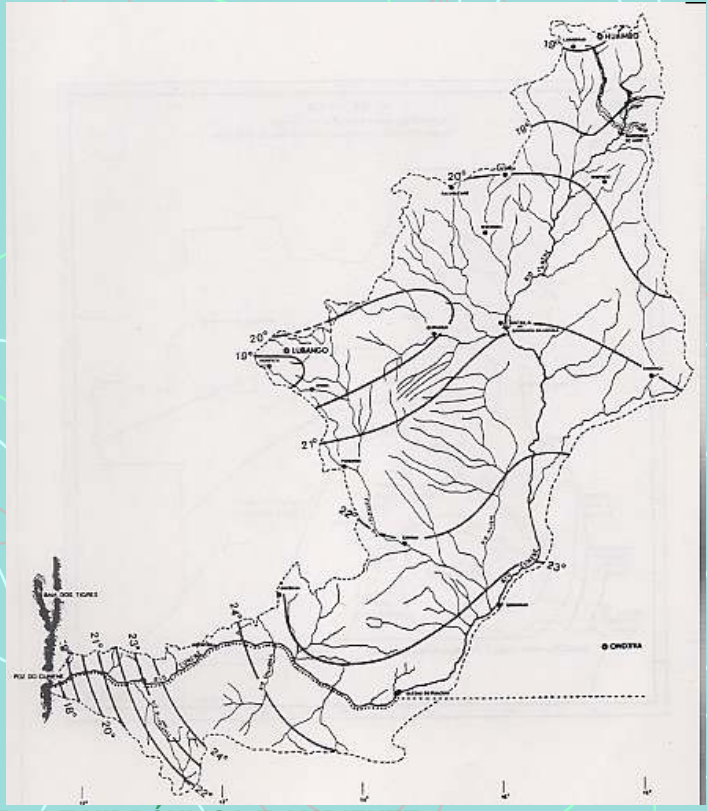
Série temporal: de 1963/64 até 1977/78

(Fonte dos dados originais: Lobo Ferreira *et al.*, 1981)



Avaliação de Recursos Hídricos Subterrâneos na Bacia Hidrográfica do Rio Cunene (Proc. 607/541/5115)

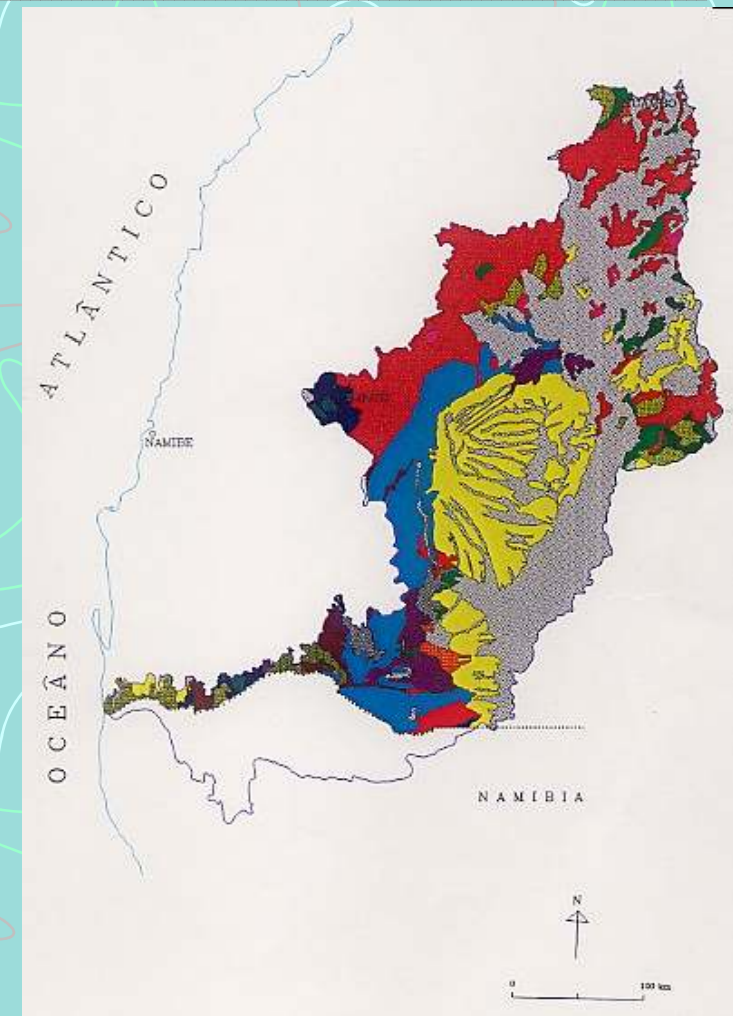
Climatologia – temperatura e precipitação na bacia do rio Cunene



Avaliação de Recursos Hídricos Subterrâneos na Bacia Hidrográfica do Rio Cunene (Proc. 607/541/5115)



Geologia da bacia do rio

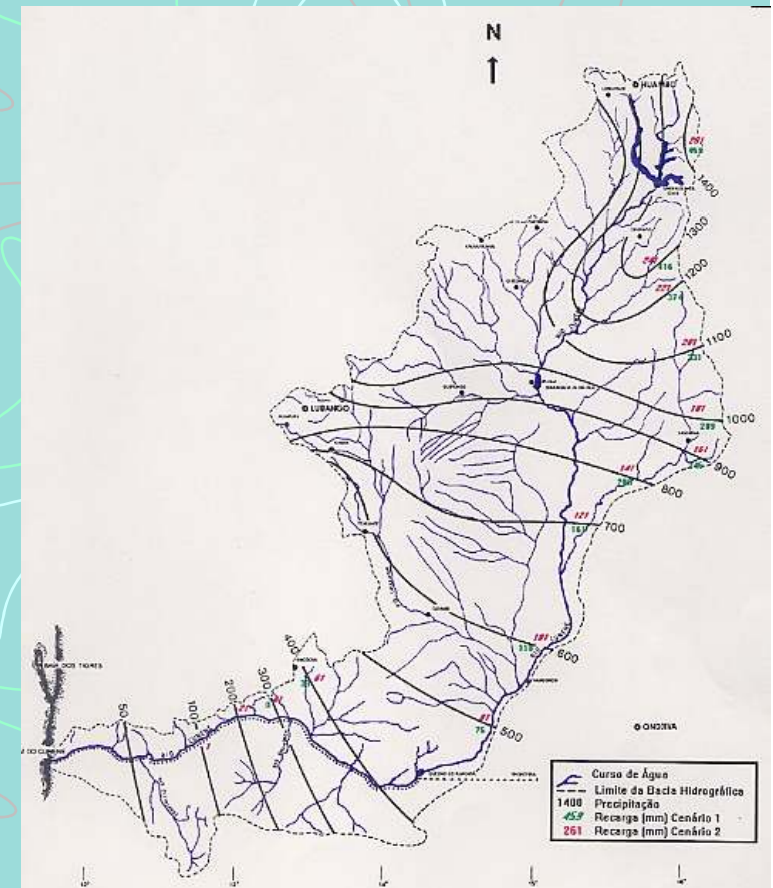


Avaliação de Recursos Hídricos Subterrâneos na Bacia Hidrográfica do Rio Cunene (Proc. 607/541/5115)



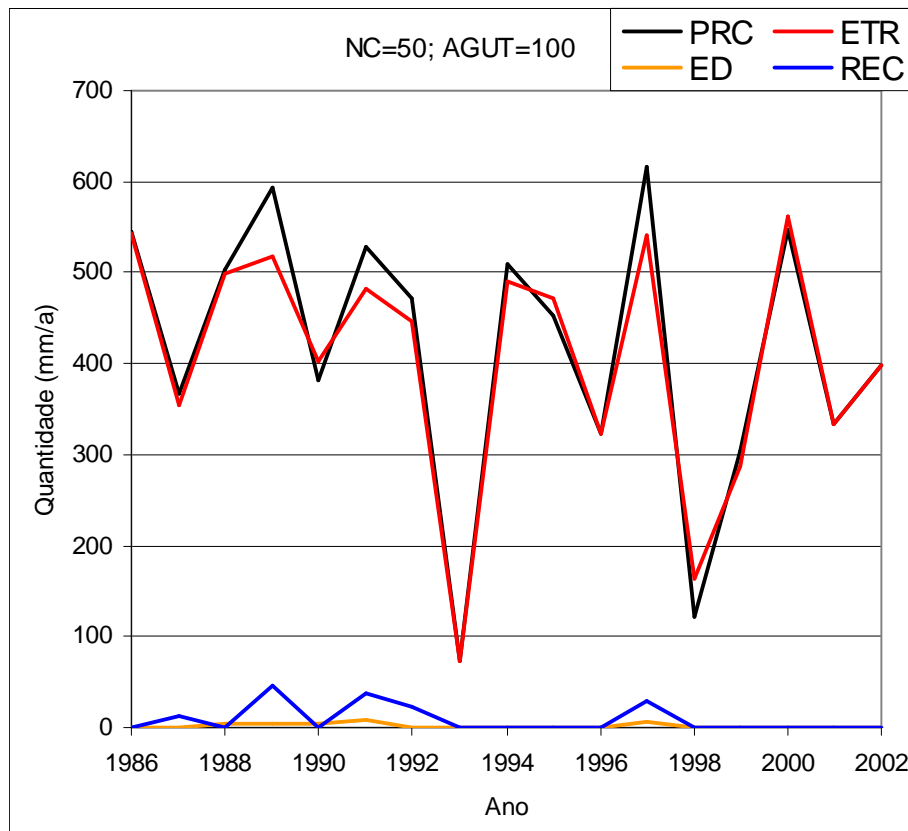
Análise da Recarga na bacia do rio Cunene – Determinação dos valores de recarga (mm/ano)

Região	Cenário 1	Cenário 2
Huambo	438	249
Chianga	385	217
Sacaala	371	197
Lubango	257	175
Humpata	241	166
Cunene IIAA	64	64

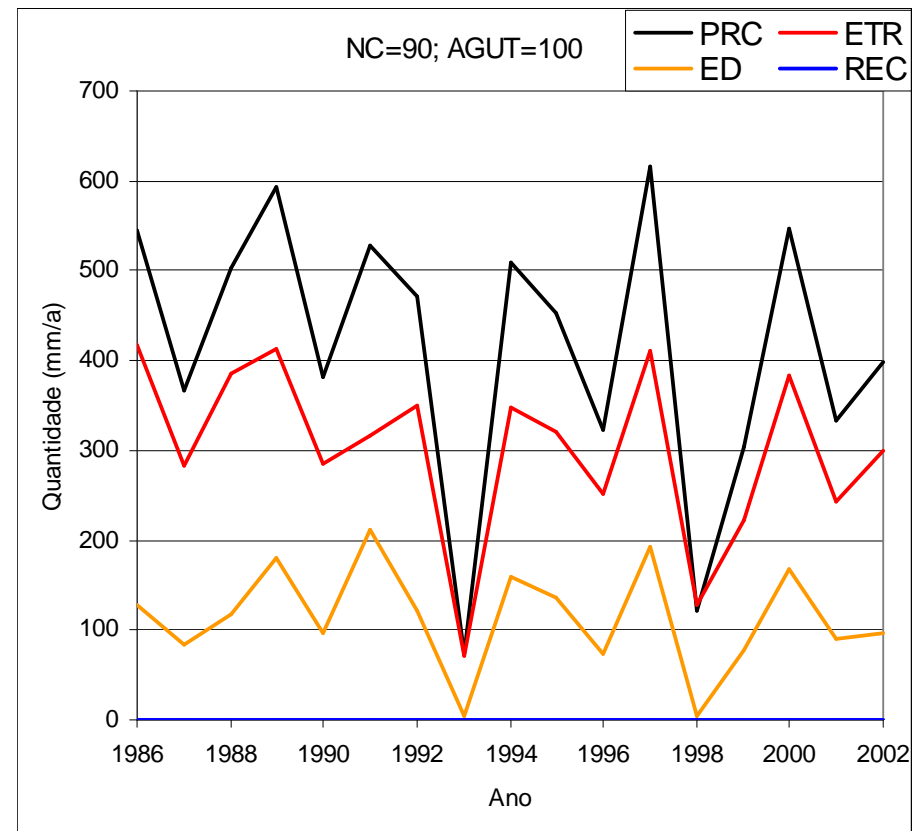


Bacia hidrográfica do Mimoso, Pernambuco (Brasil)

Decomposição da Precipitação em Escoamento directo, Evapotranspiração e Recarga em função do NC. Resultados do modelo BALSEQ para AGUT = 100.



Série temporal: de 1986 até 2002
Precipitação anual média = 416 mm/a
ETP anual constante = 1639 mm/a

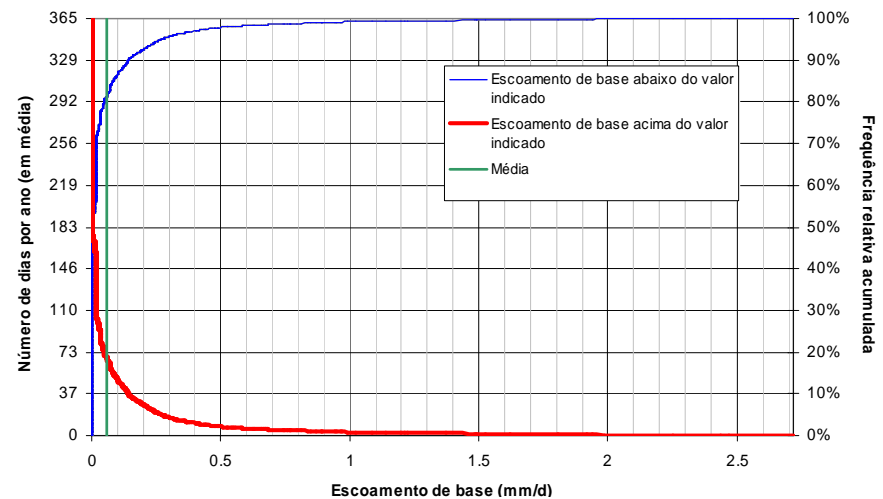
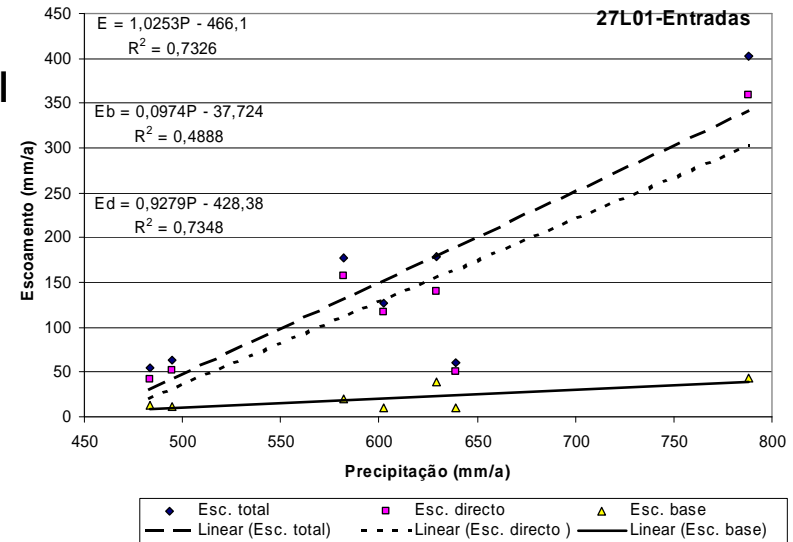
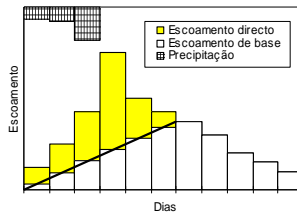
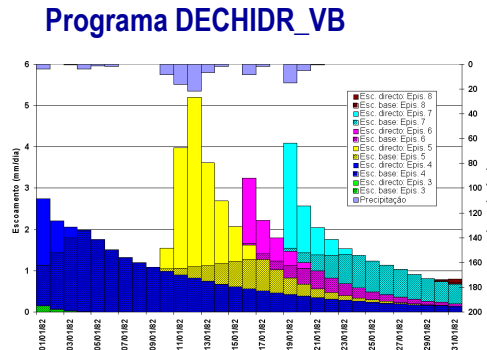
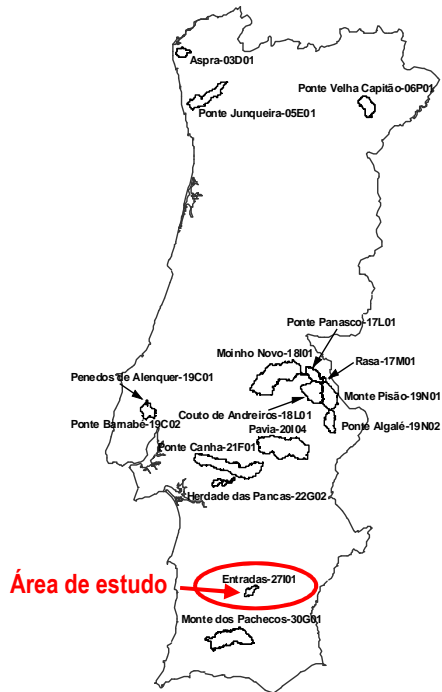


Calculado para NC = 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95

(Fonte dos dados originais: Oliveira, 2007)

Bacia da ribeira de Terges (Portugal)

Decomposição do hidrograma de escoamento superficial



Série temporal: 1983/1984 até 1989/1990

Área da bacia = 52 km²

Altitude máxima = 260 m

Altitude na estação hidrométrica das Entradas = 186 m.

Precipitação média: 603 mm/a; Escoamento superficial: 152 mm/a; **Esc. Directo: 131 mm/a; Esc. Base: 21 mm/a.**

Litologia: xistos, filádios e grauvaques com raras intercalações conglomeráticas, doleritos, espilitos e pórfiros

(Fonte dos dados originais: Oliveira, 2007)

O Plano Nacional da Água

(e.g. precipitações: http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/pna/pdf_pna_v1/v1_c2_t05.pdf)

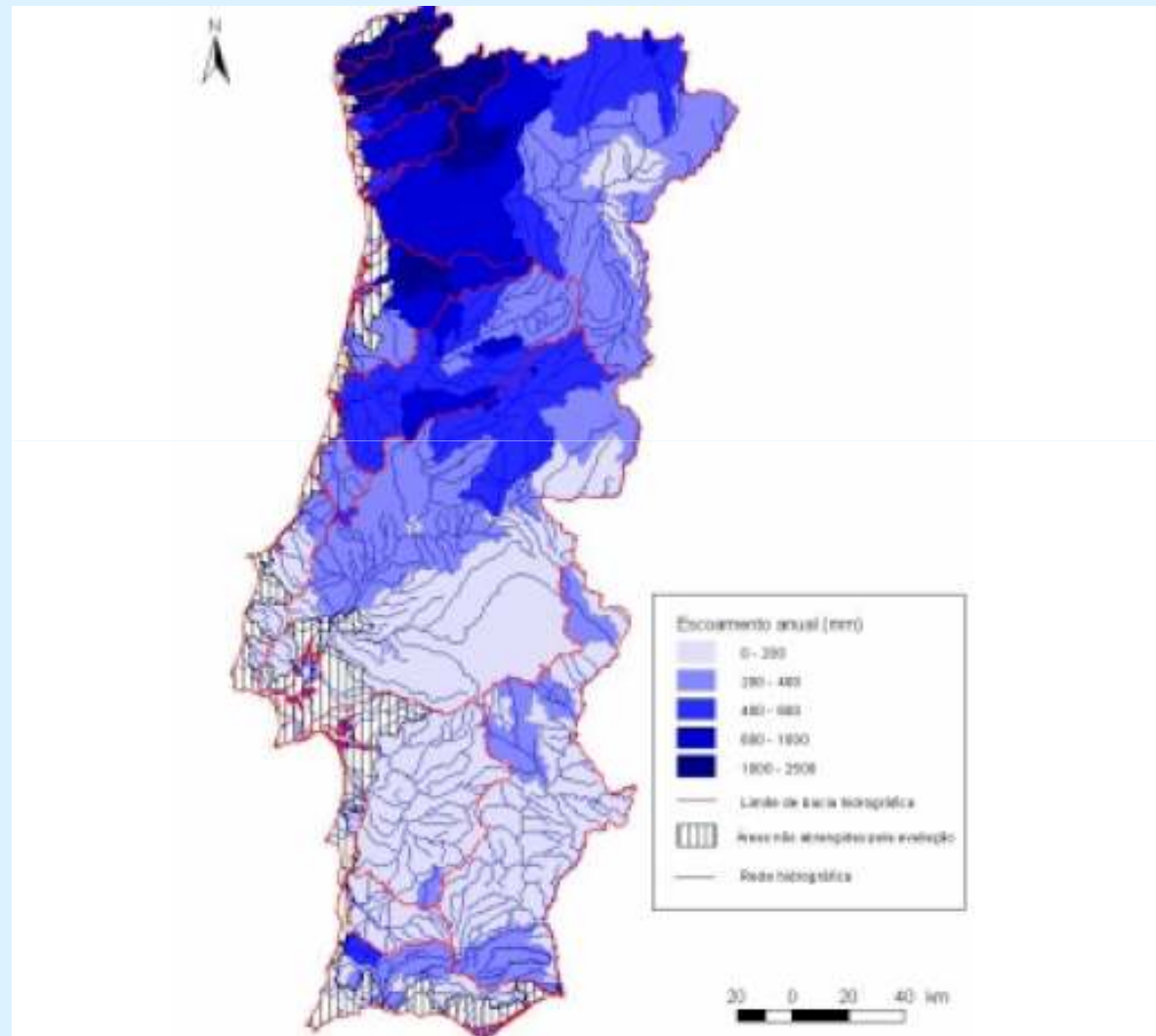
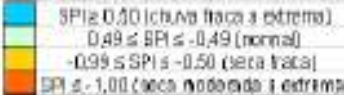
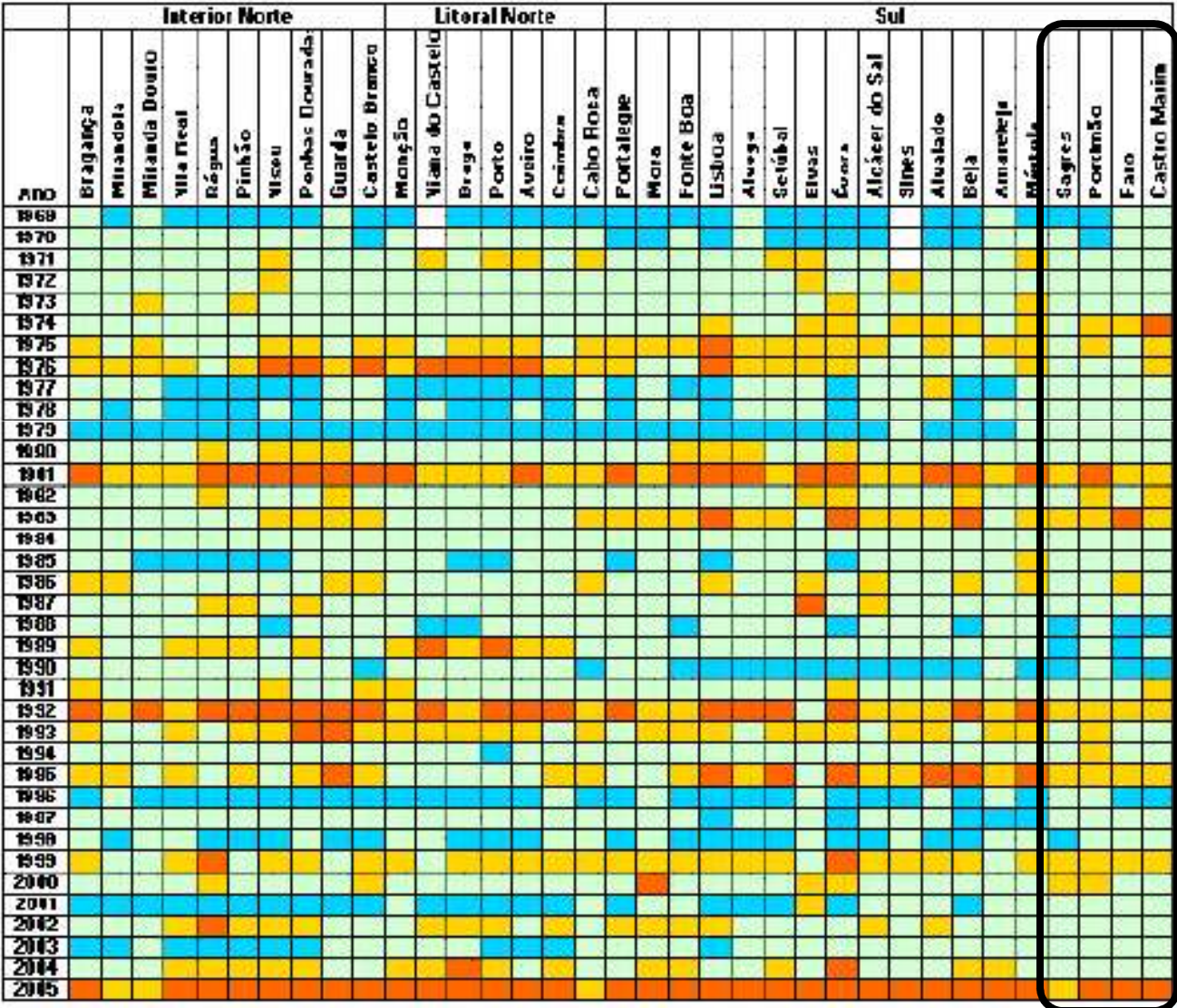


Figura 5.2.11 - Distribuição Espacial do Escoamento Anual Médio em Portugal Continental no Período de 1941/42 a 1990/91 (5)





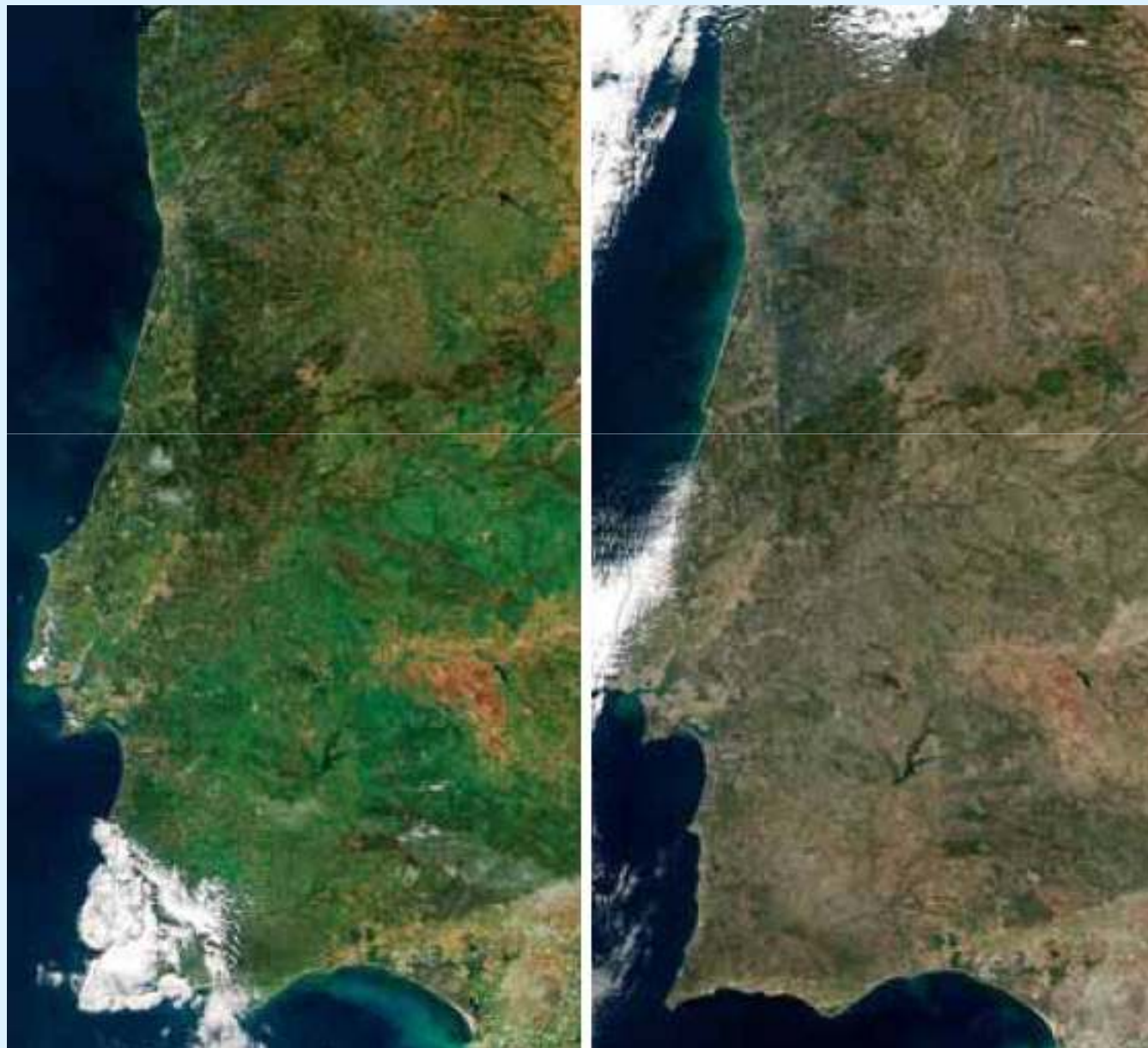
Sources for the artificial recharge



“A Água como Factor de Sustentabilidade de uma Região”
Alqueva, 17 de Junho de 2005



Woouwww,
really
impressive
-----Original
Message-----
From:
RAMOS Pedro
(RTD)
Sent:
Thursday,
March 17, 2005
4:40 PM
To: NAUEN
Cornelia
(RTD)
Subject: left:
Portugal in
February 2004
: right -
Portugal in
February 2005



Em <http://panda.igeo.pt/pancd/> apresenta-se o Programa de Acção Nacional de Combate à Desertificação de Portugal (PANCD).

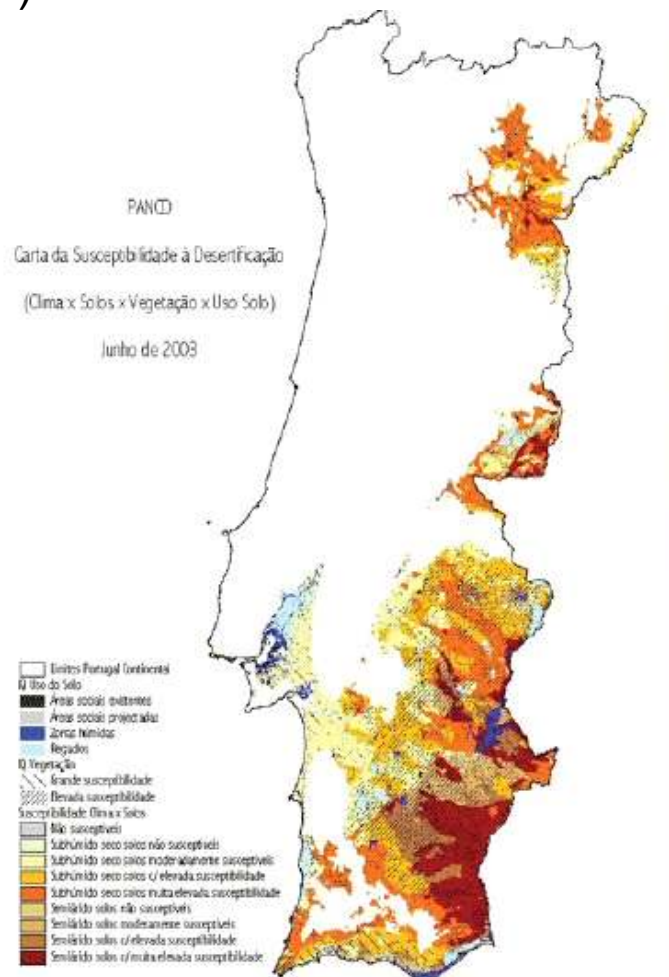


Figura 1 - Carta de susceptibilidade à desertificação de Portugal

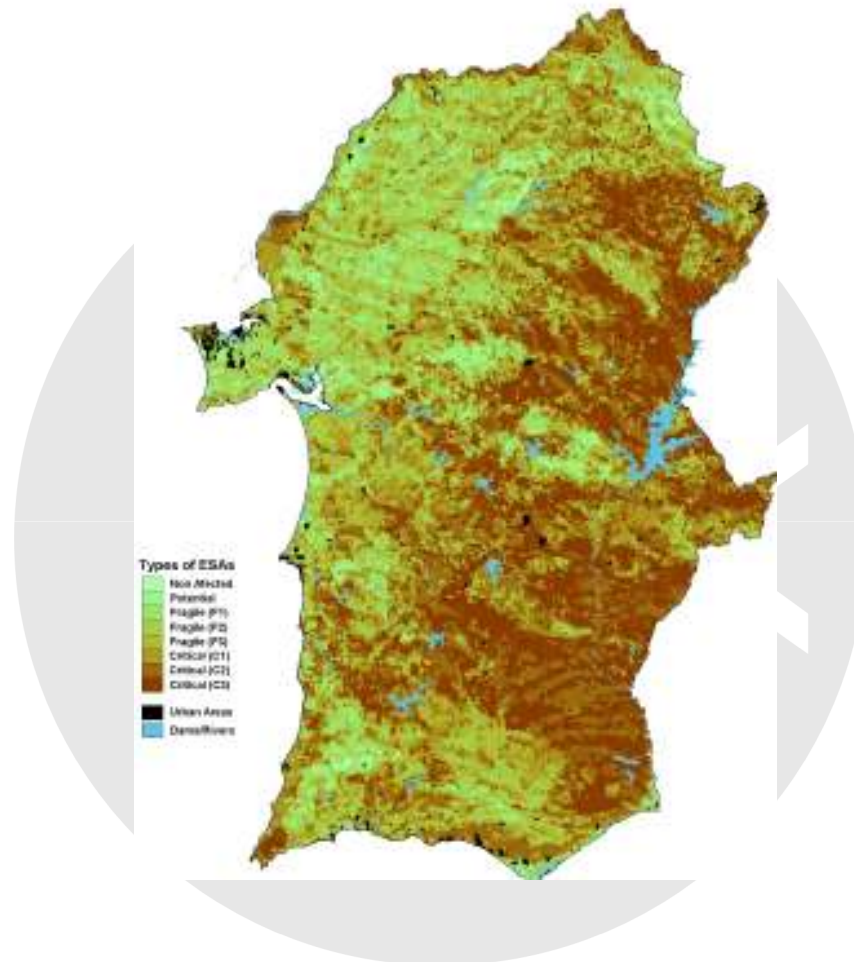


Figura 2 – Sistema de identificação de áreas ambientalmente sensíveis para identificação do risco de desertificação do sul de Portugal

Em <http://panda.igeo.pt/pancd/> apresenta-se o Programa de Acção Nacional de Combate à Desertificação de Portugal (PANCD).

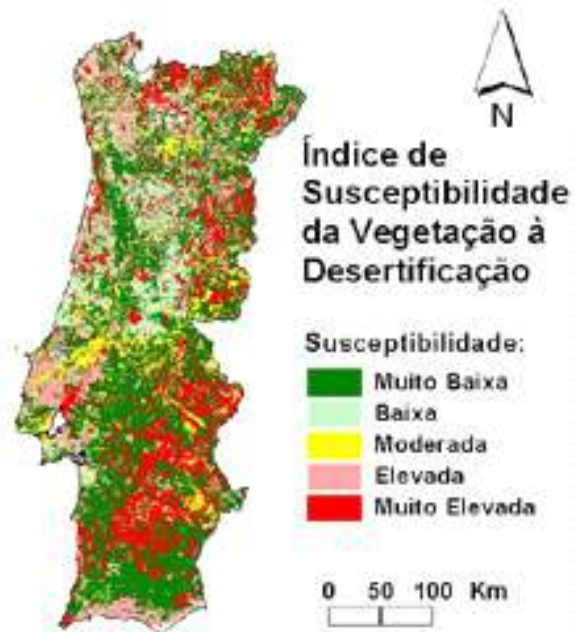


Figura 1 - Índice de susceptibilidade da vegetação à desertificação



Figura 2 - Índice de susceptibilidade do solo à desertificação

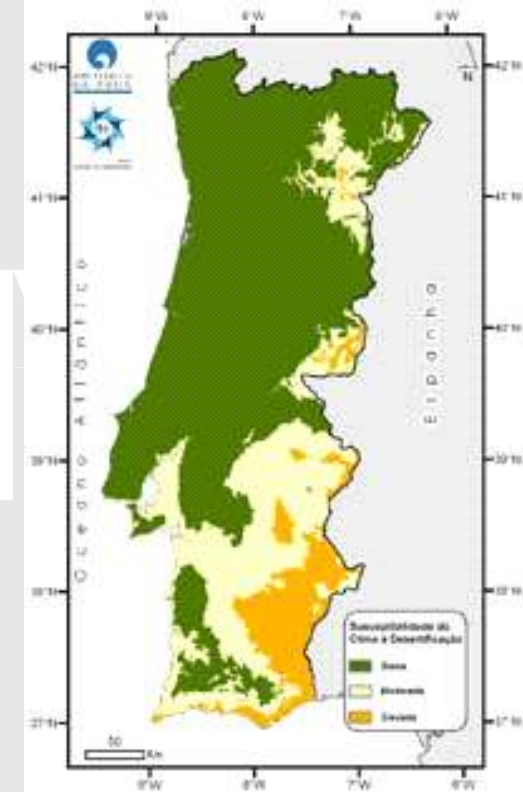
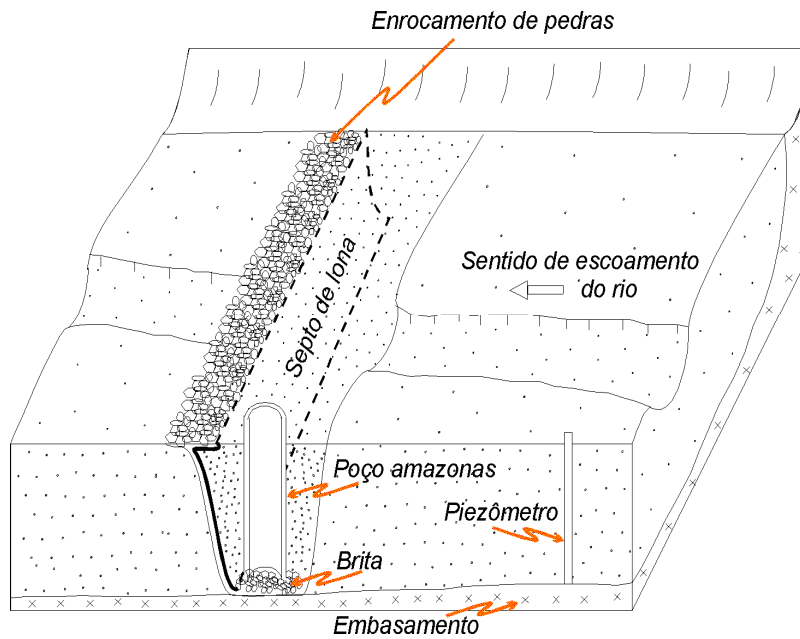


Figura 3 – Índice de aridez

Barragens subterrâneas

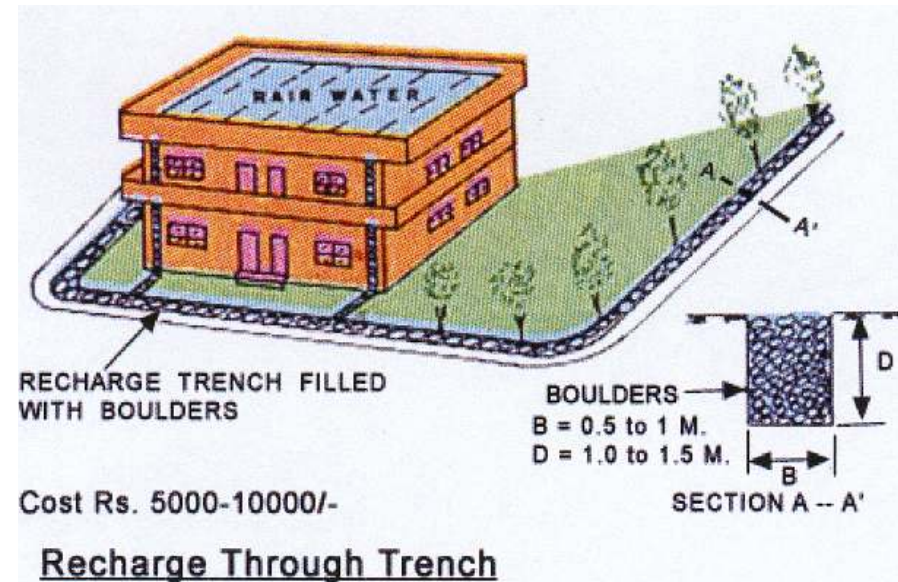
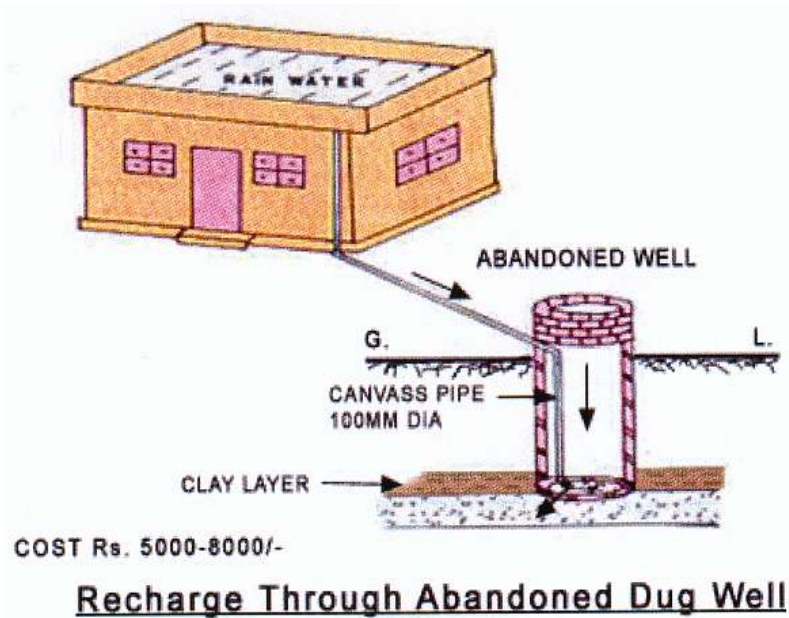


Projecto:

Monitoramento,
Avaliação e
Aperfeiçoamento das
Barragens Subterrâneas
de Pernambuco

Cirilo (1999)

Rooftop harvesting



Source:

PowerPoint Presentation: "Water Harvesting for Groundwater Recharge – Is it effective?" by Jo Barton
http://www.bangor.ac.uk/~azs80f/556_Land-husbandry/2002%20Seminars/Groundwater-recharge.ppt

Problems of the Coastal aquifer

The coastline extends for:

- 1300 Km
- Variable depth from 20 to 60 Km
- Total area 40.00 Km²

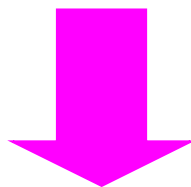
Coastal aquifers characterized by :

Over exploitation causing both problems :

quantitative (Groundwater level varies from 0 to 5 m)



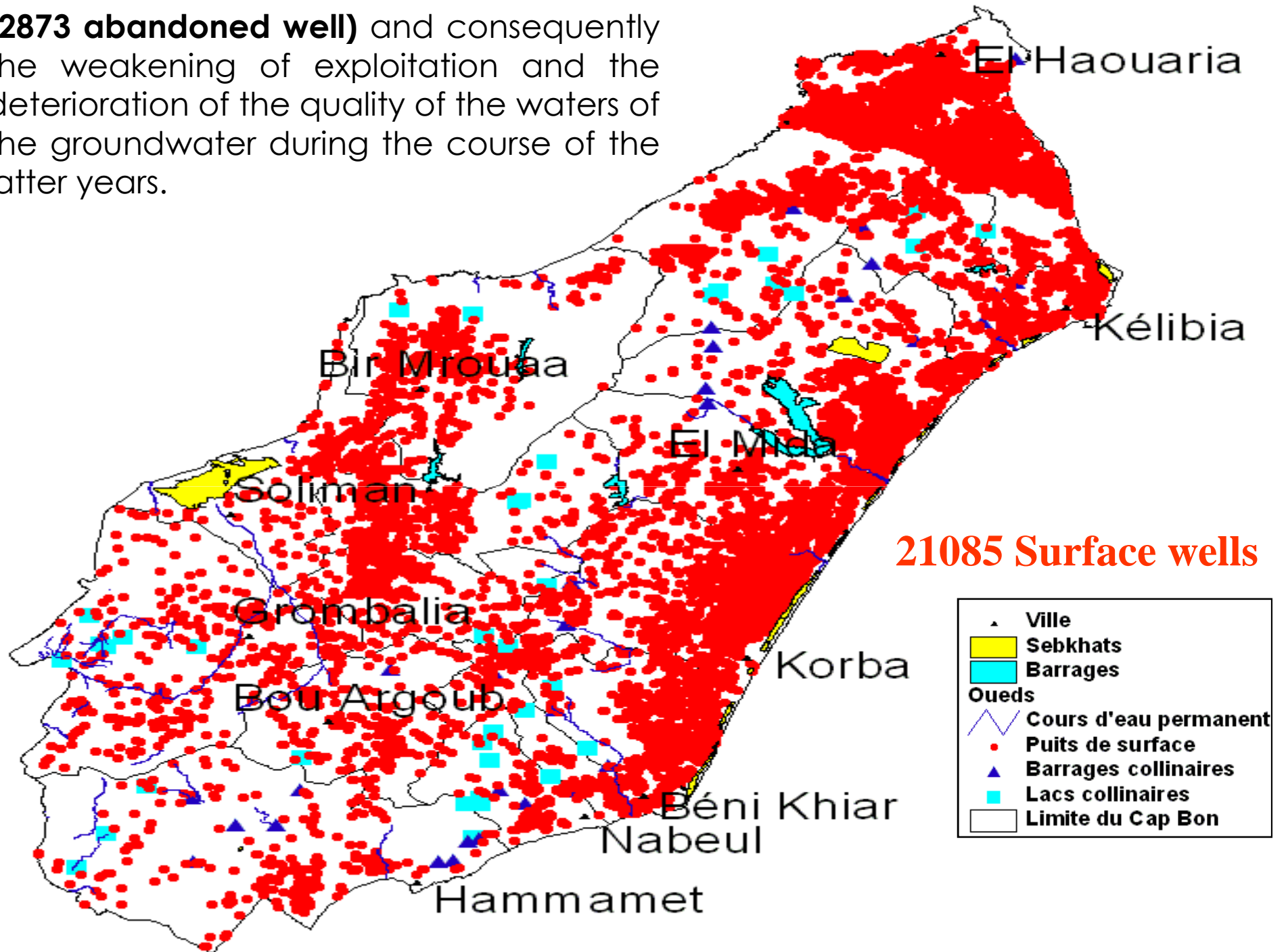
quality (Salinity varies from 5 to 8 g/l)



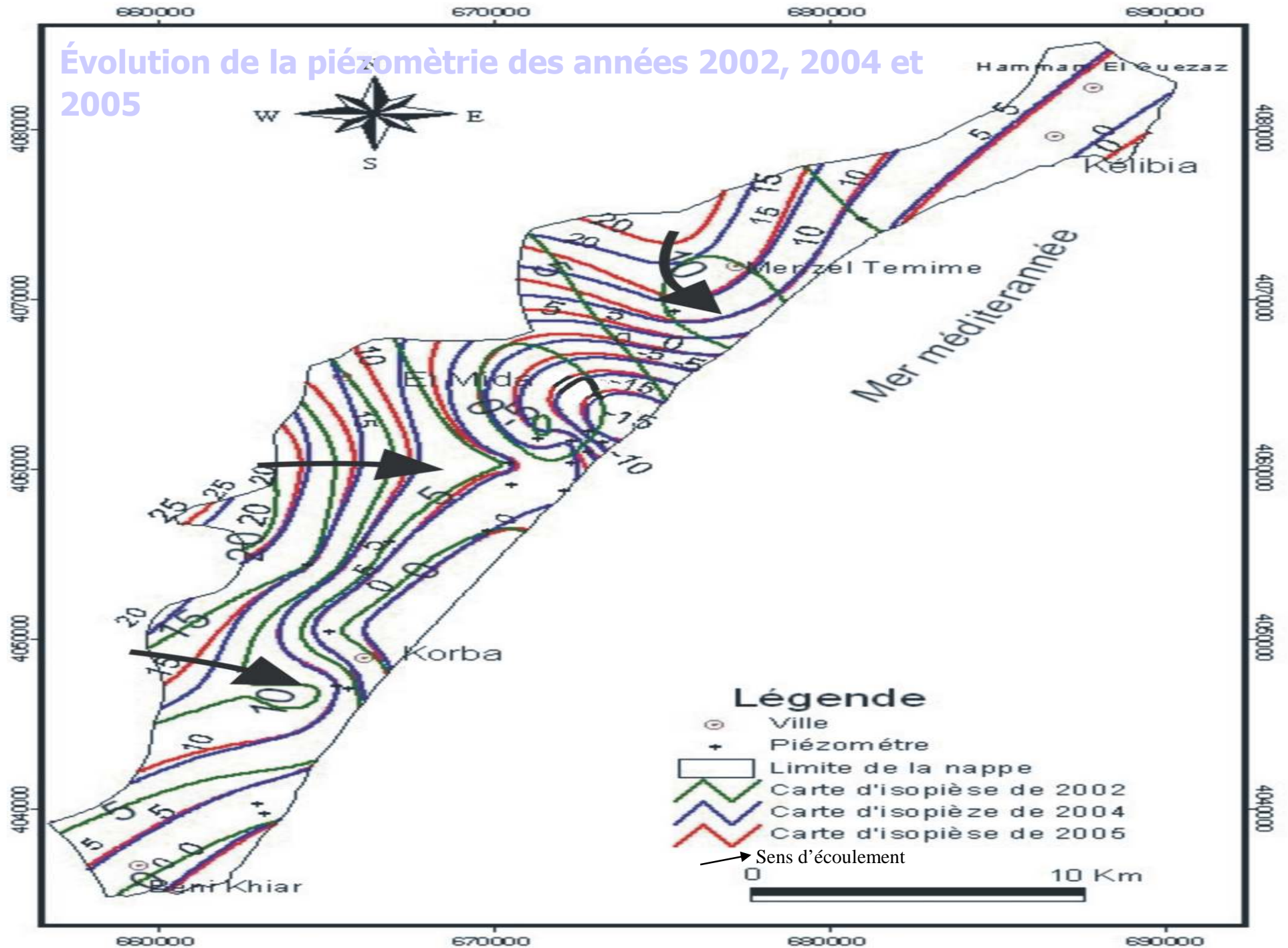
Seawater Intrusion



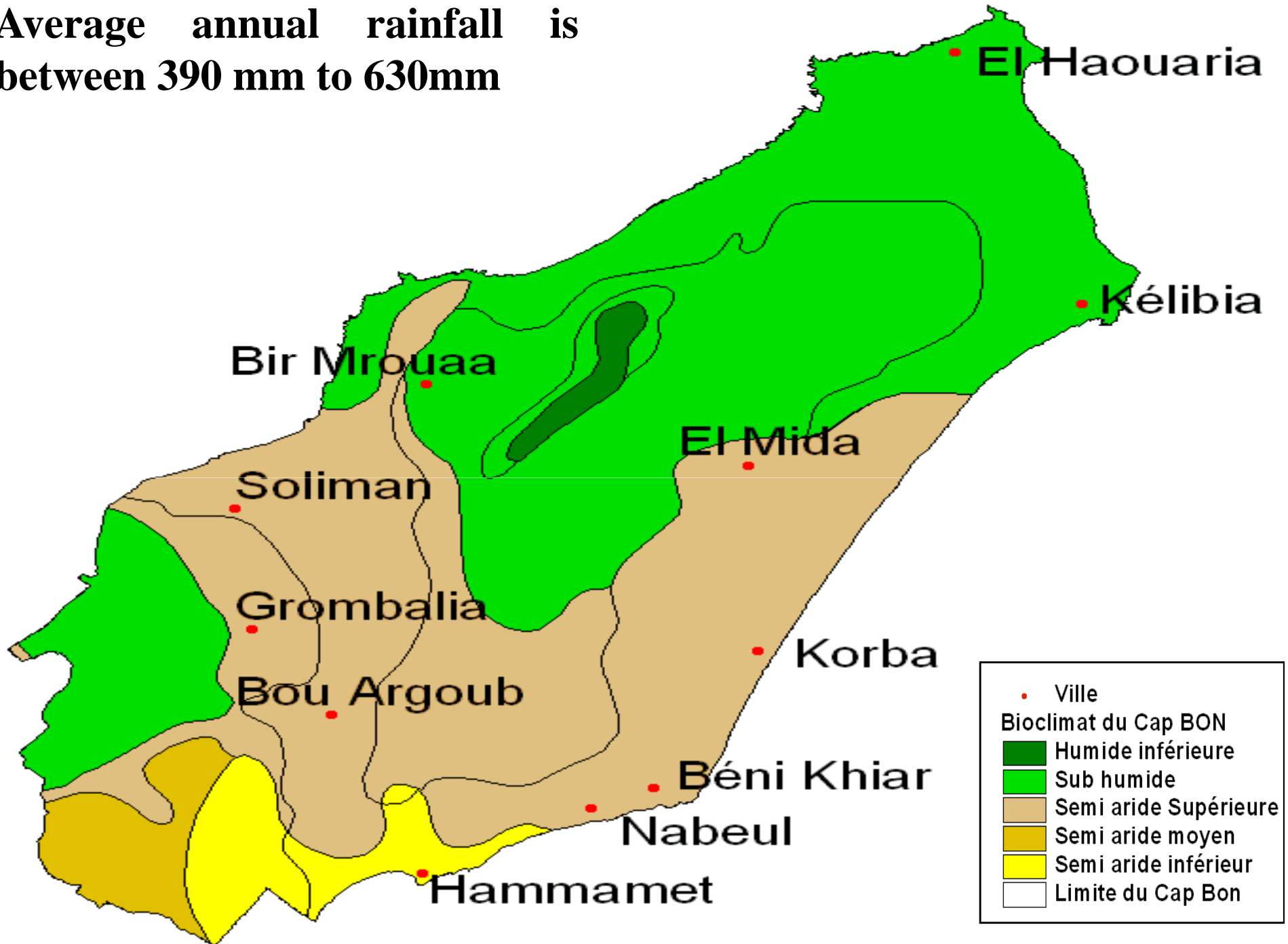
(2873 abandoned well) and consequently the weakening of exploitation and the deterioration of the quality of the waters of the groundwater during the course of the latter years.



Évolution de la piézométrie des années 2002, 2004 et 2005



Average annual rainfall is between 390 mm to 630mm

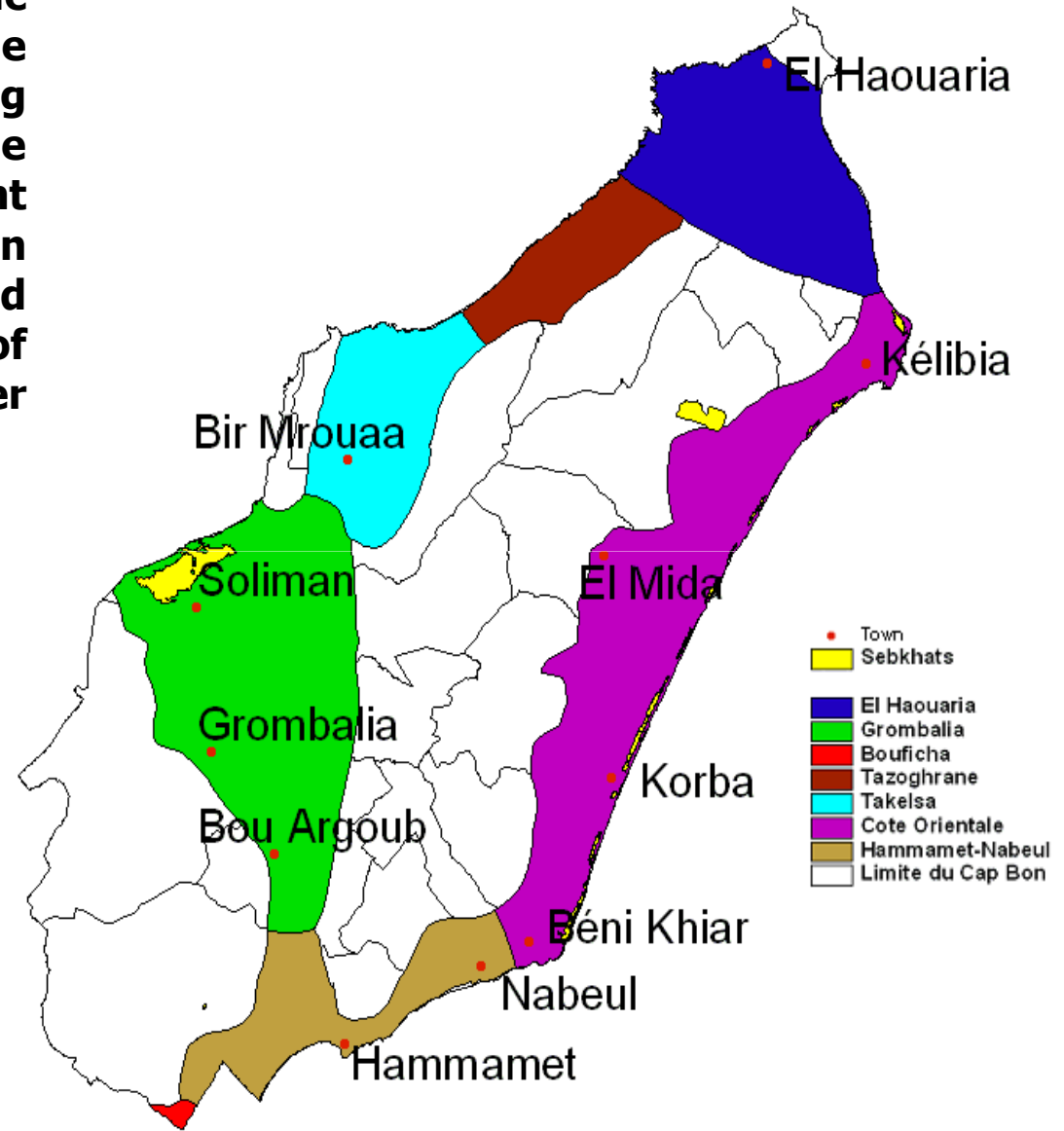


Geographic distribution of the aquifers in the Cap Bon

In the 360 Km² Gromballia phreatic aquifer of western Tunisia, a large increase in the number of pumping Wells for irrigation purposes since the 1950s has resulted in significant lowering of water table levels in several observations piezometers and in a consequent deterioration of water quality due to seawater intrusion.

Due to important agricultural uses, several remediation scenarios are being considered for this region, including aquifer artificial recharge and construction of small reservoirs to serve as alternative source of irrigation.

In order to investigate the impact of these measures on the aquifer, a modeling study supported by a GIS has been developed.



**P3: Avaliação de recursos hídricos subterrâneos
e modelação numérica em hidrogeologia**

E11: Recarga artificial de aquíferos (Projecto Gabardine)

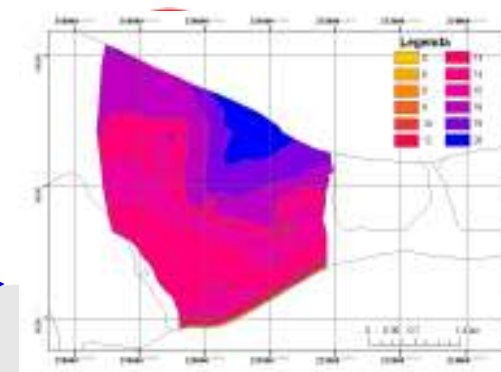
**J. P. Lobo Ferreira
C. Diamantino
Manuel Oliveira
Teresa Leitão
Maria José Henriques
Maria João Moinante**

NAS

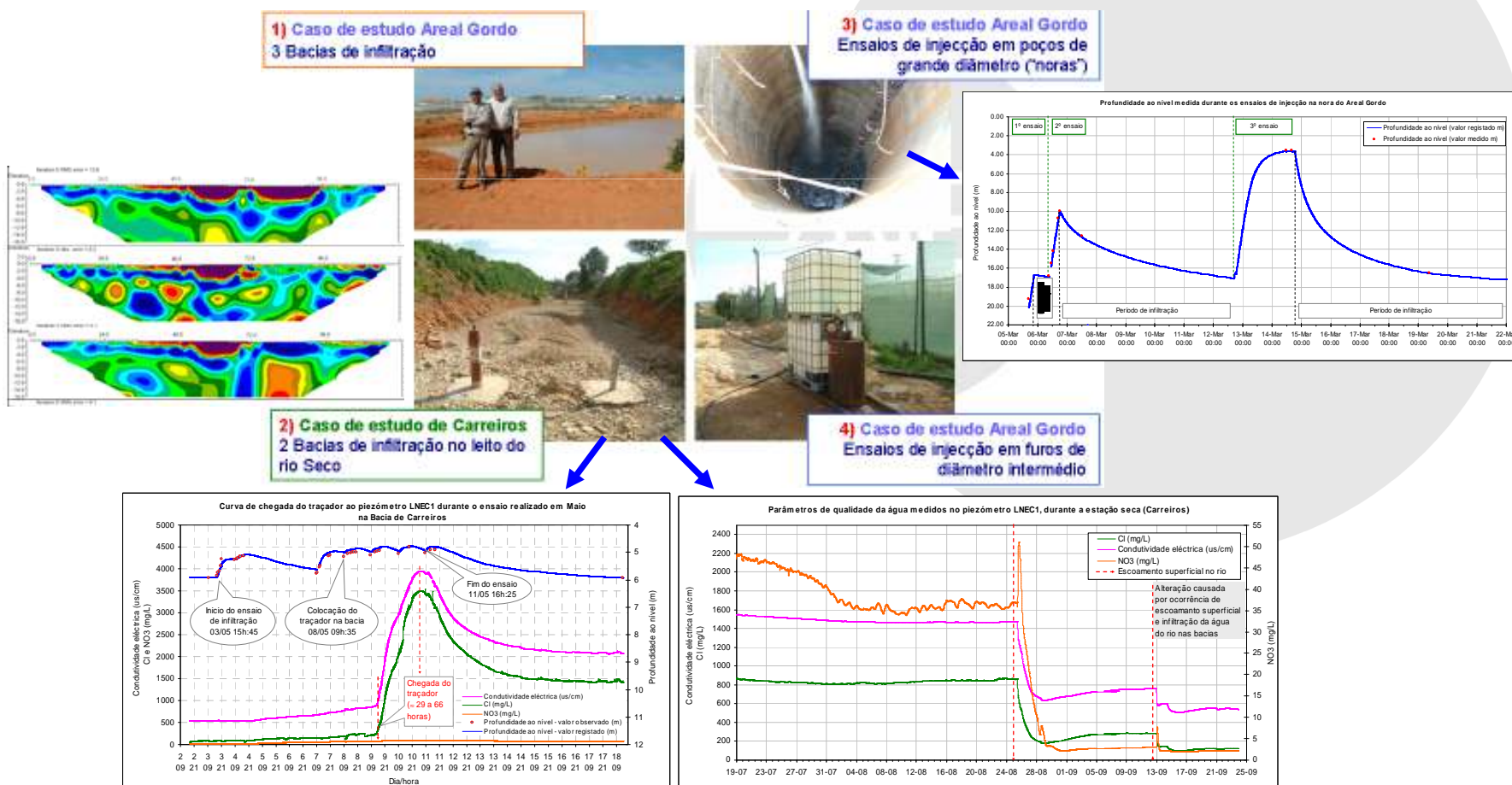
NAS: PIP 2005-2008: ESTUDOS

Principais resultados

- Metodologia para identificação preliminar de áreas candidatas a implementação de recarga artificial (Índice GABA-IFI)



- Ensaios de recarga artificial e de traçador no caso de estudo da Campina de Faro

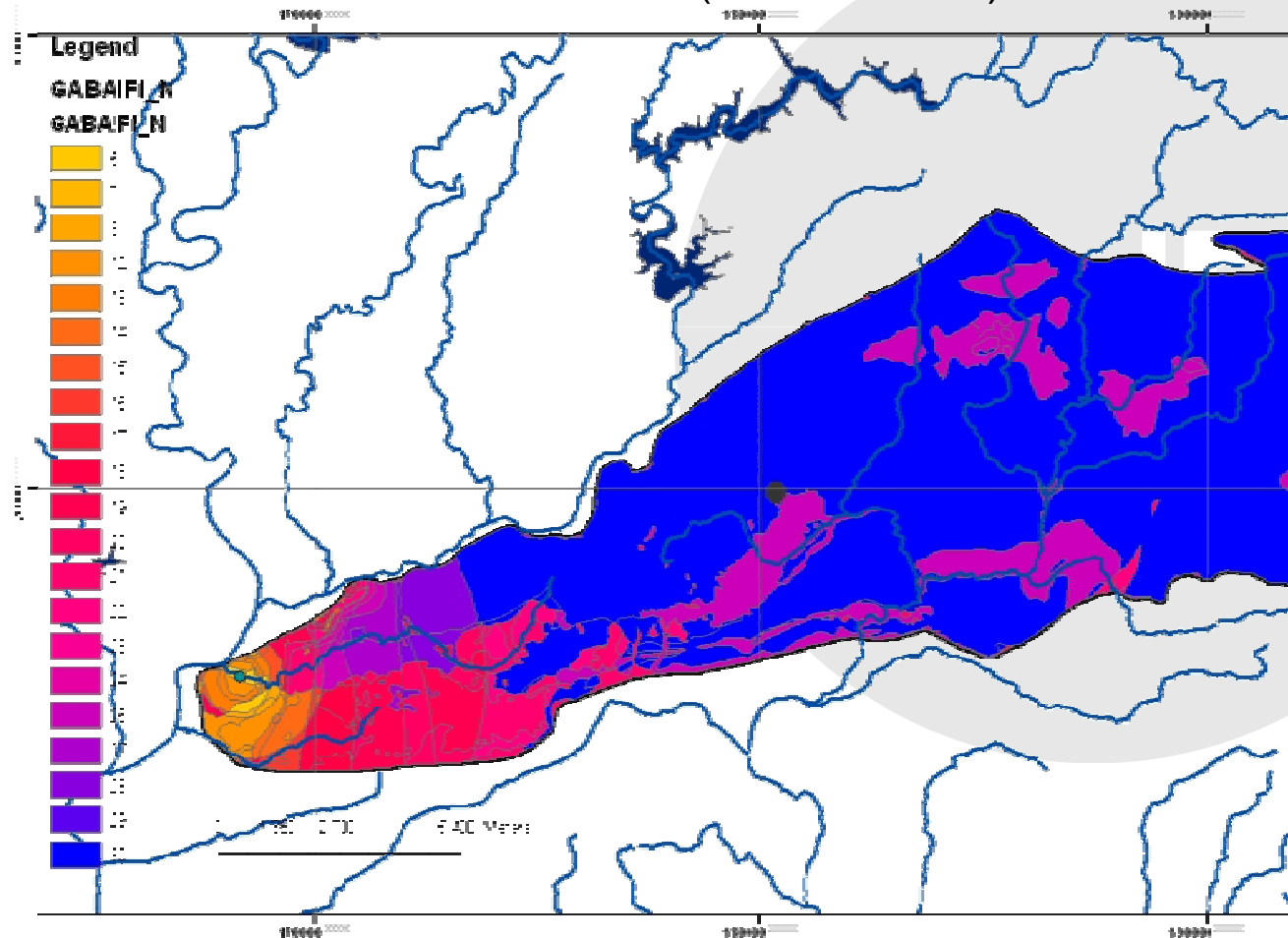


GABA-IFI

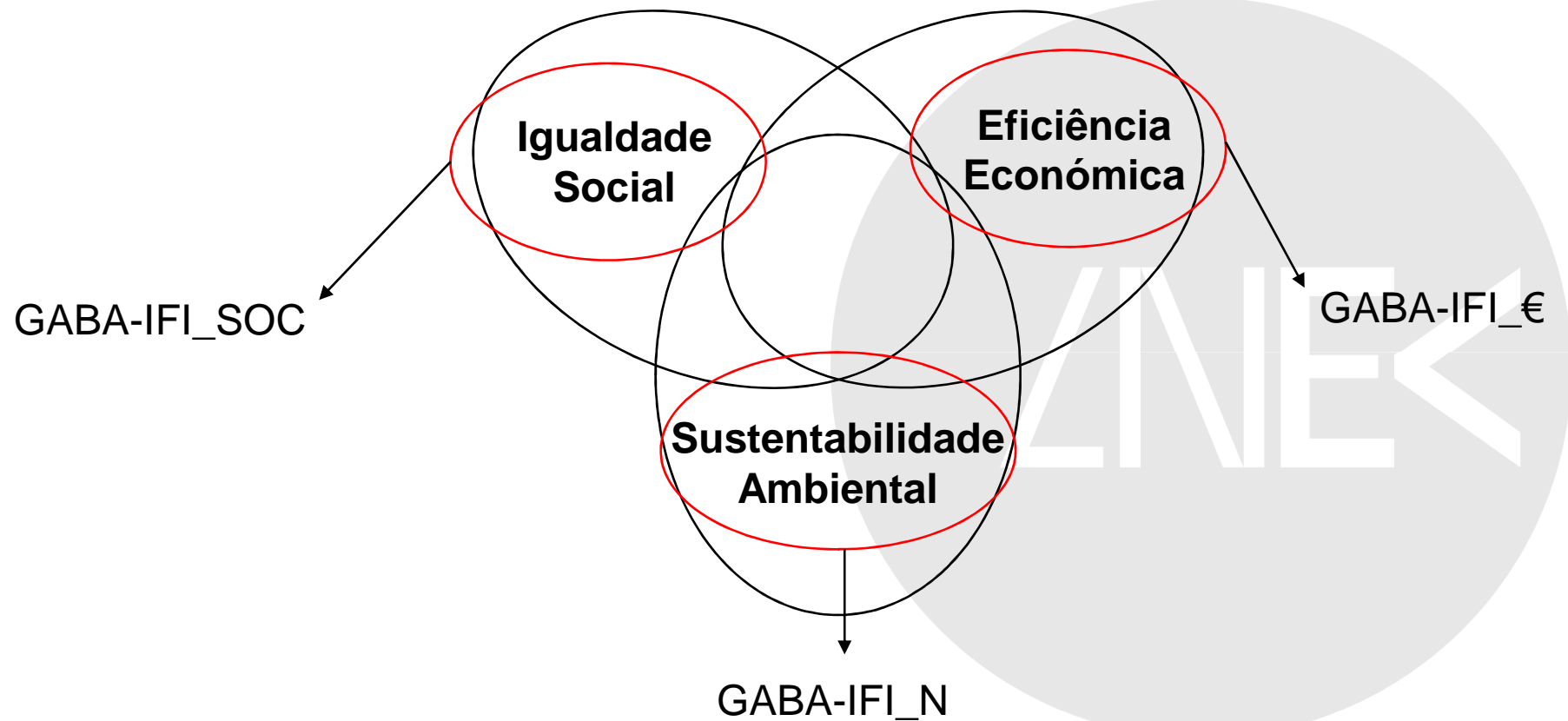
- > Enquanto o IFI permite analisar quais as áreas favoráveis à recarga natural, o GABA-IFI é um índice direccionado para a recarga artificial. Assim, as infra-estruturas de recarga artificial têm que ser consideradas.
- > A recarga artificial de sistemas aquíferos é um processo de gestão de recursos hídricos que deverá ser considerado num estudo o mais integrado possível.

Aplicação do GABA-IFI_N

$$\text{GABA-IFI}_N = \text{Dist} + D + (1/2*tt+1/2*K_H)$$



Numa gestão integrada de recursos hídricos



Índice GABA-IFI

$$\text{GABA-IFI} = \text{GABA-IFI}_N \& \text{GABA-IFI}_\epsilon \& \text{GABA-IFI}_{\text{soc}}$$

Socio-economic aspects of groundwater artificial recharge with reclaimed water

- **OBJECTIVES**

The main objectives of the socio-economic activities are:

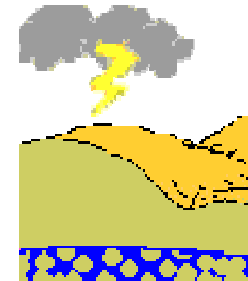
- **To analyze the current socio-economic situation of farmers and production systems in the target areas**
- **To assess the potential socio-economic and environmental impact of groundwater artificial recharge with reclaimed water. Income, job creation, water valorization, soil conservation, etc.**
- **To study the perceptions of farmers about the use of groundwater artificial recharge with reclaimed water**

Conclusões (I)

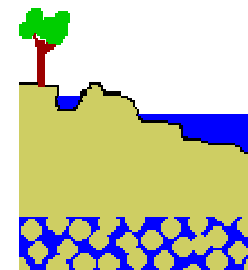
- Áreas de baixa precipitação \Rightarrow Recarga de águas subterrâneas baixa

- A água disponível provém de:

- infiltração directa da água de precipitação (actual)



- infiltração proveniente de corpos hídricos superficiais

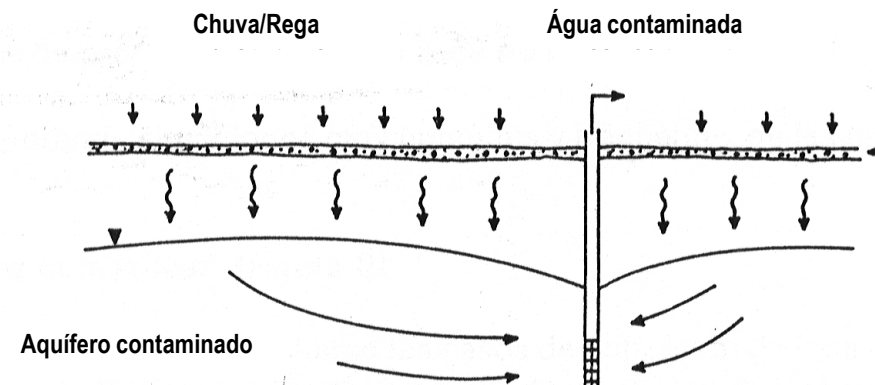
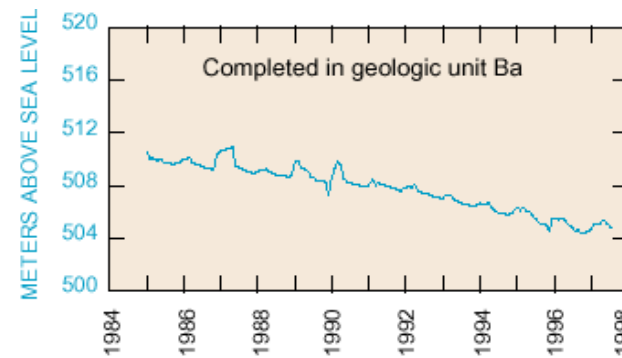


- água armazenada no meio subterrâneo (proveniente de episódios de recarga anteriores – águas fósseis)

Conclusões (II)

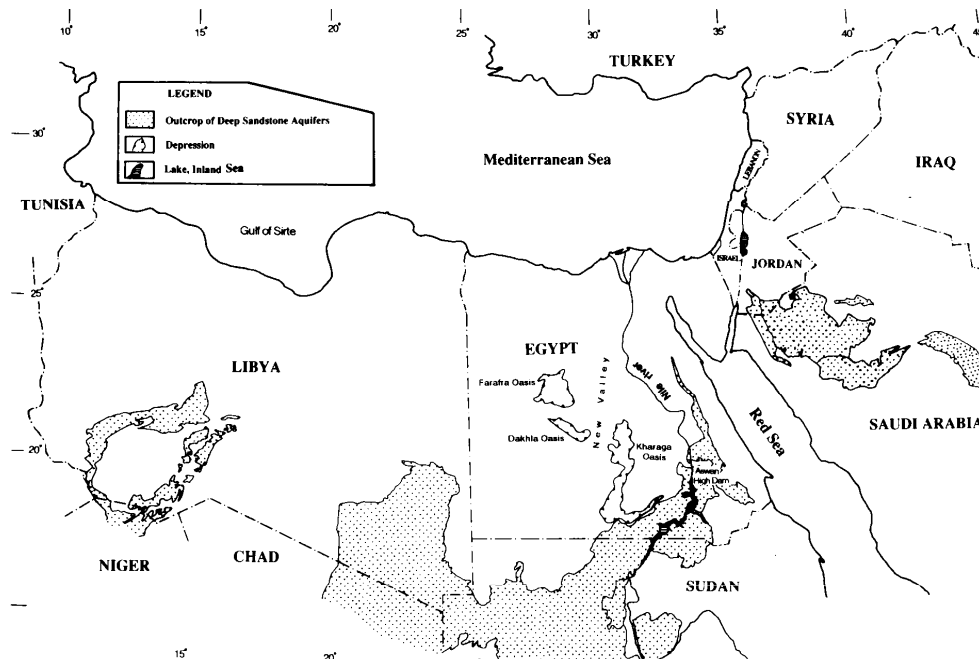
- Problemas:

- sobreexploração: “mineiração” dos recursos subterrâneos
- custos de bombagem acrescidos
- subsidência de terrenos
- salinização (em áreas agrícolas)



IGME (1985, in Paralta, 2001)

The Great Man-Made River Project (Libya)



<http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80858e/80858E12.GIF>



http://www.gmrp.org/o2a5_en.html

Nubian Sandstones (from Paleozoic to Neogen age)

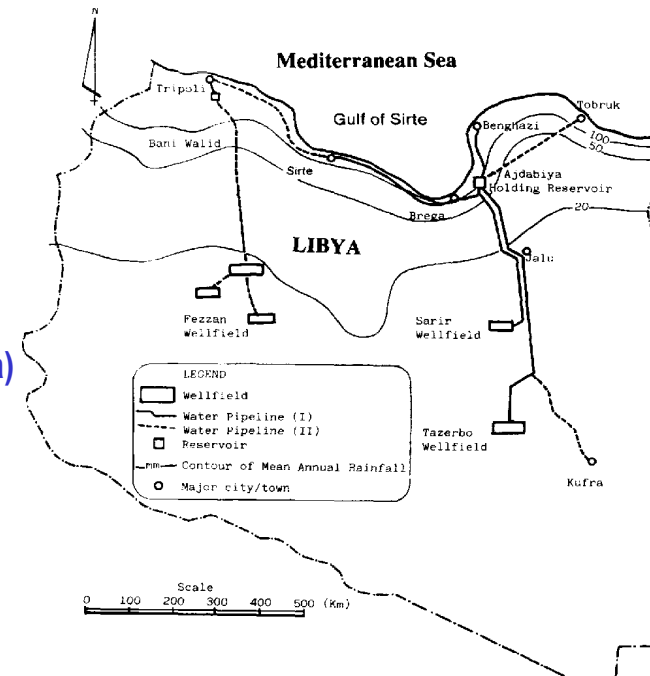
Mean annual precipitation: 250-400 mm/yr (in the Mediterranean Sea)

0-120 mm/yr in the desert

Water infiltrated 38000 to 10000 years ago (temperate climate)

Groundwater reserves of more than 35000 cubic km

Daily amount of groundwater pumped: 6 000 000 cubic meter



<http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80858e/80858E15.GIF>

Conclusões (III)

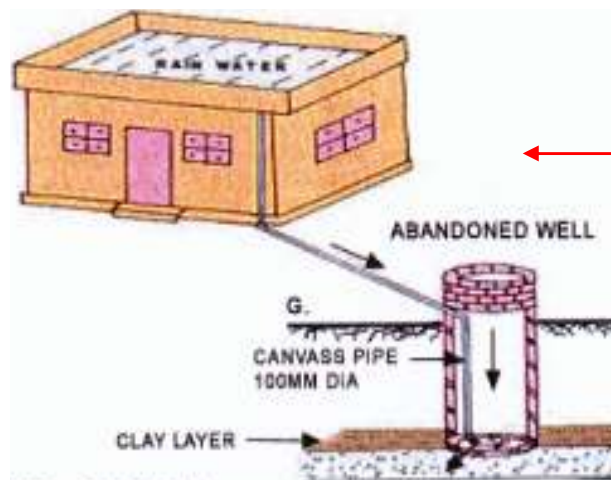
- Medidas para combater a escassez de água (subterrânea):

- Recarga artificial: água importada de outras regiões

- tratamento de águas residuais

- captura de água da chuva

- infiltração de águas de escoamento torrencial



- Barragens subterrâneas

