

Recursos hídricos subterrâneos: importância, oportunidades e impactos causados pela mudança climática no Brasil

USP

GW-MATE
World Bank

LAMO: Laboratório de Modelos Físicos
Instituto de Geociências

Ricardo Hirata
Bruno Conicelli



Importância das águas subterrâneas

Estima-se que 150 milhões utilizem o recurso na América Latina.

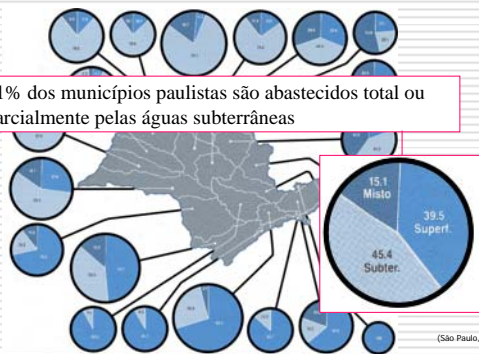
No mundo, 2 bilhões de pessoas dependem das águas subterrâneas

(Foster et al., 1987)

LAMO - laboratório de Modelos Físicos

Importância da água subterrânea no Estado de São Paulo

61% dos municípios paulistas são abastecidos total ou parcialmente pelas águas subterrâneas



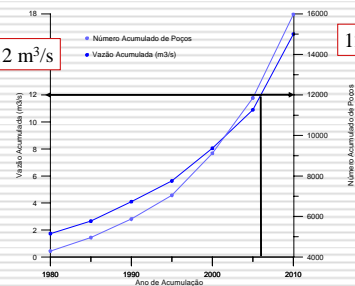
(São Paulo, 1990)

LAMO - laboratório de Modelos Físicos

Um exemplo de uso complementar na Bacia do Alto Tietê (cidade de São Paulo)

Vazão de 12 m³/s

12 mil poços



Evolução das perfurações e extrações de água subterrânea

USP - LAMO - laboratório de Modelos Físicos

As estatísticas oficiais da BAT mostram:

- ❑ Demanda total de 64 m³/s, suprida pela empresa concessionária, SABESP
- ❑ Embora a demanda total deveria levar em conta:
- ❑ 64 m³/s + 12 m³/s (subterrânea) = 76 m³/s
- ❑ Ou seja a demanda é muito maior

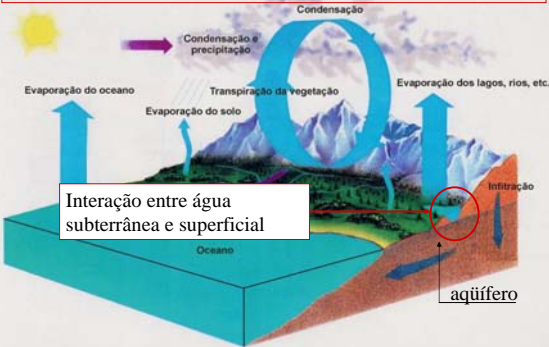
USP - LAMO - laboratório de Modelos Físicos

As estatísticas oficiais da BAT mostram:

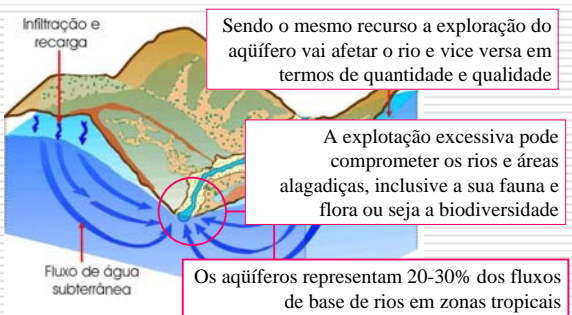
- ❑ Mas isso representa pouco mais de 15% do total da demanda.
- ❑ Se houver perda das águas subterrâneas devido à superexploração ou contaminação, o sistema público não atenderá a demanda total, pois está operando no limite
- ❑ Assim, se SP perder as águas subterrâneas, haverá o colapso de todo o sistema!

USP - LAMO - laboratório de Modelos Físicos

Vê-se que a interação águas superficiais e subterrâneas vai além da interação no próprio ciclo hidrológico, faltando uma visão e uma ação integrada de exploração de proteção do recurso



Importância das águas subterrâneas em corpos de águas superficiais e vice versa



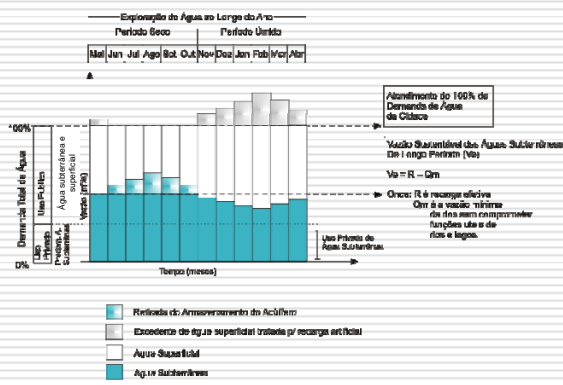
Características complementares entre rios e aquíferos

Rio	Aquífero
Reduzido armazenamento	Elevado armazenamento
Elevada vazão de extração	Reduzida vazão de extração
Reduzida qualidade natural (geral/e necessita tratamento)	Excelente qualidade natural
Vulneráveis à contaminação	Baixa vulnerabilidade
Extrovertidos (e populares)	Introvertidos (e escondidos)
Elevados investimentos	Reduzidos investimentos

O uso integrado do recurso hídrico superficial e subterrâneo

- O abastecimento de água de uma cidade ou empreendimento (agricultura, por exemplo) poderia tirar proveito dessas 'características complementares' dos aquíferos e rios.
- **Período úmido:** uso da água superficial e o excesso de água pode ser infiltrado (após tratamento) ou recarregado ao aquífero.
- **Período seco:** uso de água subterrânea, retirada do armazenamento

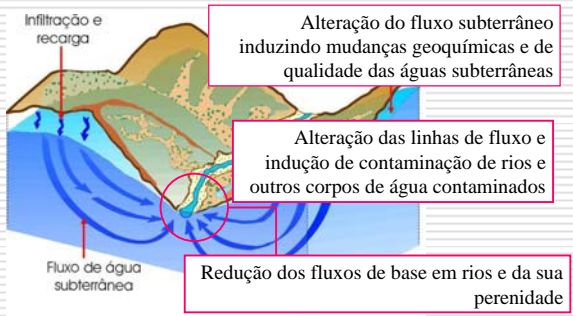
Integrando o manejo de algo que é naturalmente integrado: águas superficial e subterrânea



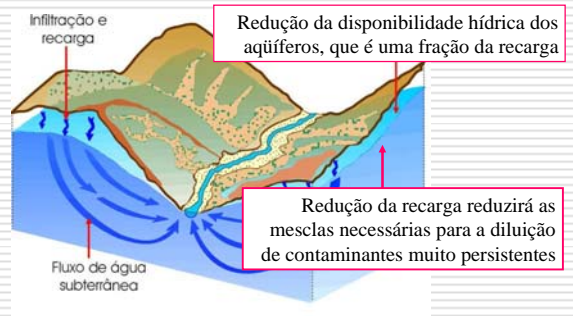
As mudanças climáticas podem causar problemas aos aquíferos:

1. **Diretos:** redução da recarga dos aquíferos
2. **Indiretos:** redução da oferta de água superficial (maiores períodos de estiagem ou de redução total de chuvas); induzindo maior exploração da água subterrânea (maior perfuração de poços), e se sem controle, a superexploração do aquífero

Redução da recarga de aquíferos e seus impactos:



Redução da recarga de aquíferos e seus impactos:



Redução da recarga de aquíferos e seus impactos:

- A diminuição na recarga também causará avanço da cunha de água salgada em aquíferos litorâneos e a redução de disponibilidade de água

Impacto das alterações climáticas de longo prazo na recarga dos aquíferos brasileiros para 2050

- Döll & Flörke (2005) obtiveram quatro diferentes cenários de alterações climáticas para a década de 2050
- Para se chegar a esses resultados, os autores basearam seus estudos nas duas previsões de emissões de gases de efeito estufa do IPCC cenários A2 (mais pessimista) e B2 (mais otimista)
- Os cenários de mudança climática foram gerados por dois modelos climáticos, o modelo ECHAM4 e o modelo HadCM3

Alterações climáticas na recarga dos aquíferos brasileiros para 2050

As áreas mais afetadas negativamente pelas mudanças climáticas na década de 2050 no Brasil são as mesmas áreas que hoje já apresentam grande vulnerabilidade, tanto do ponto de vista hidrológico e hidrogeológico, quanto do ponto de vista social

redução na recarga dos aquíferos na ordem de 70% a 30% na região Norte valores de recarga nos aquíferos na região Nordeste do Brasil, mais de 70% de redução



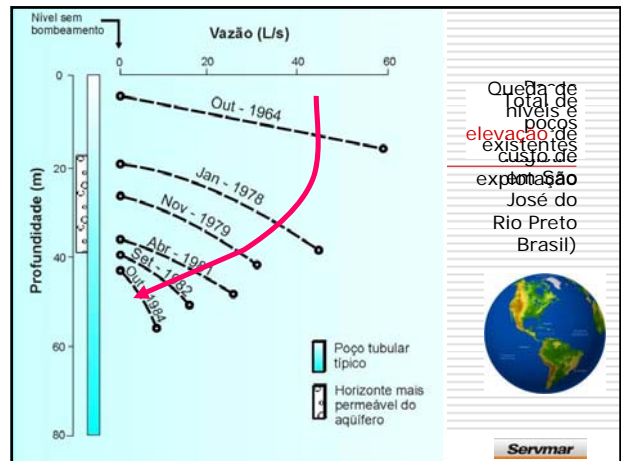
Alterações climáticas na recarga dos aquíferos brasileiros para 2050

A variação da recarga na disponibilidade de água a curto e médio períodos são mais notáveis em aquíferos livres e pouco afetam (dentro dessa ordem temporal) aquíferos confinados



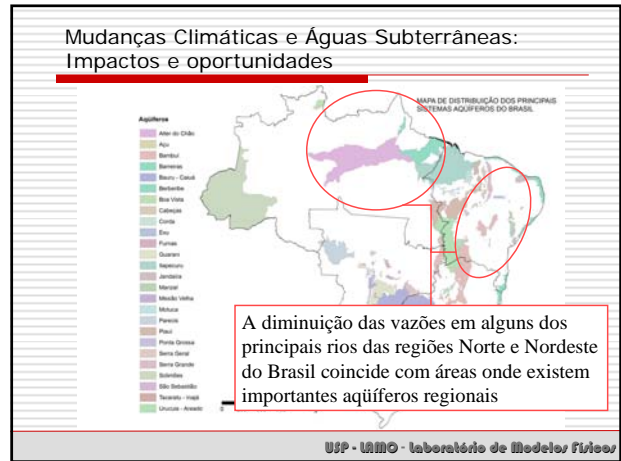
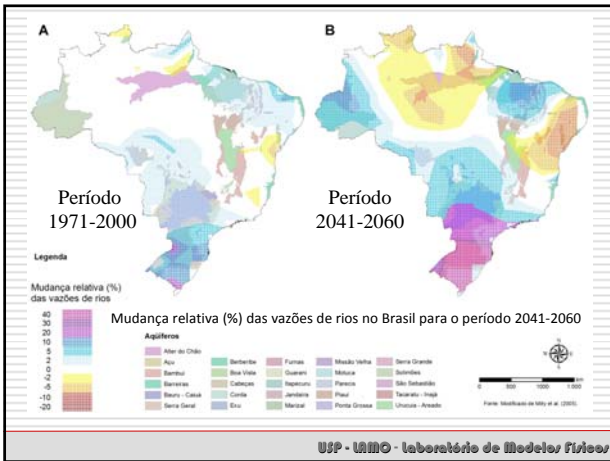
As mudanças climáticas podem causar problemas aos aquíferos:

1. **Diretos:** Redução da recarga dos aquíferos
2. **Indiretos:** Redução da oferta de água superficial (maiores períodos de estiagem ou de redução total de chuvas), induzindo maior exploração da água subterrânea (maior perfuração de poços), e se sem controle, a **superexploração** do aquífero



Queda de nível de poços existentes
elevação de poços existentes

exploração
José do Rio Preto (Brasil)



A diminuição das vazões em alguns dos principais rios das regiões Norte e Nordeste do Brasil coincide com áreas onde existem importantes aquíferos regionais

Impacto das alterações climáticas de longo prazo na recarga dos aquíferos brasileiros para 2050

O aquífero Beberibe é a principal fonte de água subterrânea usada na capital pernambucana, antes da seca de 1998-1999, o manancial subterrâneo participava com cerca de 20% da oferta de água para a cidade de Recife. Em 2000, a sua participação chegou a 60%, que corresponde a um total estimado de 4.000 poços, a maior parte deles particulares Santarém e a Ilha de Marajó

O aquífero ~~santarém~~ é intensamente utilizado para a irrigação na região da chapada do Apodi, ocorrendo rebaixamentos acentuados nos níveis estático e dinâmico dos poços tubulares que exploram esse aquífero na região de Baraúna (RN), onde existe intensa atividade de fruticultura irrigada

Aquífero	Recarga (mm/ano)	Explotação (mm/ano)	Salinidade (mg/L)	Profundidade (m)	Superfície (km²)	Estado
Beberibe	200,0	40,0	100	10	100	Pernambuco
Baraúna	200,0	40,0	100	10	100	Rio Grande do Norte
Santarém	200,0	40,0	100	10	100	Paraná
Ilha de Marajó	200,0	40,0	100	10	100	Paraná
Apodi	200,0	40,0	100	10	100	Rio Grande do Norte

Ações necessárias em P&D

1. Reconhecimento dos aquíferos brasileiros, através de cartografia específica, indicando a sua importância social, econômica e ecológica
2. Identificar e caracterizar as áreas de maior demanda do recurso no presente e as tendências de crescimento futuro

Ações necessárias em P&D

3. Estudos específicos dos impactos esperados das mudanças climáticas nos aquíferos importantes e estratégicos brasileiros, em particular:
 - a. na recarga e na disponibilidade hídrica nos aquíferos
 - b. no aumento da exploração da água subterrânea, advindo do incremento da demanda para aliviar o stress hídrico causado pela redução na oferta de água superficial
 - c. na mudança na qualidade das águas de recarga do aquífero

Ações necessárias em P&D

4. Estabelecer uma rede de monitoramento em áreas-chaves para acompanhar e avaliar os impactos das mudanças climáticas nos aquíferos
5. Desenvolver modelos de manejo de recursos hídricos que contemplem o recurso em suas duas expressões (superficial e subterrânea), tirando o melhor proveito de duas características, dentro de cenários previstos das mudanças climáticas

Ações necessárias em P&D

6. Fomentar a formação de hidrogeólogos no país, consolidando grupos de pesquisa em universidades e em centros de pesquisa.

Dr. Ricardo Hirata
Universidade de São Paulo
Banco Mundial - GWMATE
rhirata@usp.br
www.worldbank.org/gwmate