



Águas subterrâneas em ambientes urbanos: problemática, riscos e soluções



António Chambel

Vice-Presidente da Associação Internacional de Hidrogeólogos (IAH)

Director Técnico dos Hidrogeólogos Sem Fronteiras (HWB)

Centro de Geofísica de Évora (CGE)

Universidade de Évora (UÉ), Portugal



Água Subterrânea em Ambiente Urbano

O crescimento de zonas urbanas apresenta, em relação às águas subterrâneas, as seguintes consequências:

- Do ponto de vista quantitativo:
 - Maior impermeabilização dos solos, com conseqüente redução dos valores de infiltração natural
 - Modificações no regime de exploração
 - Alterações nas condições de recarga

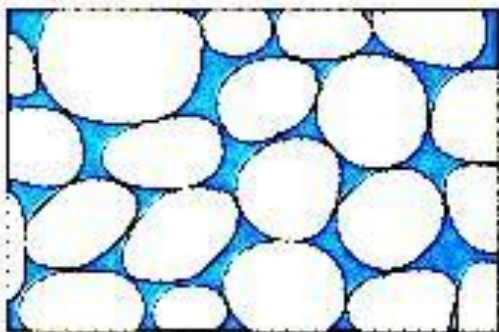
Água Subterrânea em Ambiente Urbano

- O crescimento de zonas urbanas apresenta, em relação às águas subterrâneas, as seguintes consequências:
 - Do ponto de vista qualitativo:
 - Maior pressão sobre a qualidade da água nos aquíferos, nomeadamente através da introdução de resíduos líquidos orgânicos no aquífero (proveniente dos esgotos, fossas, latrinas, ou de despejos de resíduos líquidos sobre o solo)
 - Presença de resíduos sólidos orgânicos
 - Presença de resíduos industriais não perigosos
 - Presença de resíduos industriais perigosos
 - Intrusão salina em zonas costeiras

Tipo de aquíferos

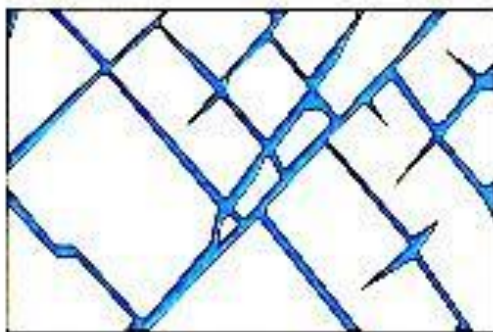
Principais tipos de porosidade

Areia e seixo



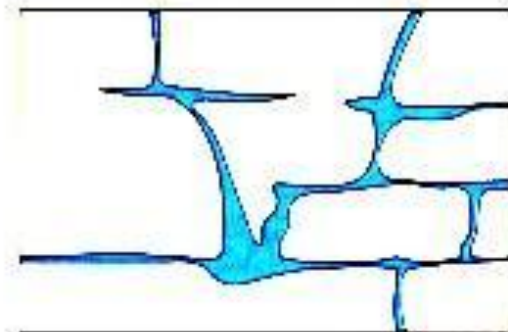
Intergranular

Rochas ígneas



Fractura

Rochas carbonatadas



Dissolução



Depósitos de raia, Cabo, África do Sul
Novembro 2000, Foto: J. Duque

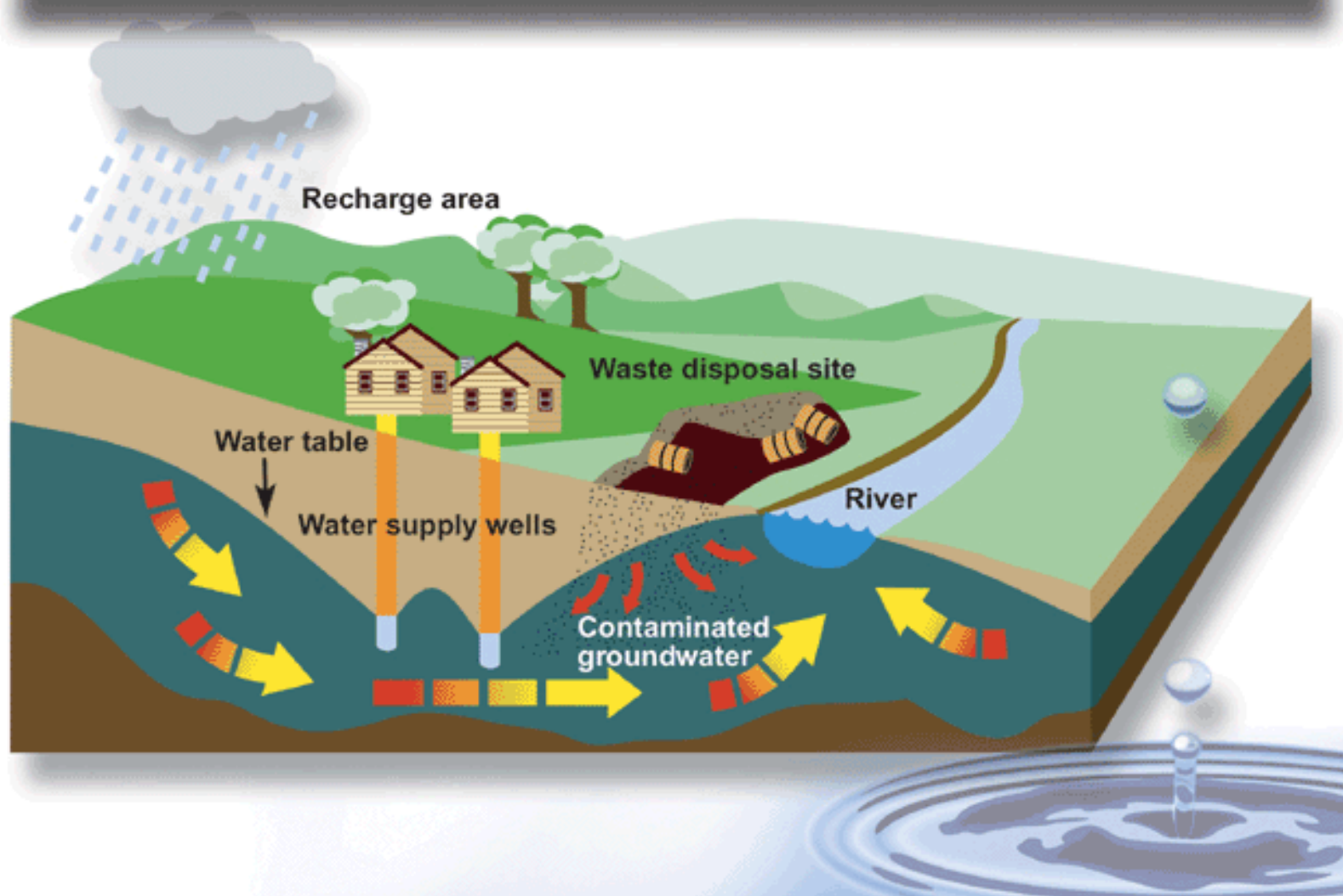


Xistos, Mértola, Portugal
Março 2004, Foto: A. Chambel



Labské pískovce, Rep. Checa
Outubro 2005, Foto: A. Chambel

Groundwater contamination from a waste disposal site



Estado Rural

Captação
privada

Fossa séptica

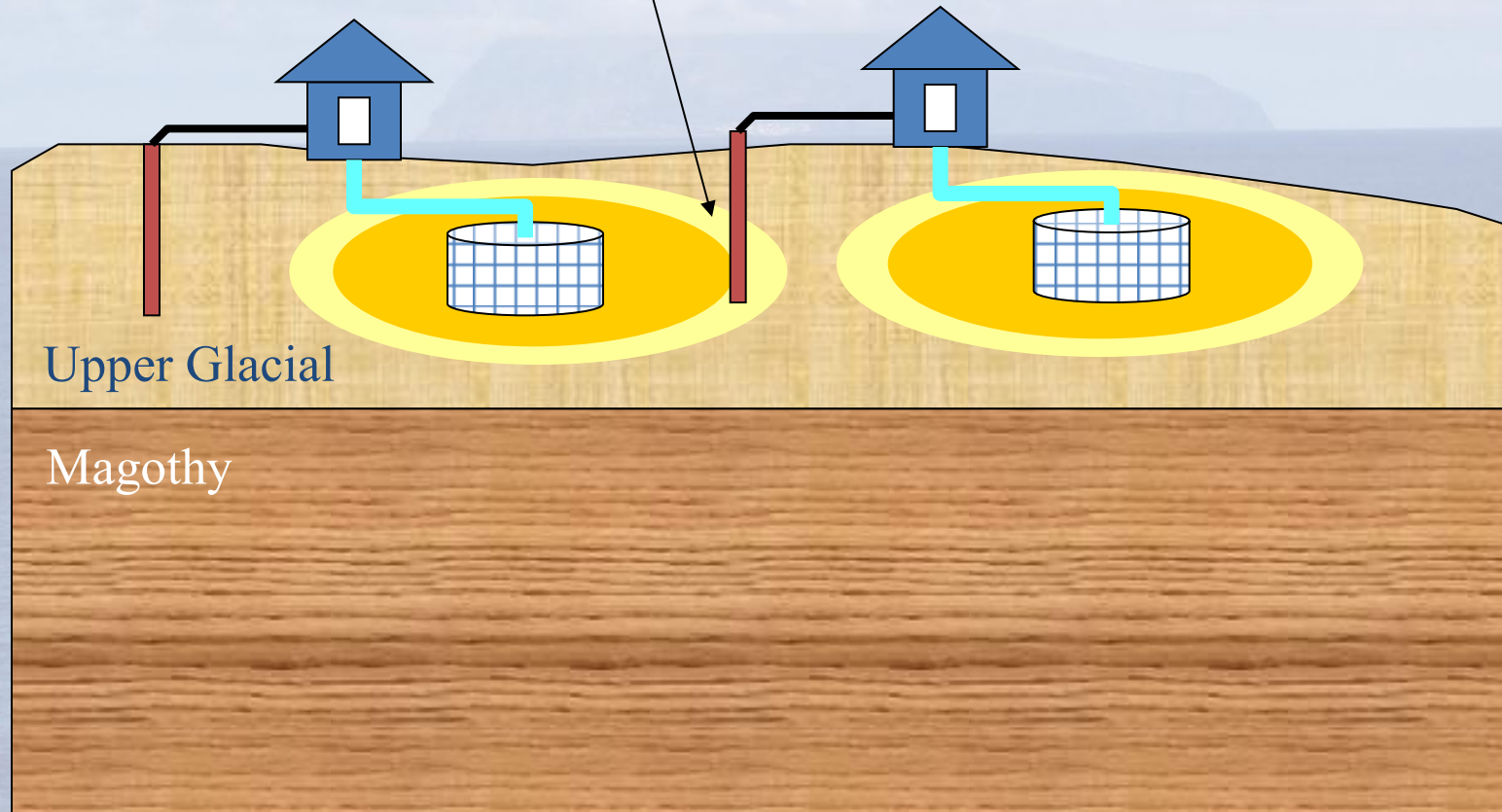
Contaminação séptica



Estados de Uso de Água Subterrânea em Long Island

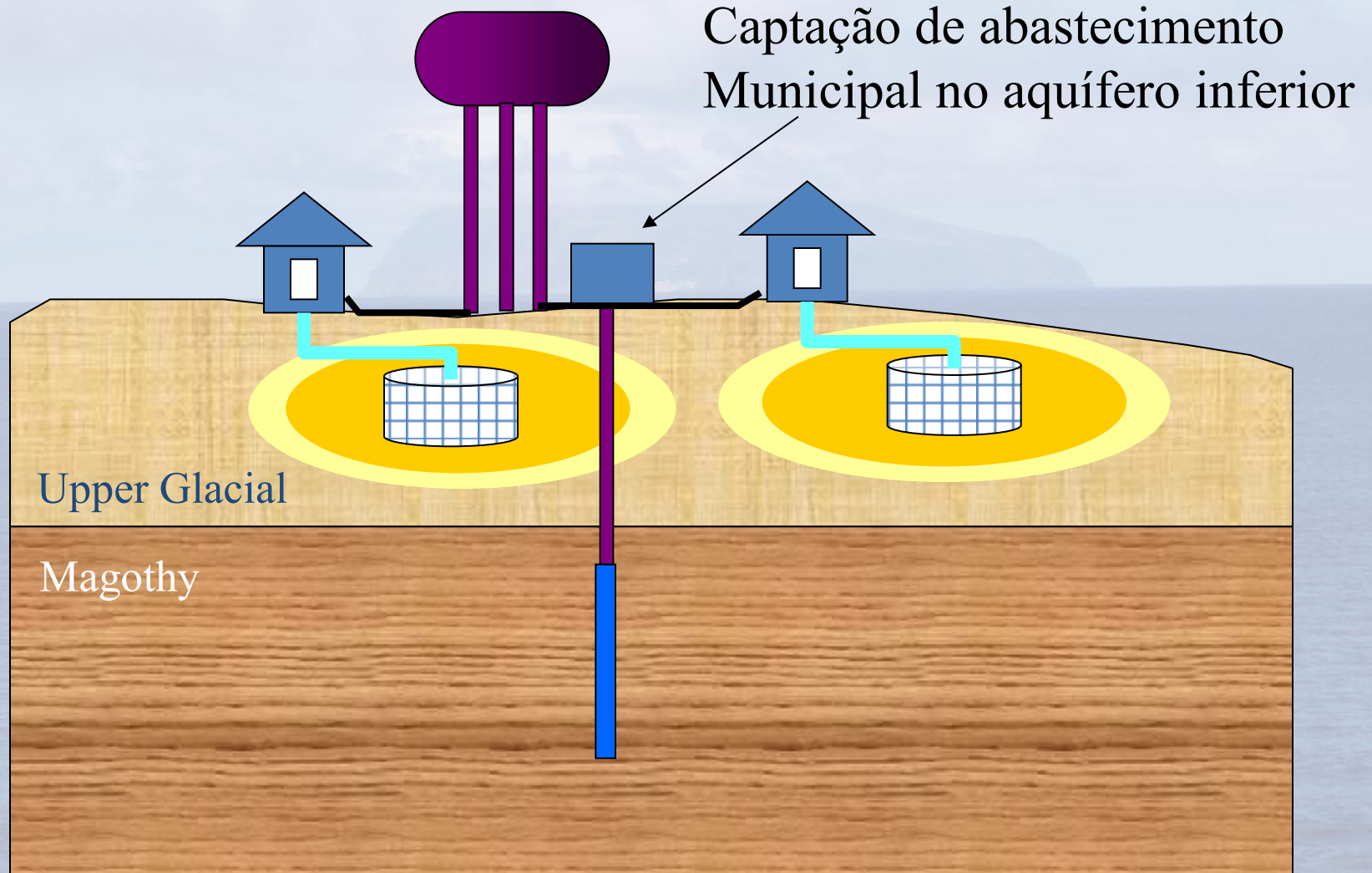
Incremento da densidade populacional

O aquífero superior torna-se demasiado contaminado para ser explorado de forma segura



Estados de Uso de Água Subterrânea em Long Island

Estado Suburbano



Estados de Uso de Água Subterrânea em Long Island



Estado Urbano

Sistema de esgotos Municipal

Captação de abastecimento Municipal no aquífero inferior

Estação de Tratamento de Esgotos

Descarga no oceano

Upper Glacial

Magothy

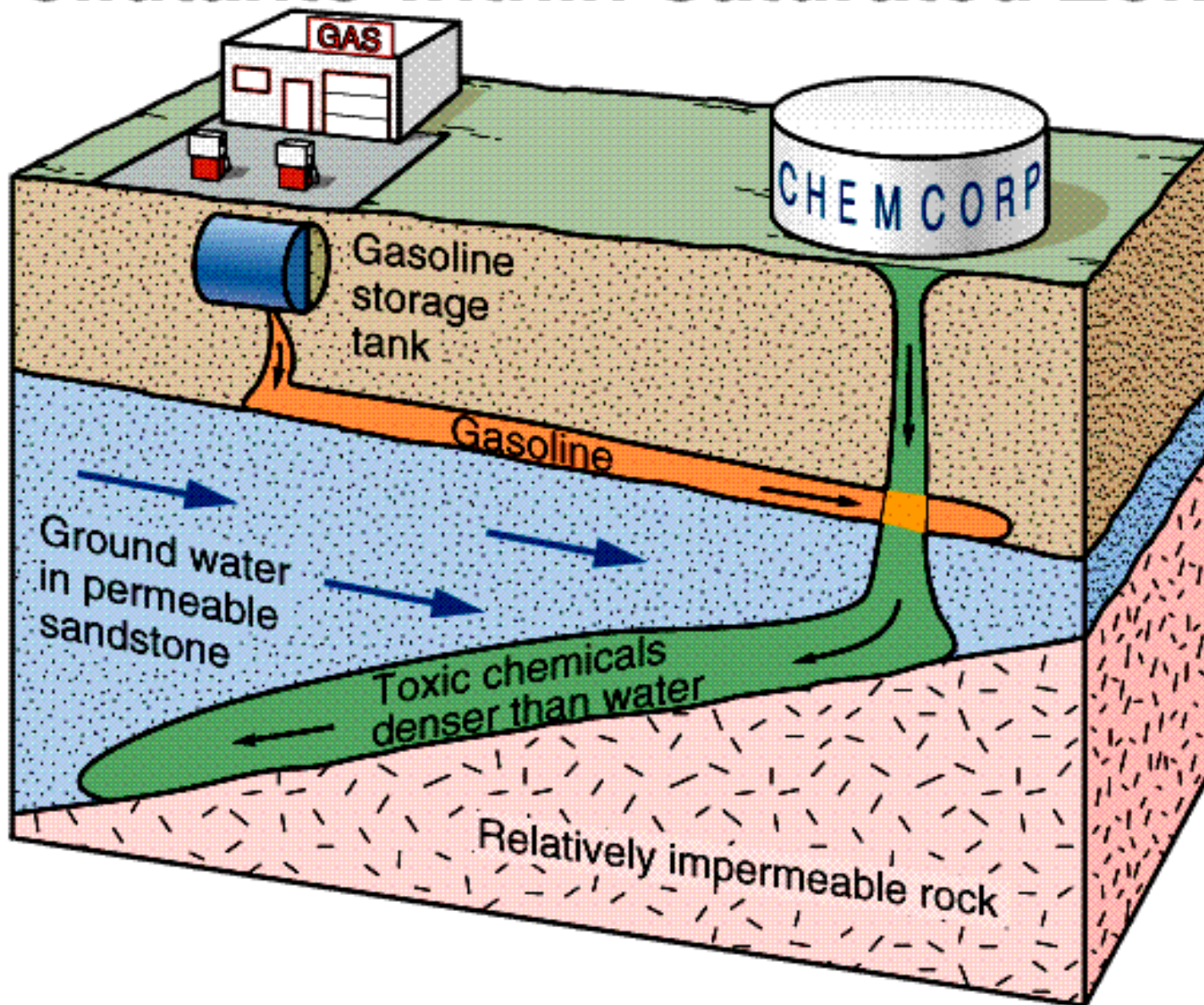
Contaminação começa a penetrar no aquífero inferior

António Chambel

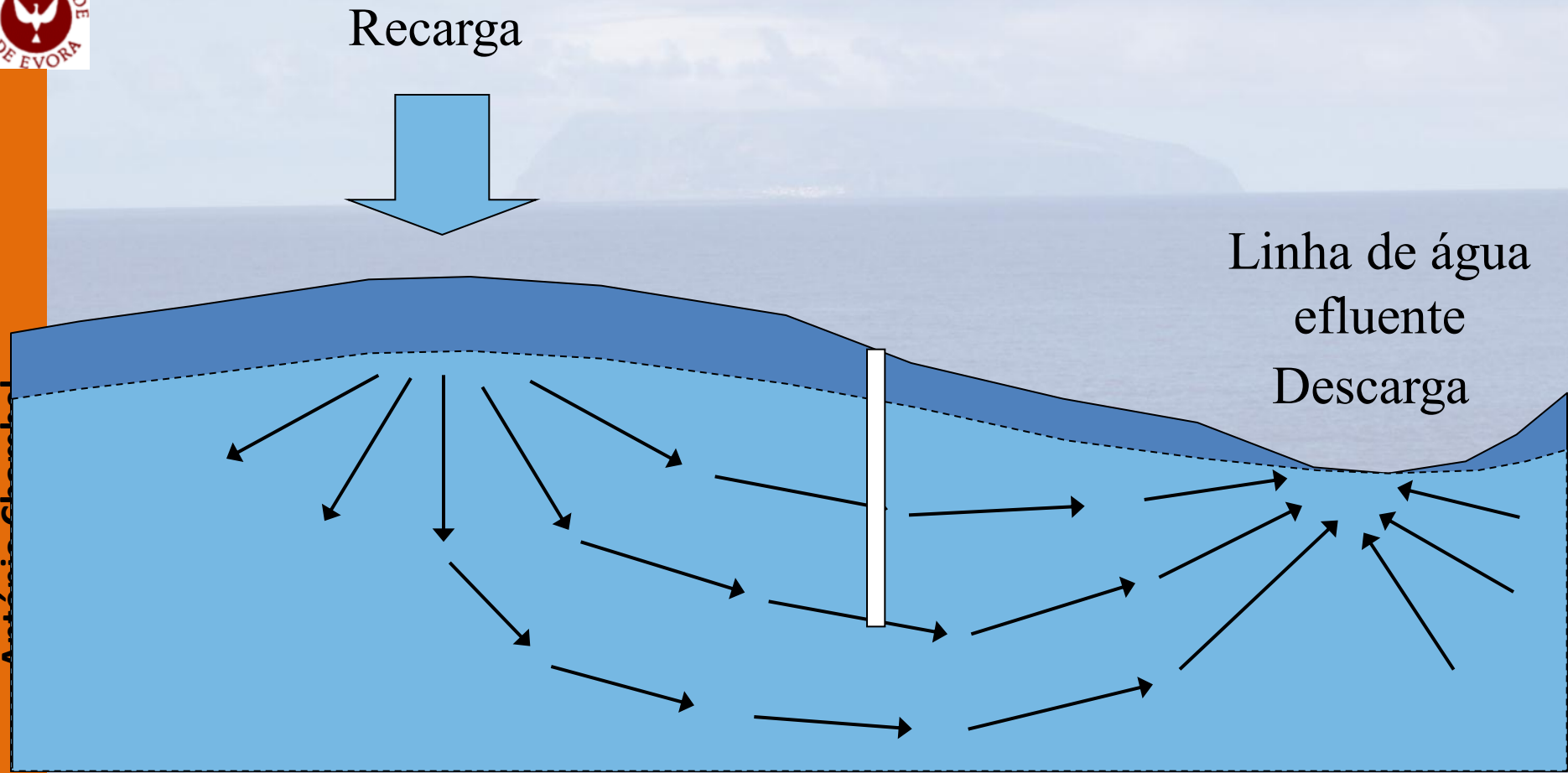
Estados de Uso de Água Subterrânea em Long Island



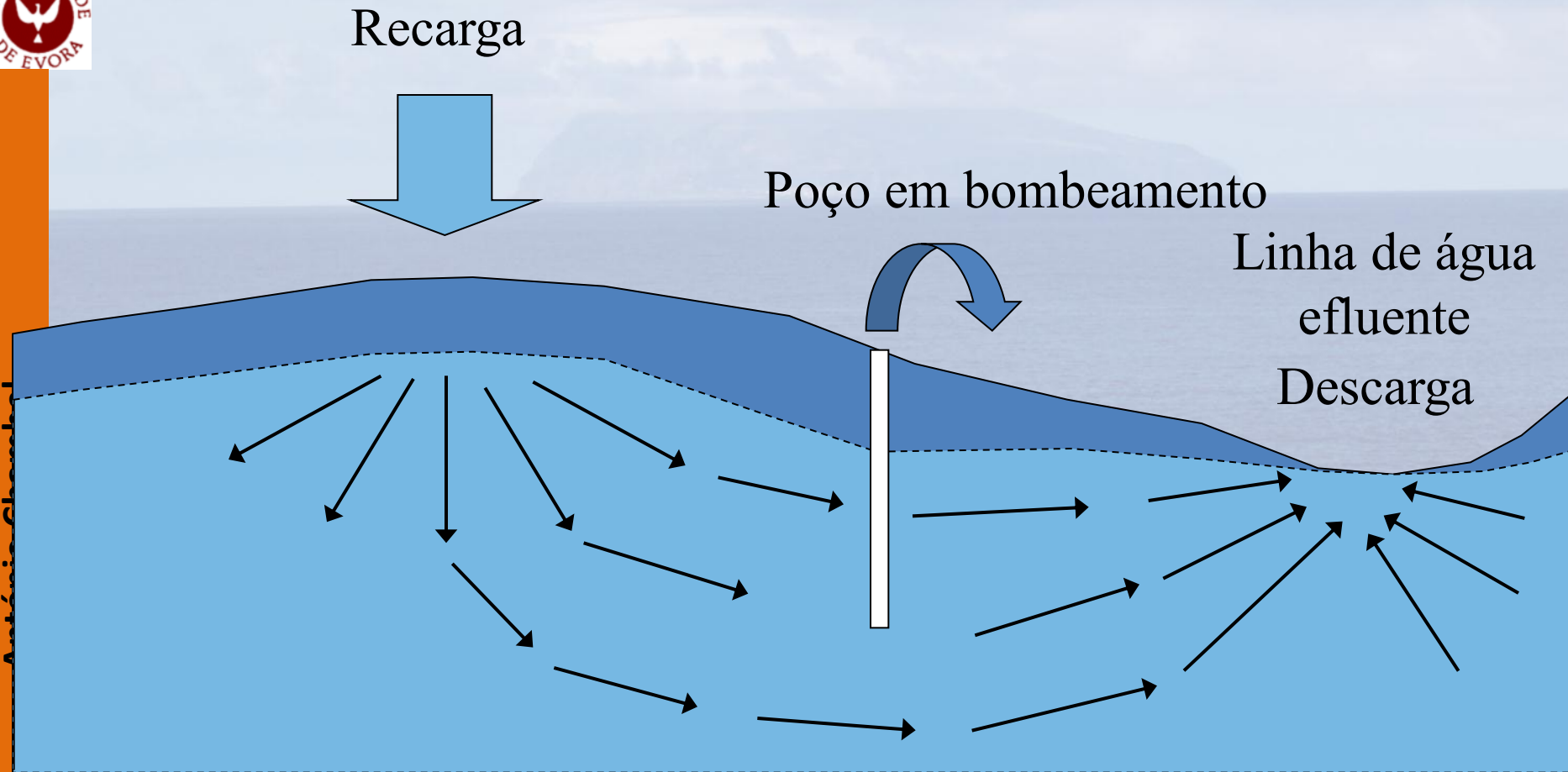
Pollutants within Saturated Zone



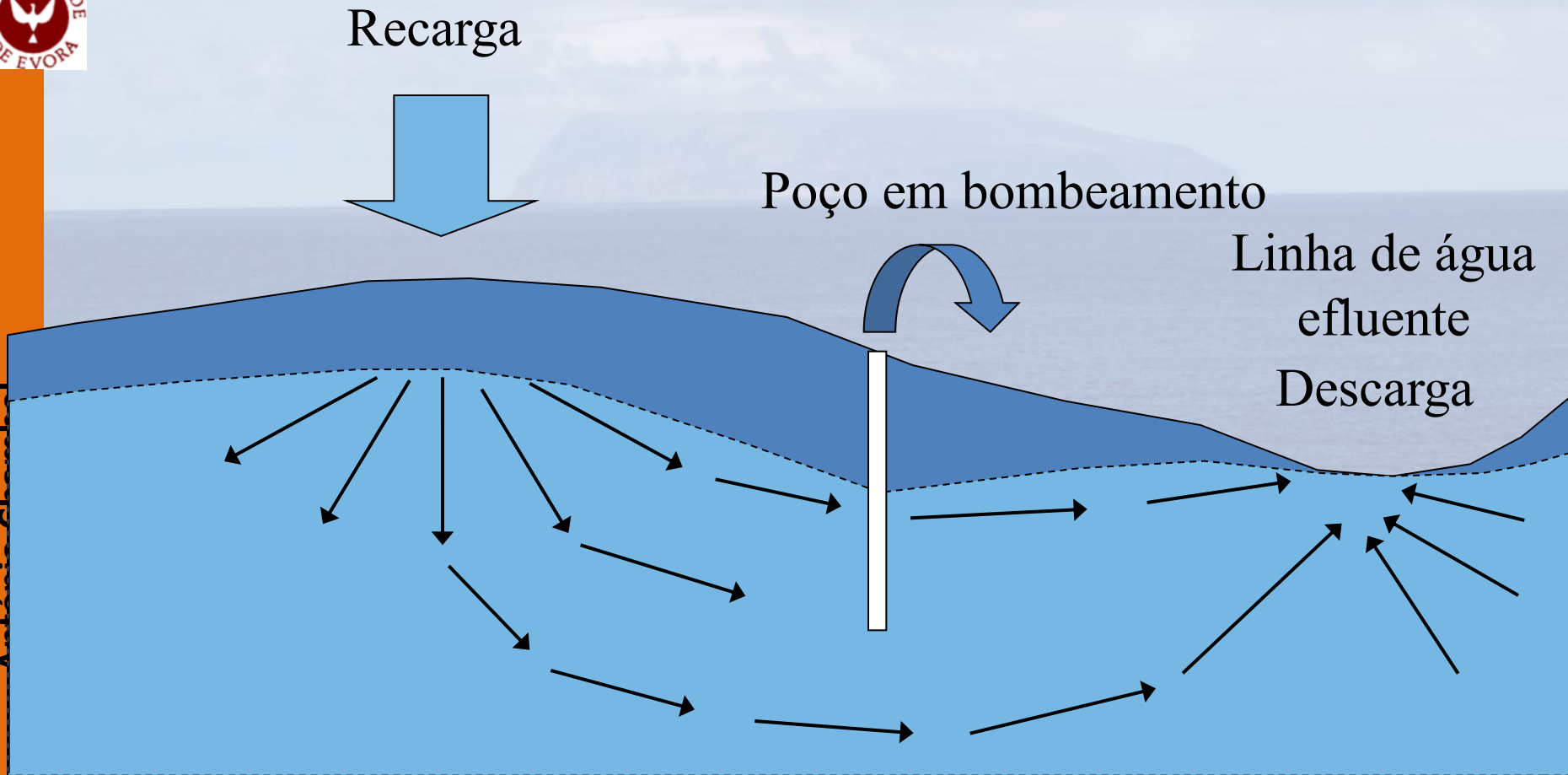
Antes do bombeamento



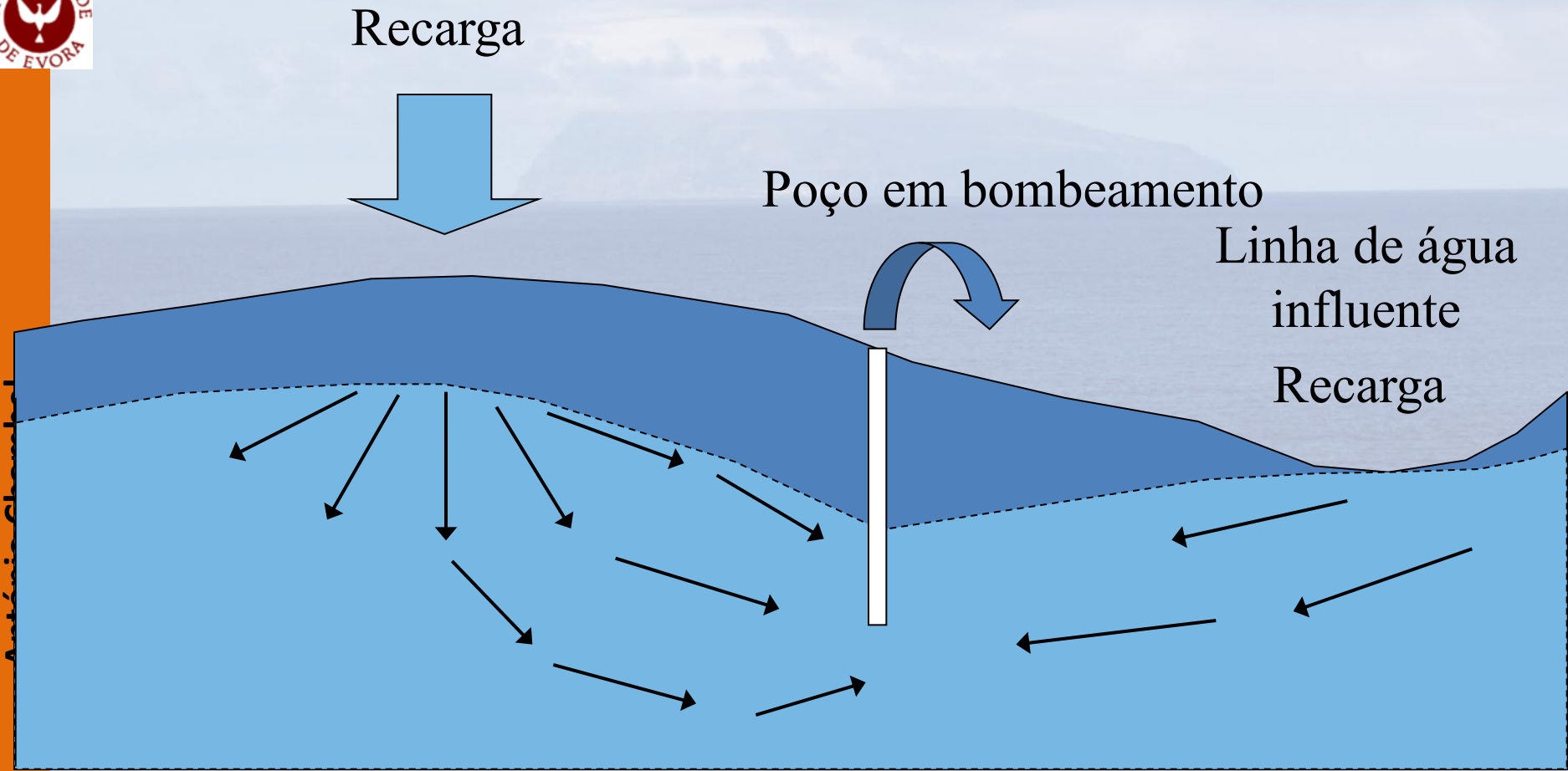
Bombeamento e crescimento do cone de depressão

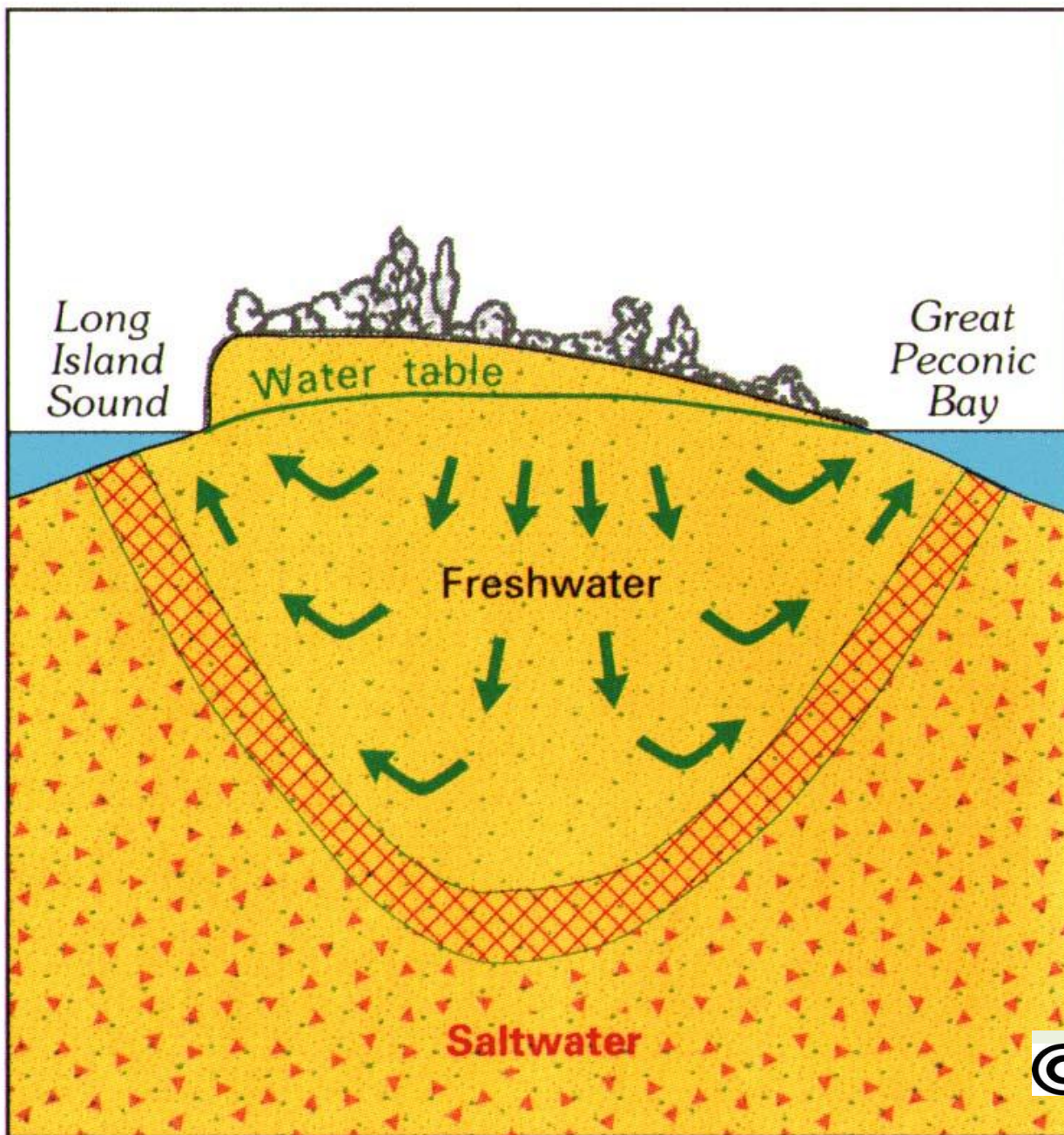


Bombeamento e crescimento do cone de depressão



O cone de depressão estabiliza: o fluxo para o poço deriva da recarga adicional e não do armazenamento





NOT TO SCALE

Modified from Cohen and others, 1968



Chambel A., 2013

Água Subterrânea em Ambiente Urbano

- Quando cidades abastecidas por águas de origem superficial crescem sobre zonas agrícolas com exploração intensiva de águas subterrâneas, podem ocorrer, após urbanização, situações de subida consecutiva dos níveis freáticos, artificialmente rebaixados durante anos de exploração
- Nestes casos, a subida das águas subterrâneas pode ter consequências graves sobre as construções, nomeadamente em caves e fundações, com inundações difíceis de remediar (caso do crescimento da cidade de Nova Iorque).

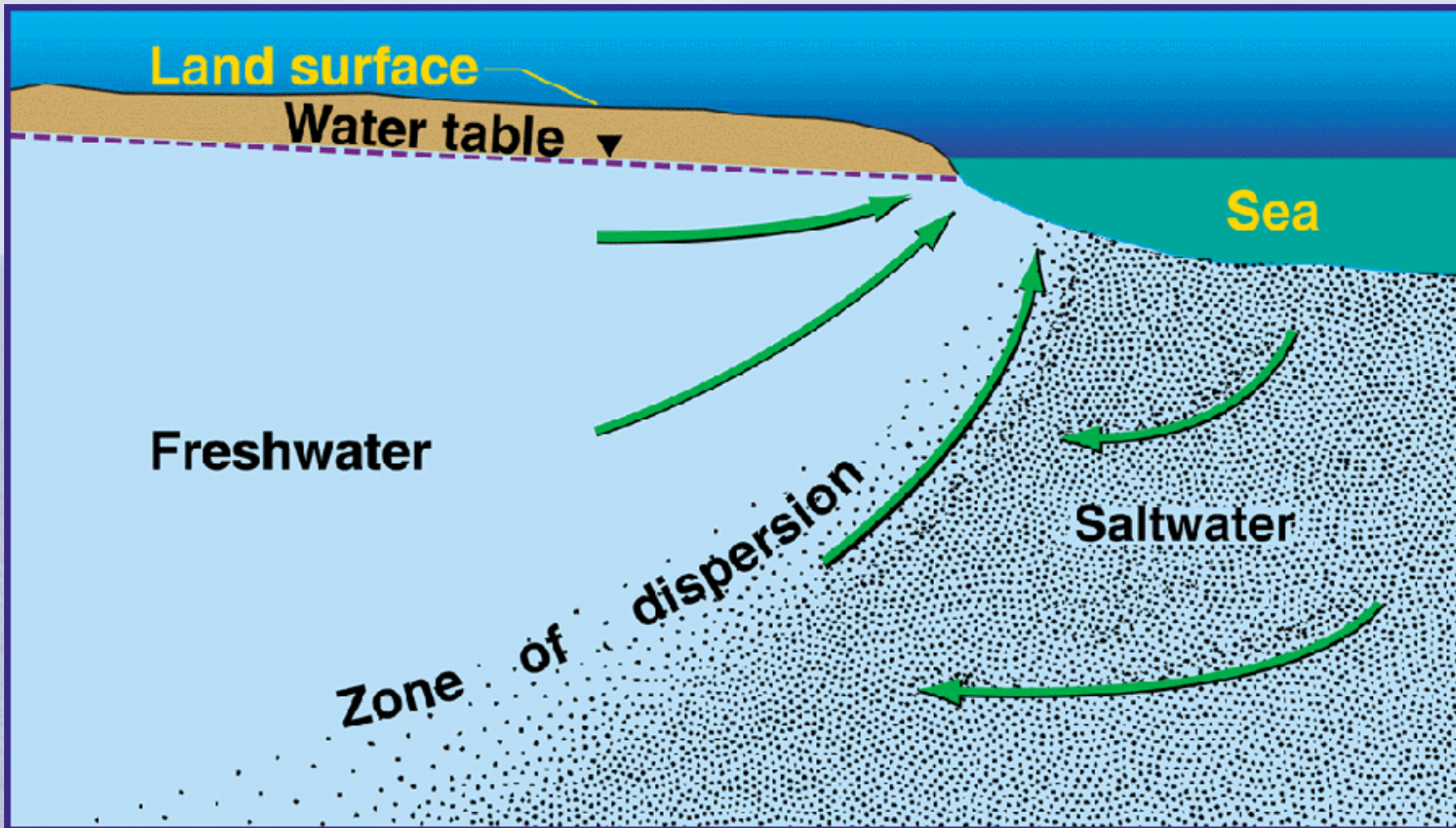


Água Subterrânea em Ambiente Urbano

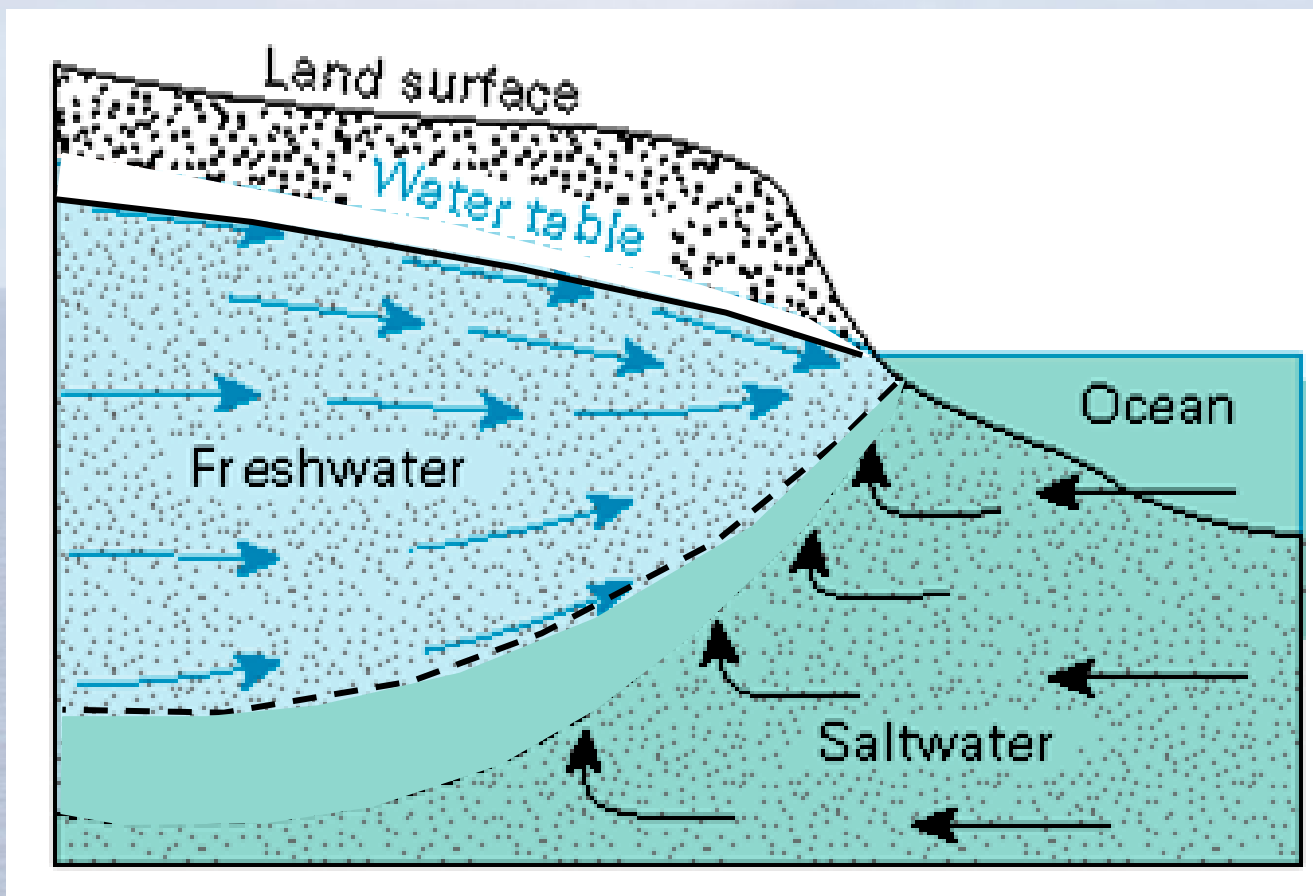
Quando as cidades são abastecidas por águas subterrâneas, à medida que estas crescem e utilizam cada vez mais água, pode suceder um rebaixamento muito intenso dos níveis freáticos, com:

- Custos de bombagem cada vez mais acrescidos
- Abandono de captações e execução de novas cada vez mais profundas
- Esgotamento de reservas no caso do aquífero não ser suficientemente espesso
- Salinização dos aquíferos
- Situações dramáticas de subsidência

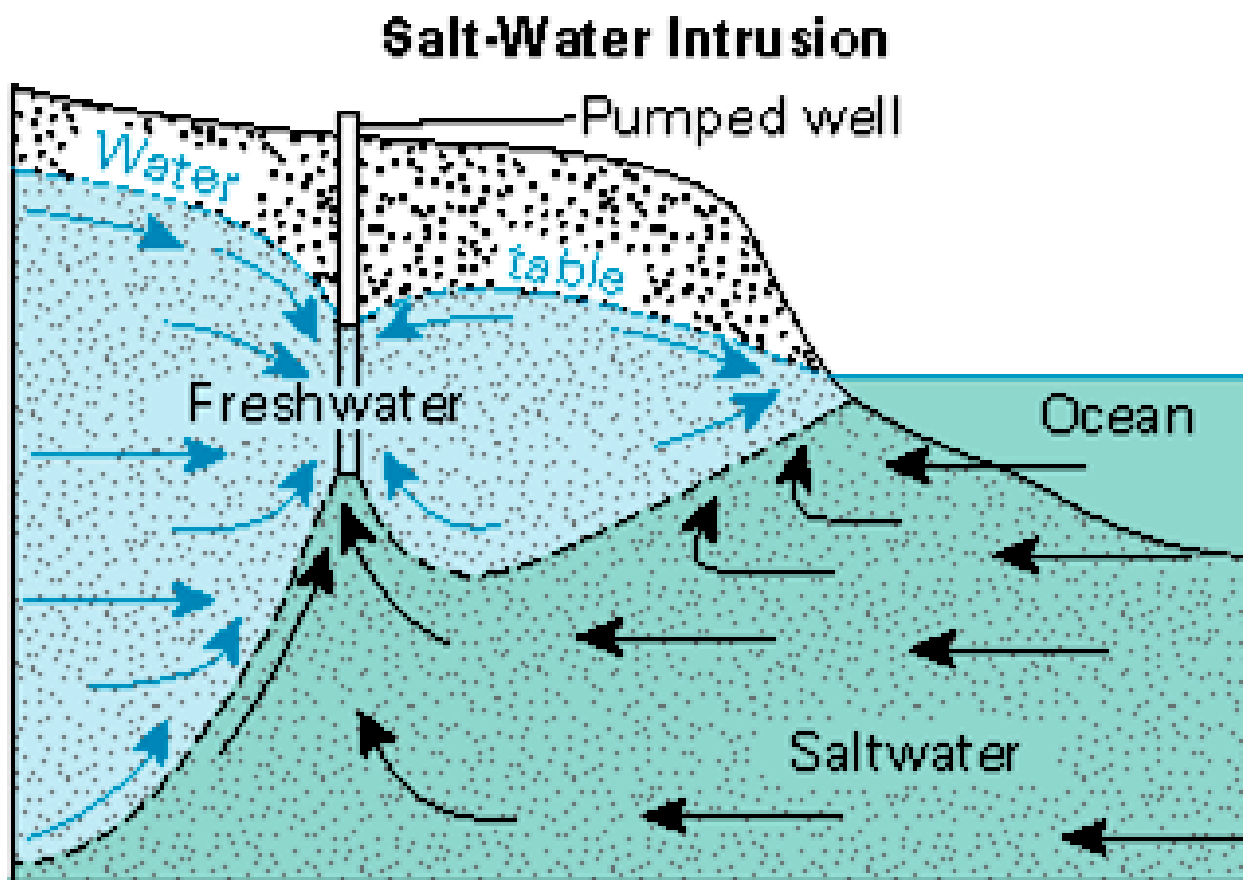
Cunha salina



Intrusão passiva



Intrusão activa



Salinização das águas subterrâneas



A ÁGUA

Conflitos (Intervenções humanas no ciclo hidrológico):

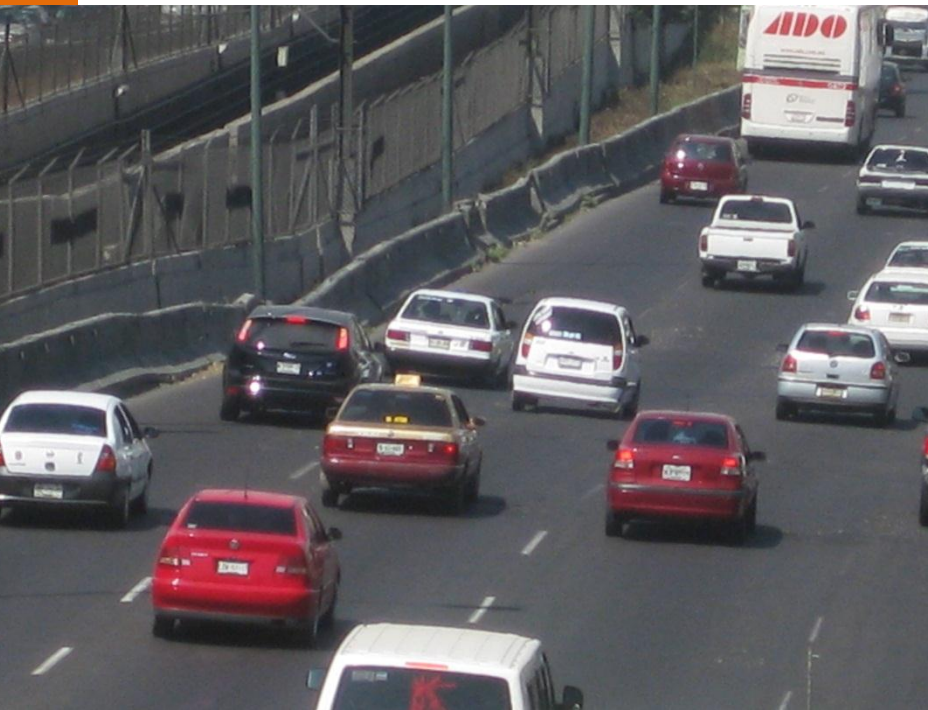
- Ocupação de linhas de água
- Impermeabilização de solos
- Sobre-exploração de aquíferos e subsidência



Subsidência



Subsidência



Água Subterrânea em Ambiente Urbano

- Em relação à qualidade, se as águas de abastecimento urbano são tratadas e potáveis, podendo constituir uma recarga de qualidade
- As águas residuais infiltradas constituem um problema gravíssimo em quase todos os meios urbanos: problemas de nitratos, metais pesados, resíduos de medicamentos, incluindo de antibióticos, de pílulas, etc.
- Os resíduos sólidos orgânicos e os resíduos industriais perigosos e não perigosos geram normalmente resíduos líquidos (lixiviados) que acabam por infiltrar e surgir nas águas subterrâneas. Assim surgem casos de contaminação com hidrocarbonetos, metais pesados, detergentes, etc.
- Os pesticidas e herbicidas constituem outro tipo de contaminantes em ambientes urbanos

Água Subterrânea em Ambiente Urbano

Acções de observação e conservação (programas que permitam perceber as eventuais transformações por que passam as massas de água subterrânea e estabelecer medidas preventivas que dêem resposta a essas pressões). As soluções são:

- Uma **monitorização** atenta dos níveis e da qualidade da água subterrânea, através de um sistema organizado de pontos de observação
- **Ordenamento territorial**, incluindo o estabelecimento antecipado de redes de abastecimento de água potável e de águas residuais, antes da expansão das urbanizações
- **Conservação e manutenção das estruturas de abastecimento** de água e das águas residuais
- **Responsabilização individual e colectiva** (pessoas, indústrias, gestores) sobre a produção e eliminação de resíduos



Água Subterrânea em Ambiente Urbano

RISCOS E SOLUÇÕES

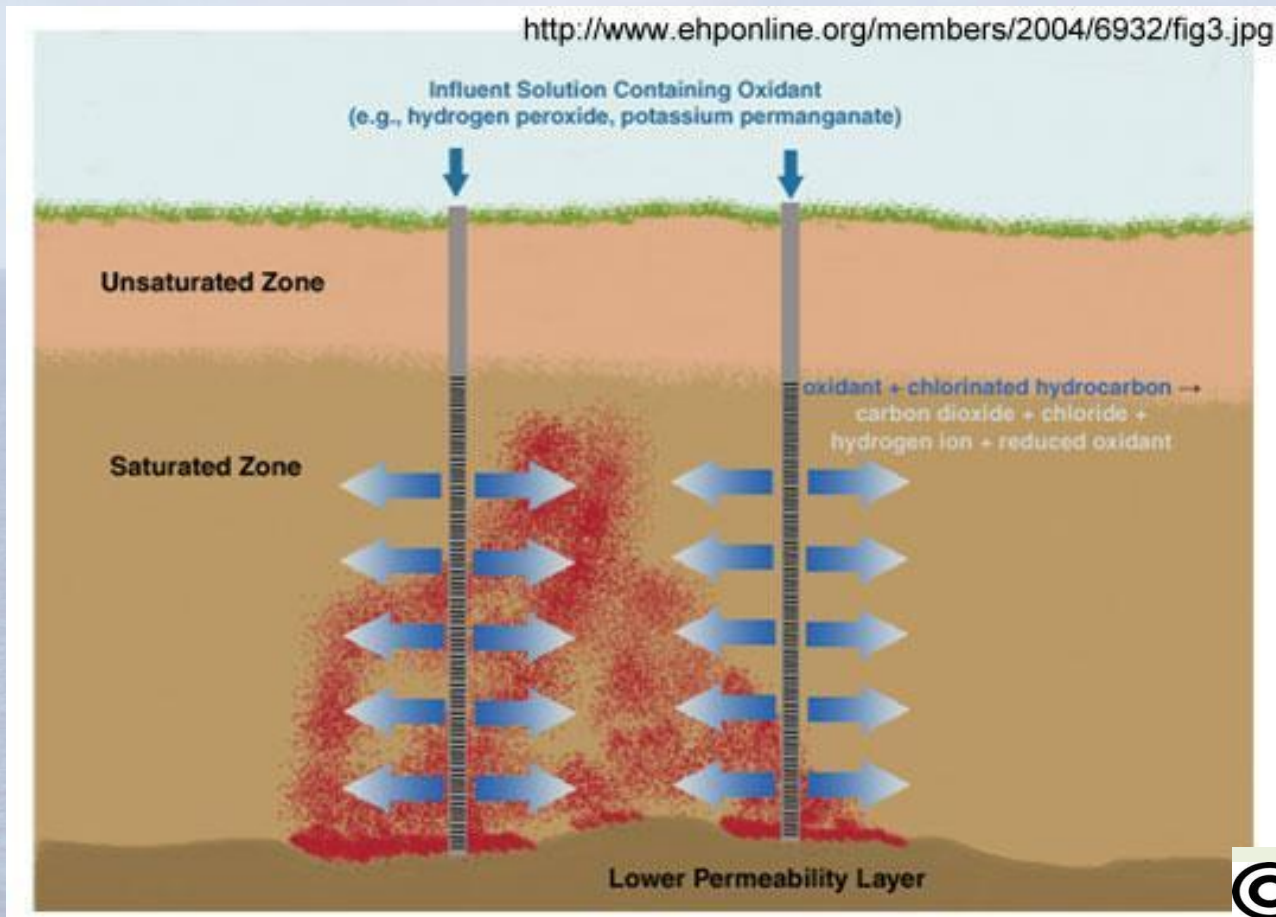
Associadas a estas pressões, surgem riscos de:

- Redução de volume de água no aquífero
- Contaminação

Soluções são:

- Reduzir os volumes de exploração
- Fazer recarga artificial
- Em casos de contaminação do aquífero, estudar as possibilidades de remediação (tratamento) e, eventualmente, tratá-lo
- No caso de contaminação, acções de prevenção e fiscalização para evitar o acesso da população a esse abastecimento de água contaminada
- Educação ambiental das populações

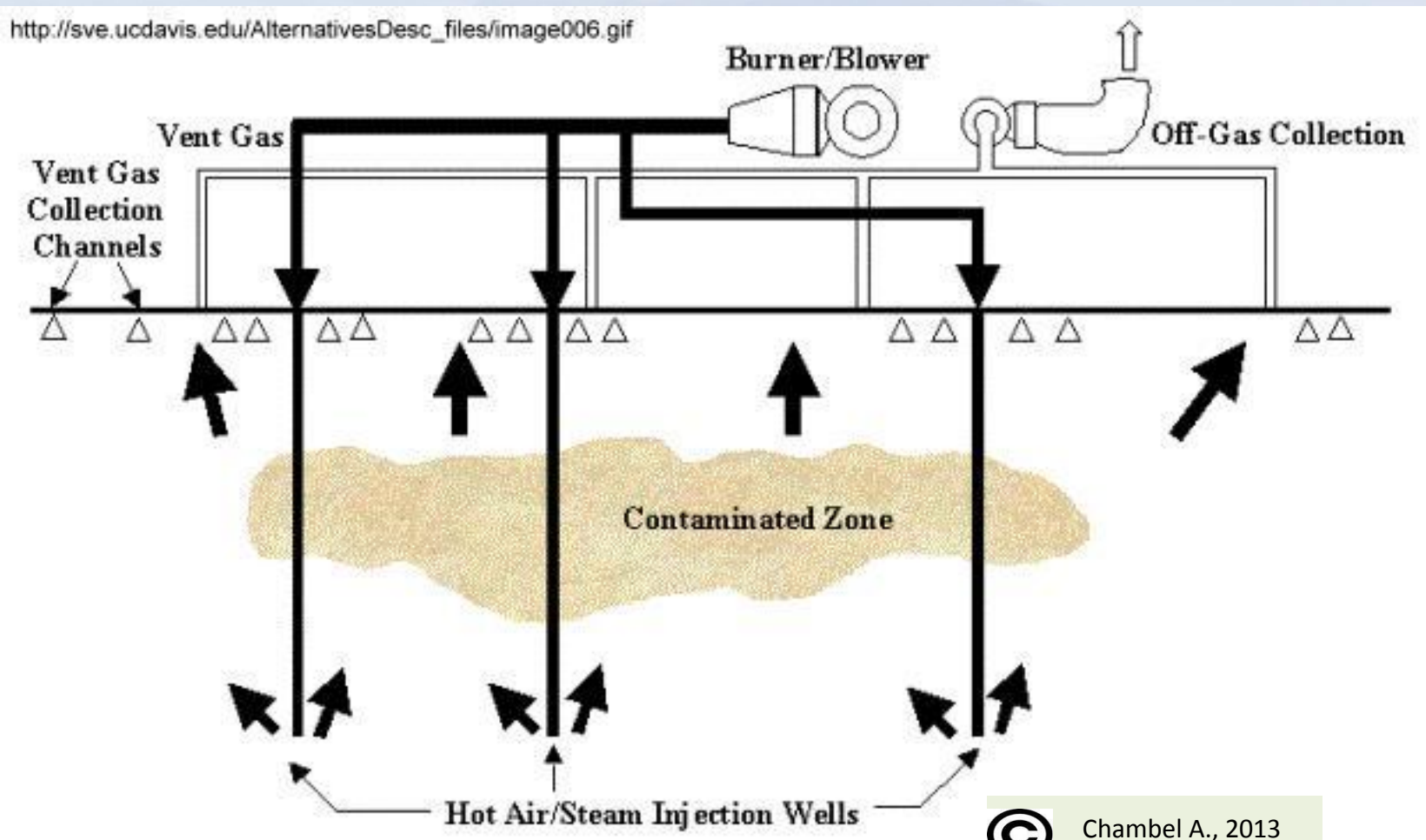
- Volatilização



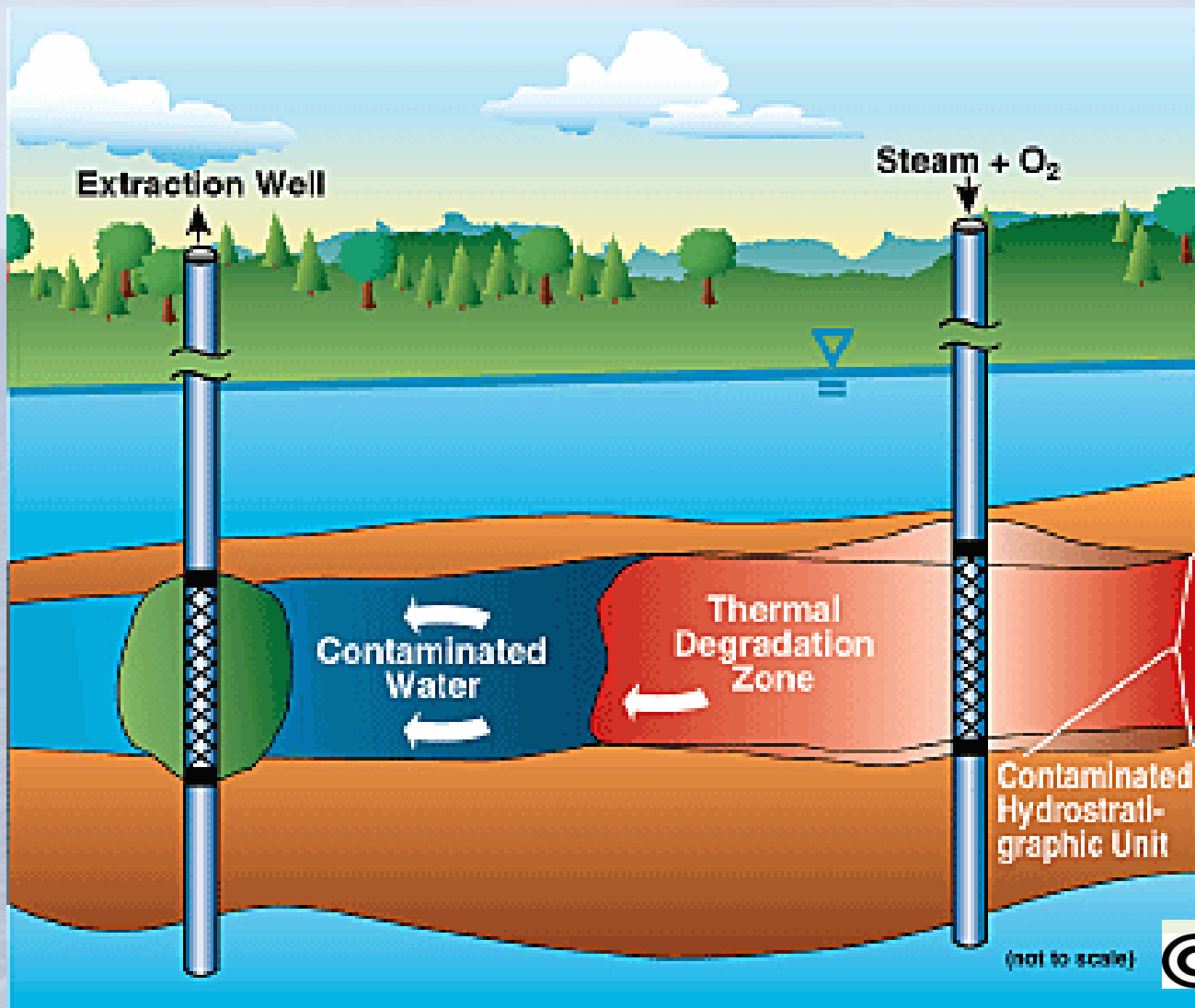
Chambel A., 2013

Figure 3. Representation of ISCO in a shallow, relatively homogeneous, unconfined aquifer with a well-defined DNAPL source zone. Contaminant destruction occurs *in situ* as depicted by the representative chemical reaction. Alternatively, implementation of ISCO technologies may use a point-to-point flood similar to that shown in Figure 4.

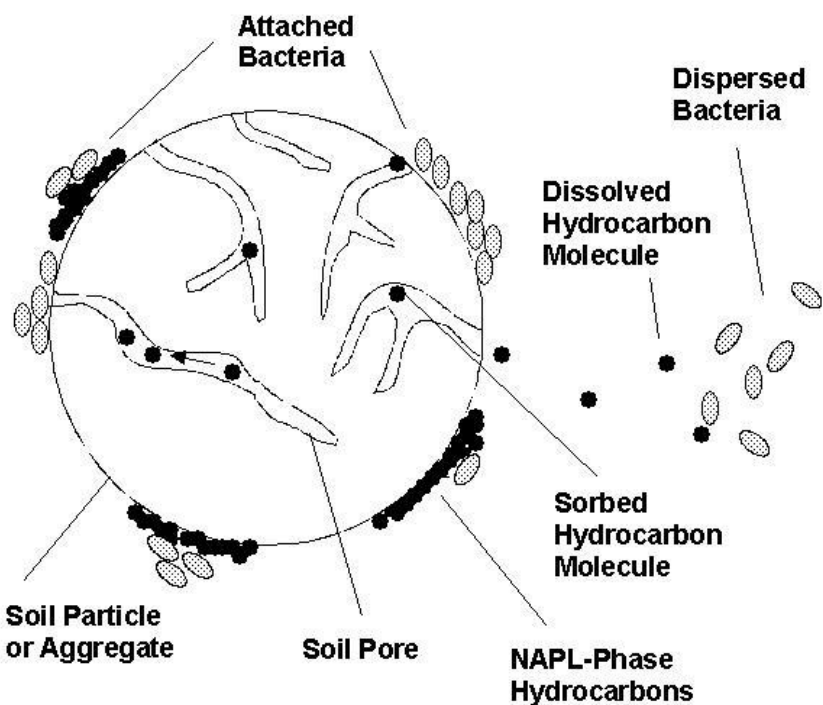
- Volatilização



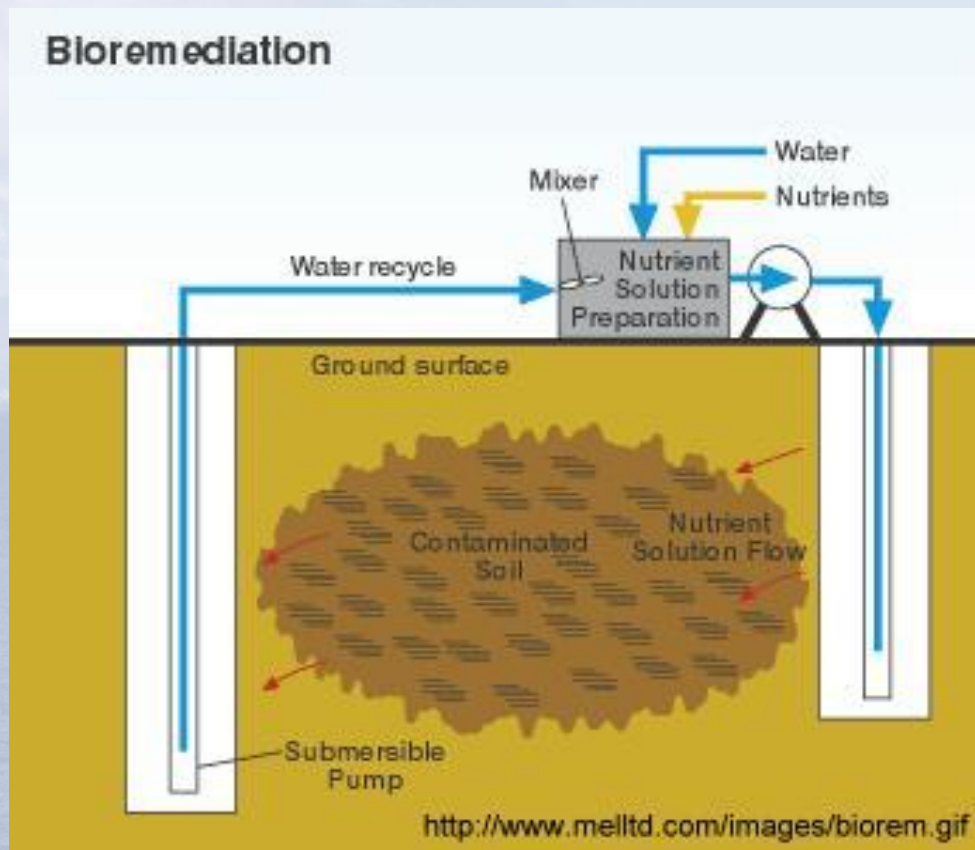
- Volatilização



• Biodegradação



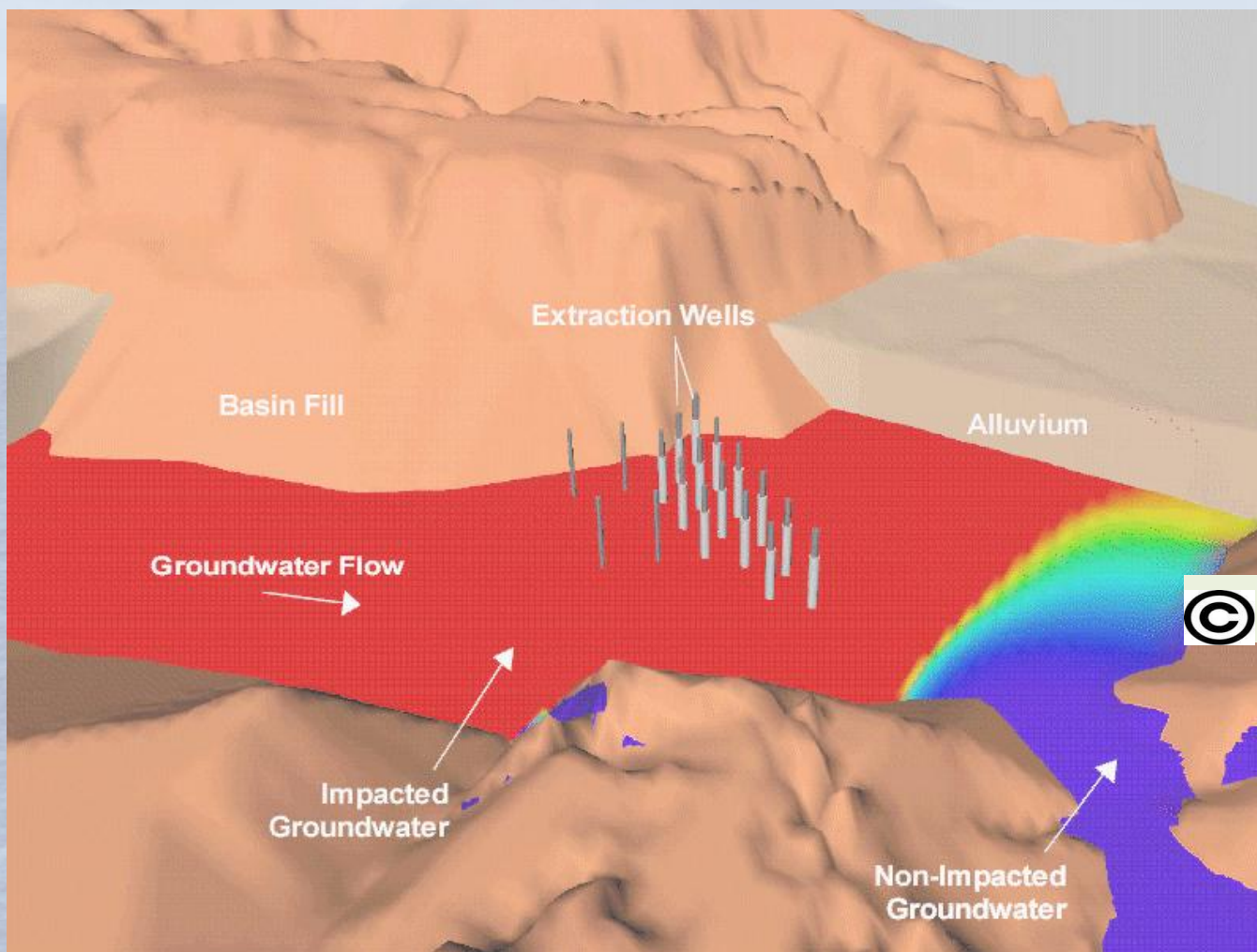
<http://bioprocess.pnl.gov/figurs/bioreme/bioavail2.gif>



<http://www.meltd.com/images/bioreme.gif>

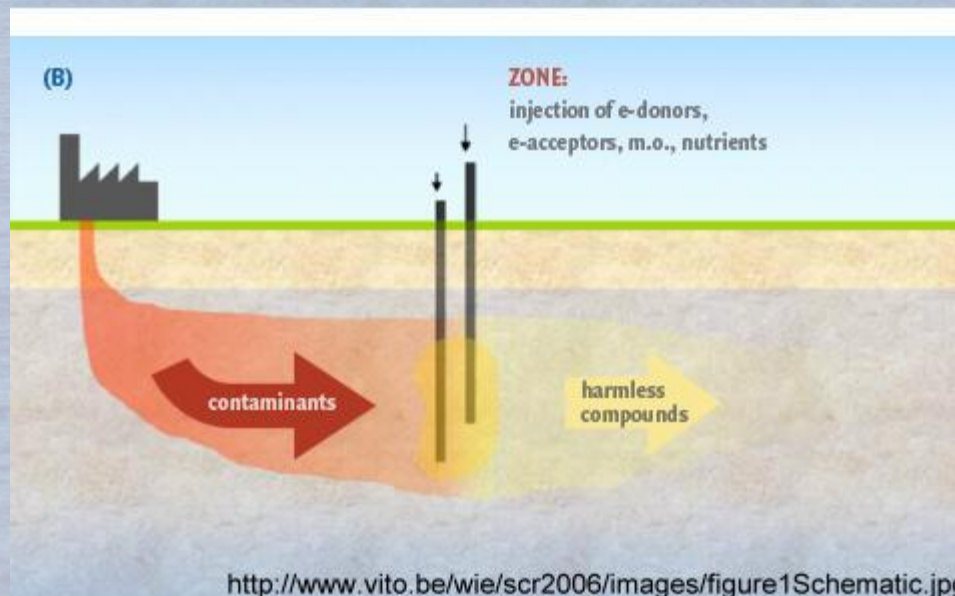
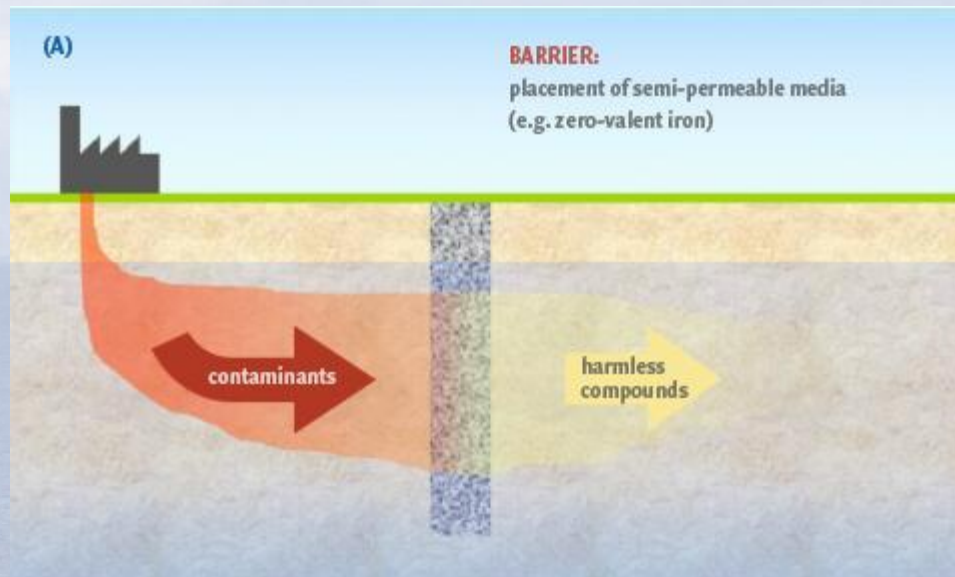
Remediação de aquíferos

- Bombeamento e Tratamento

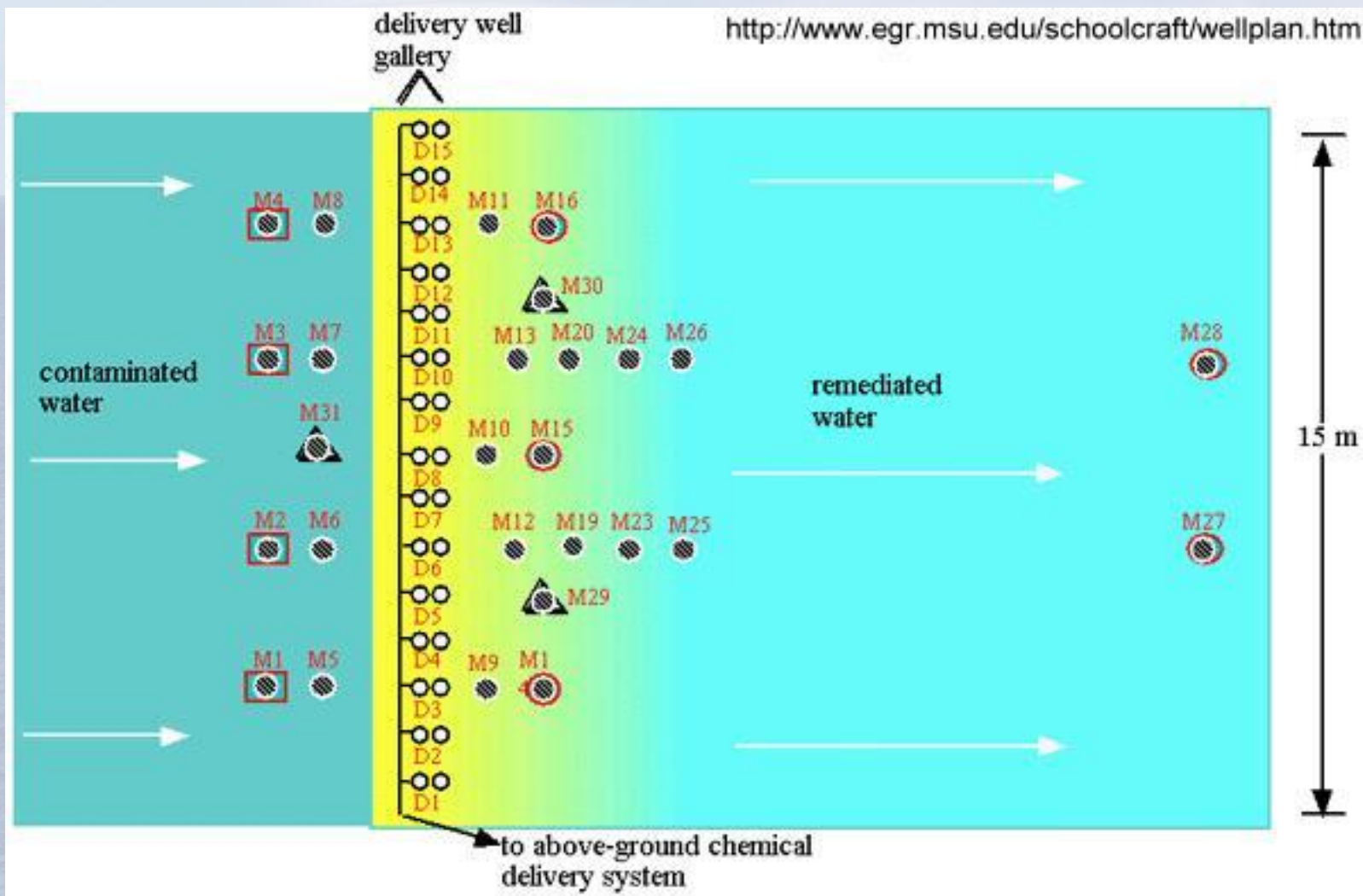


Remediação de aquíferos

- Barreiras reactivas

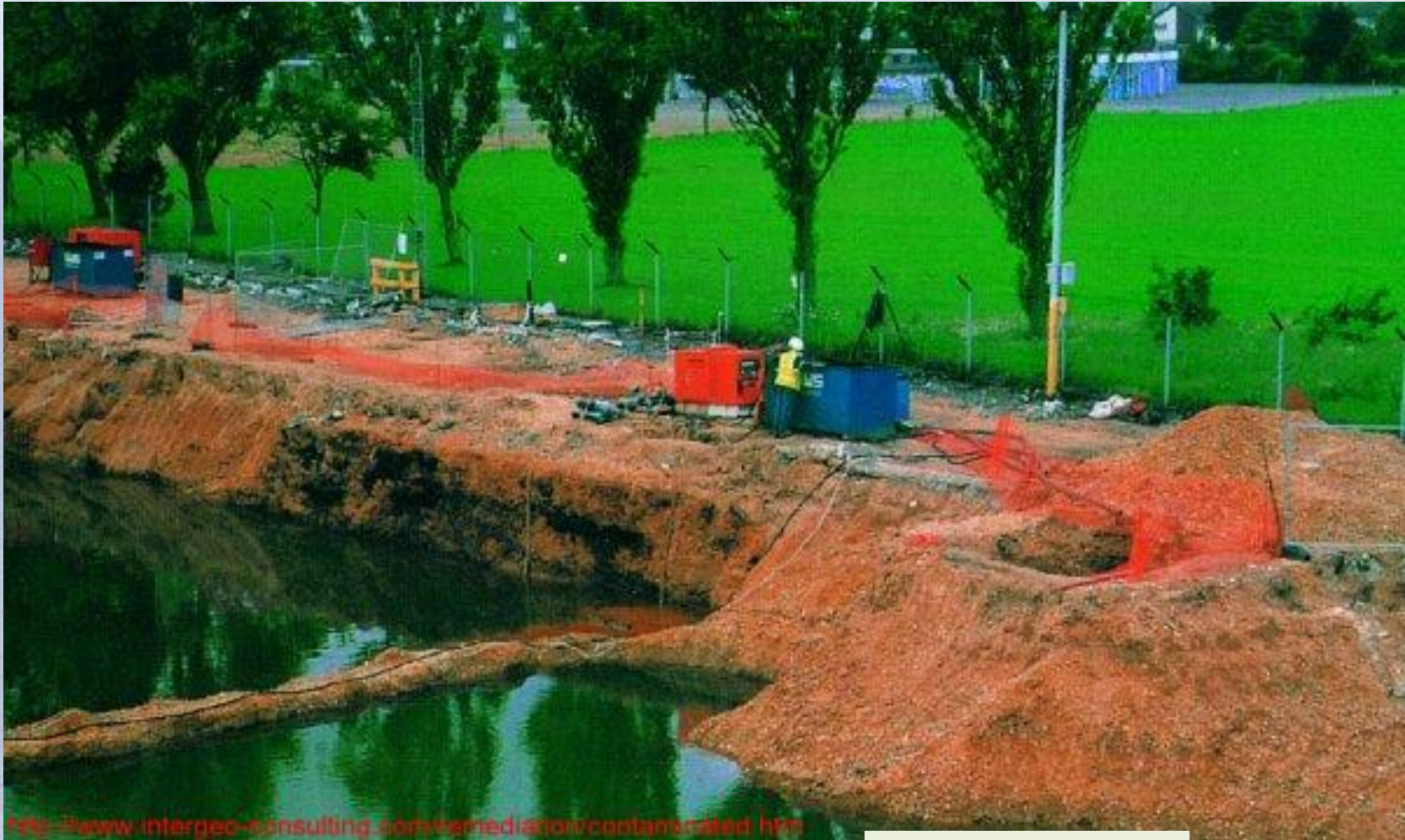


- Barreiras reactivas

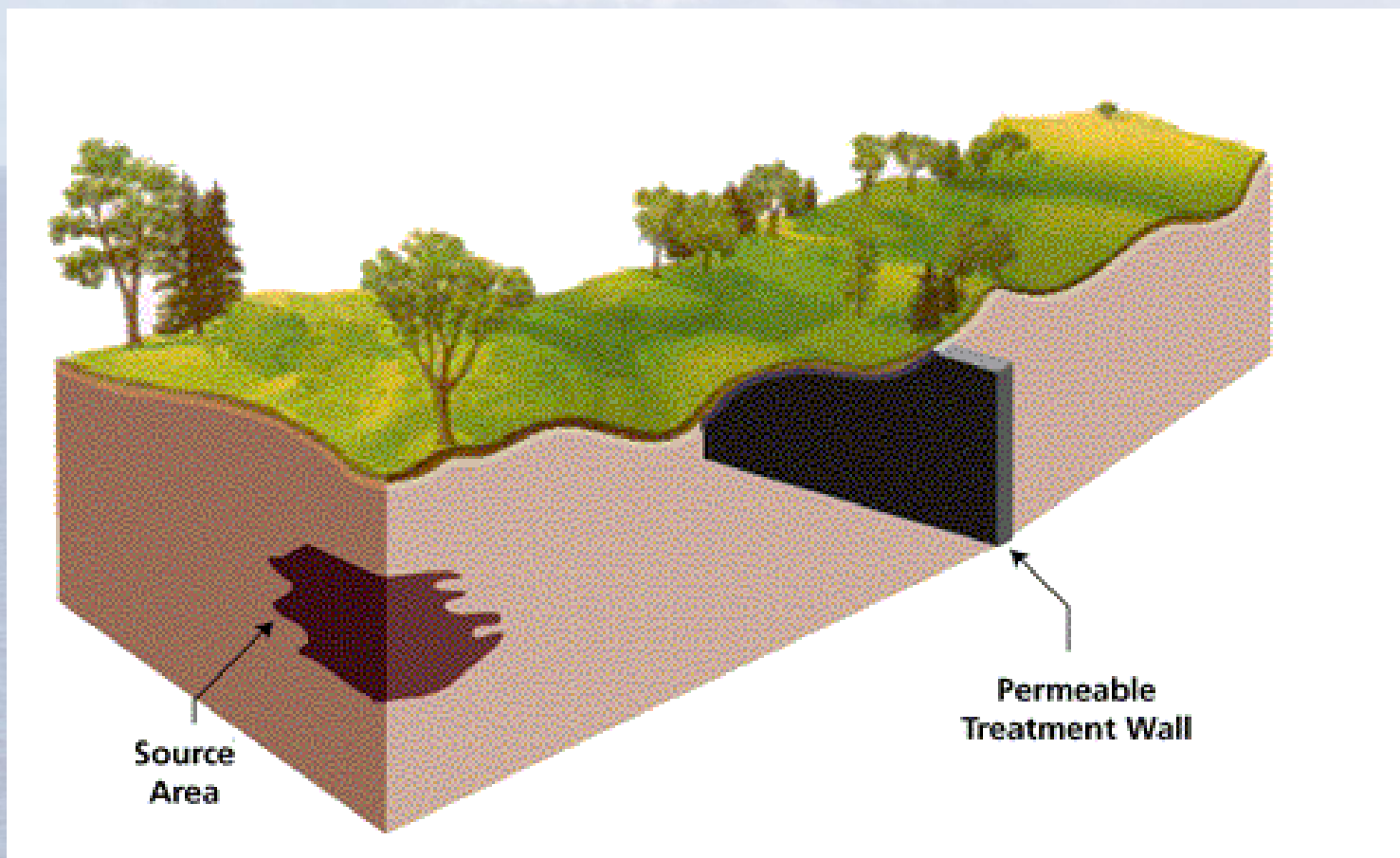


Remediação de aquíferos

- Barreiras reactivas



- Barreiras reactivas



<http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/Images/schematic.gif>

Água Subterrânea em Ambiente Urbano

As redes quantitativa e qualitativa devem ser, idealmente, independentes uma da outra, por dois motivos:

- Para que não haja perturbações nas medições de níveis cada vez que há recolha de amostras para laboratório
- Porque, como têm objectivos distintos, o seu posicionamento deve ter em consideração esses objectivos específicos, e nem sempre os mesmos locais são os apropriados para a monitorização da ambos os parâmetros

Água Subterrânea em Ambiente Urbano

- O ordenamento territorial deverá andar sempre associado a uma educação ambiental das populações.
- **A distribuição de água potável, a garantia de uma rede de águas residuais funcional e de uma rede de recolha de resíduos domésticos e industriais eficaz, em conjunto com uma população alertada para os riscos de consumo de águas de poços e de furos em meios urbanos são passos muito importantes para evitar problemas relacionados com o desregramento do uso dos recursos hídricos subterrâneos e sua contaminação.**

Água Subterrânea em Ambiente Urbano

- No caso de contaminação, a remediação é um processo sempre muito moroso e economicamente oneroso. A aposta tem de ser fundamentalmente na prevenção e no planeamento atempado do crescimento sustentado de áreas urbanas.

ÁGUA SUBTERRÂNEA

Corneanas, Portugal – 22,000 l/h

OBRIGADO!

