

Hidrogeologia e sociedade

Recursos hídricos e meio ambiente



7 bilhões:

EXPRESSO TERRA LOTADO

Um menino pobre que deve nascer em outubro, em Uttar Pradesh, na Índia, imprimirá um novo marco na história: será o sétimo bilionésimo habitante do planeta. O expresso Terra está lotado, mas é preciso dar "mais um passinho à frente" para acomodar 9 bilhões em 2030. Como vamos fazer isso?

POR RICARDO ARNT

Trens de peregrinos durante um feriado religioso, em Tanga, Bangladesh. O país e o

**Superpopulação – em
outubro de 2011
seremos 7 bi**





Ciclo hidrológico e água subterrânea

- Água como recurso natural
 - Água como agente geológico
 - Clima
 - Reservatórios
 - Aquíferos
-
- Consciência e consequências ambientais

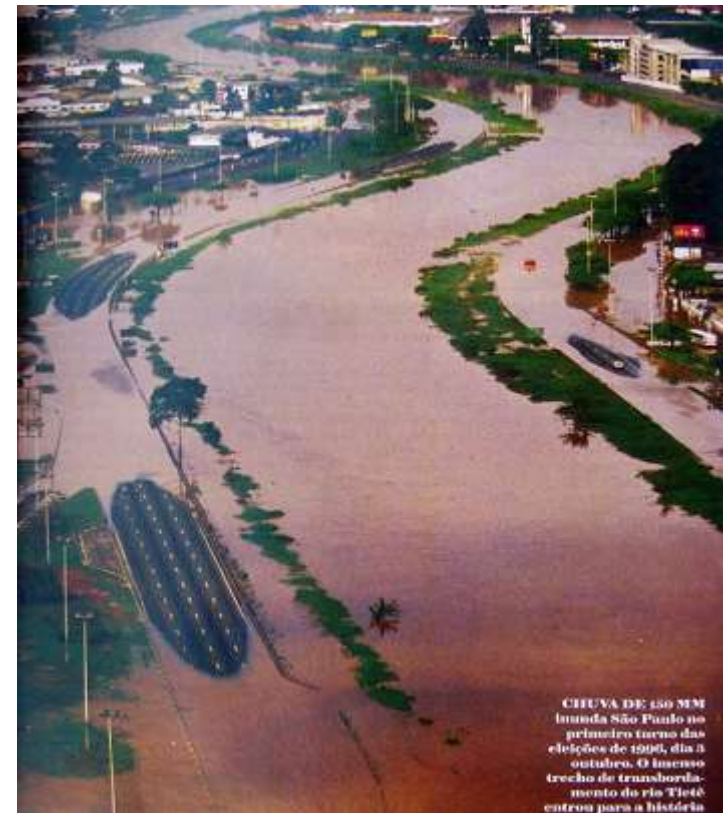
“Durante milhares de anos a mãe natureza atormentou o homem com tempestades, doenças e catástrofes. Agora que nós estamos vencendo essa guerra, ela vem pedir ajuda?”

Montgomery Burns





Modificações no leito
dos rios com a
urbanização
Rib. Arrudas – BH
e Tietê - SP



CHUVA DE 150 MM
inunda São Paulo no
primeiro turno das
eleições de 1996, dia 3
outubro. O imenso
trecho de transborde-
mento do rio Tietê
entra para a história

Enchentes e deslizamentos em Santa Catarina





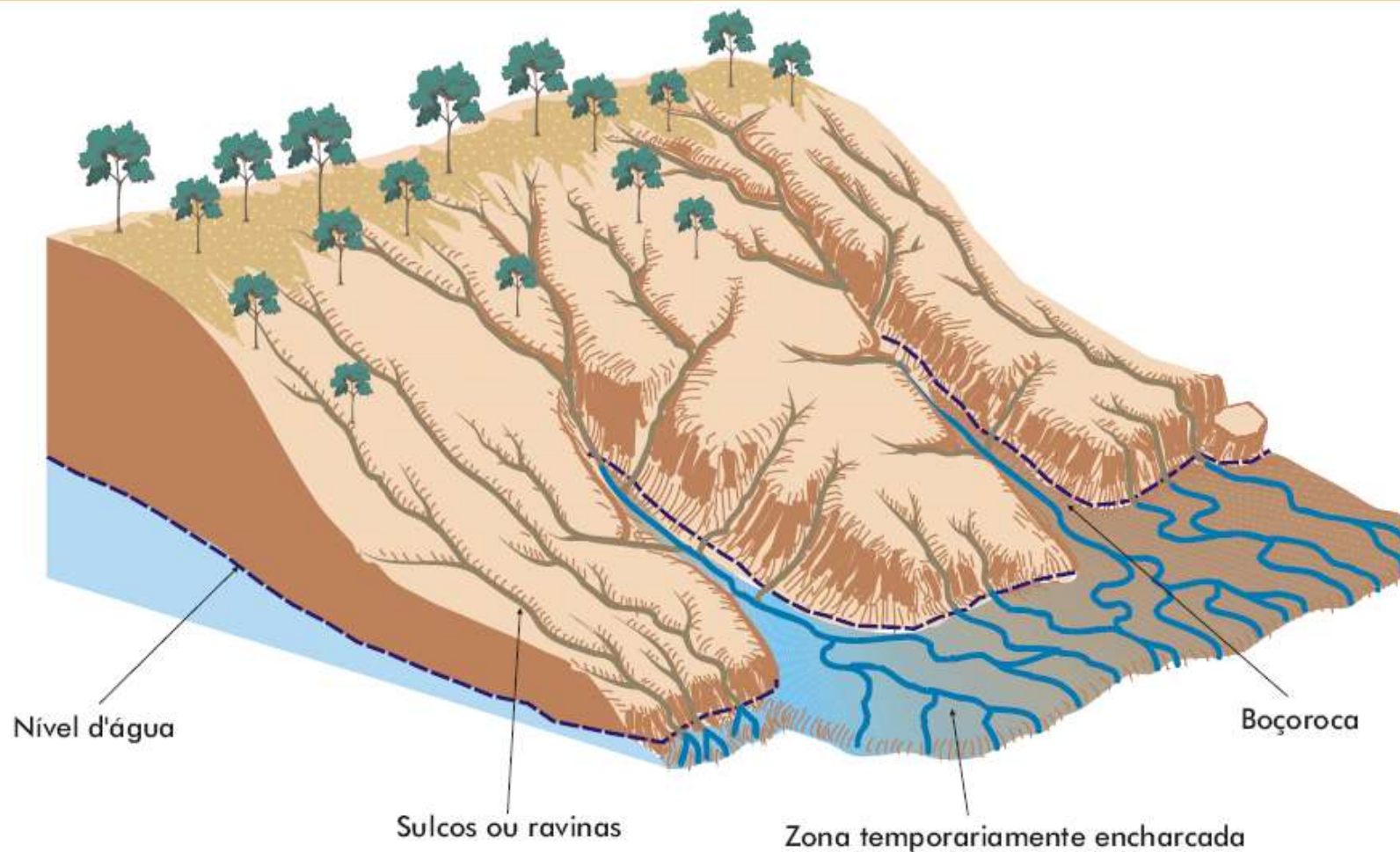


Fig. 7.12 Morfologia de sulcos e boçorocas.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



Ocupação inadequada e seca na Amazônia

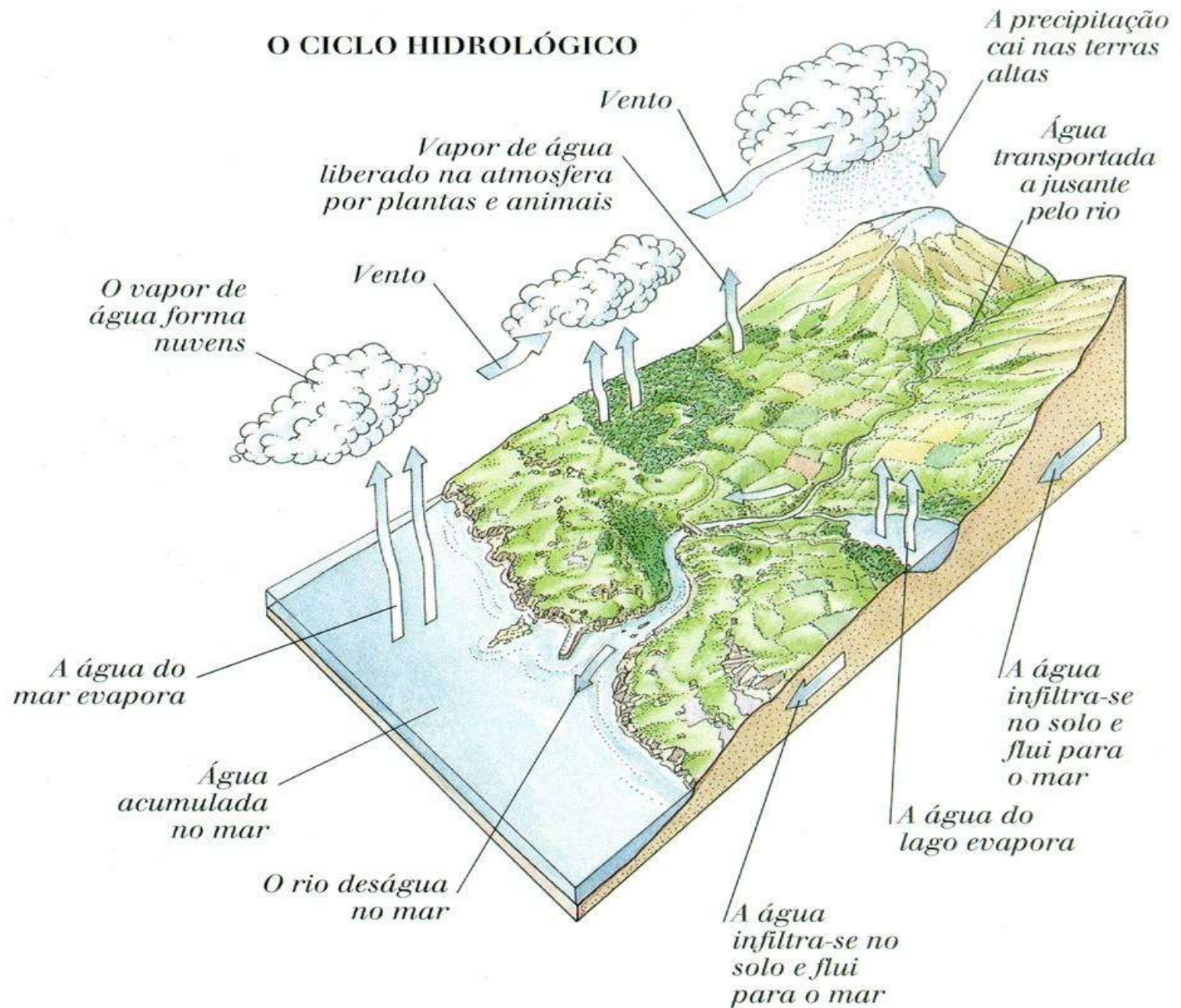


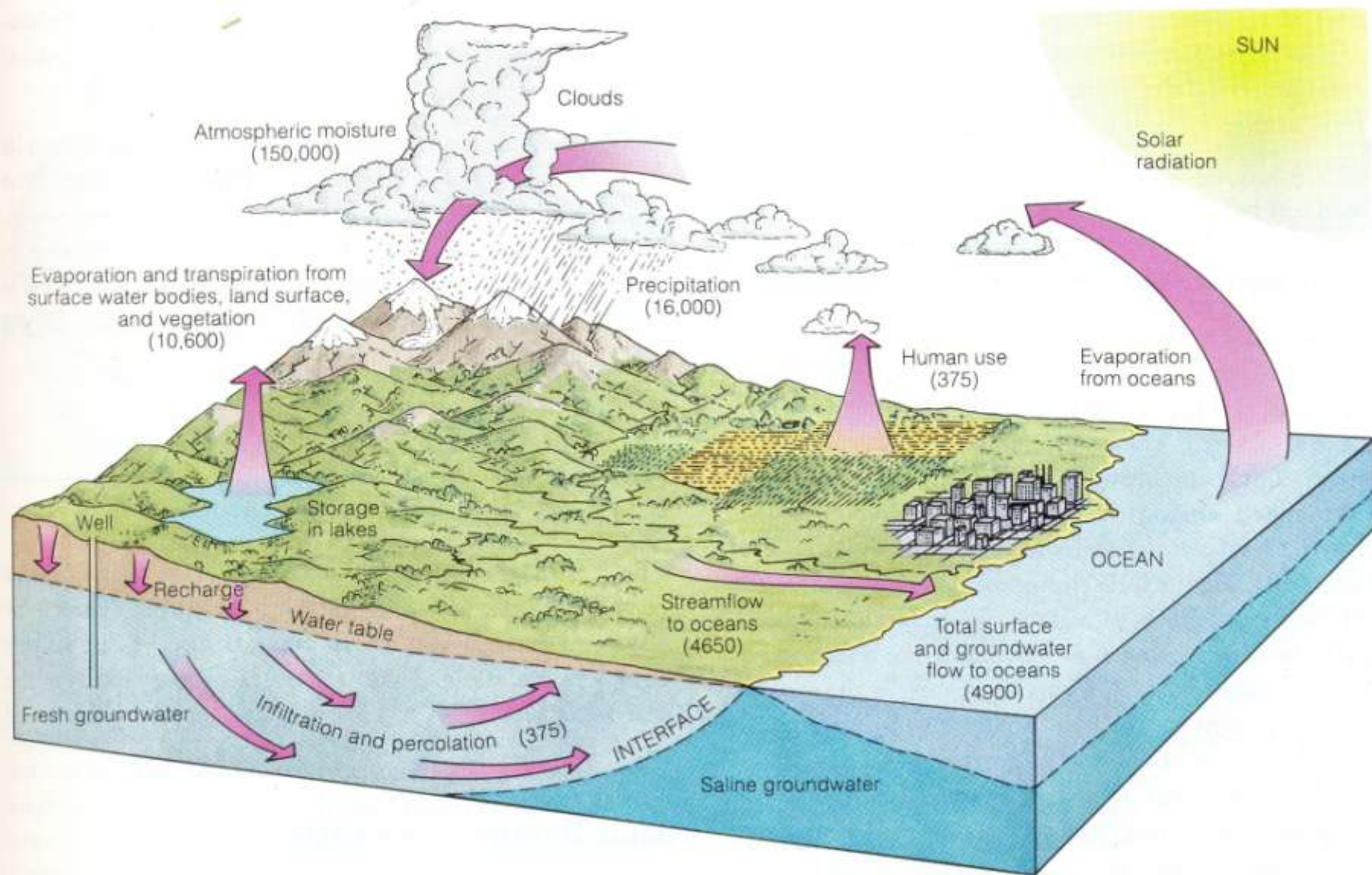


O uso racional e a política da água



O CICLO HIDROLÓGICO





▲ **FIGURE 1.11**

The hydrologic cycle.

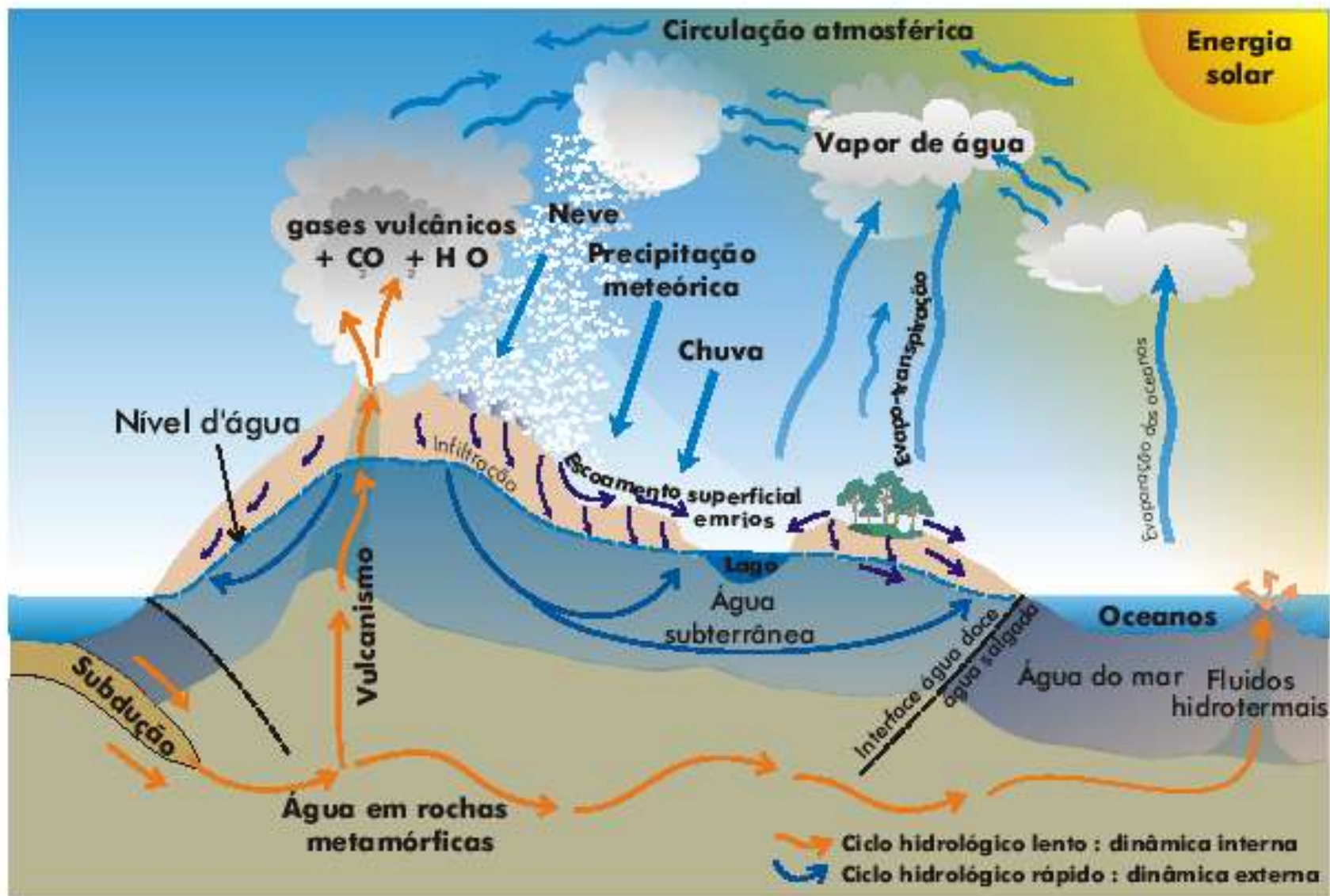
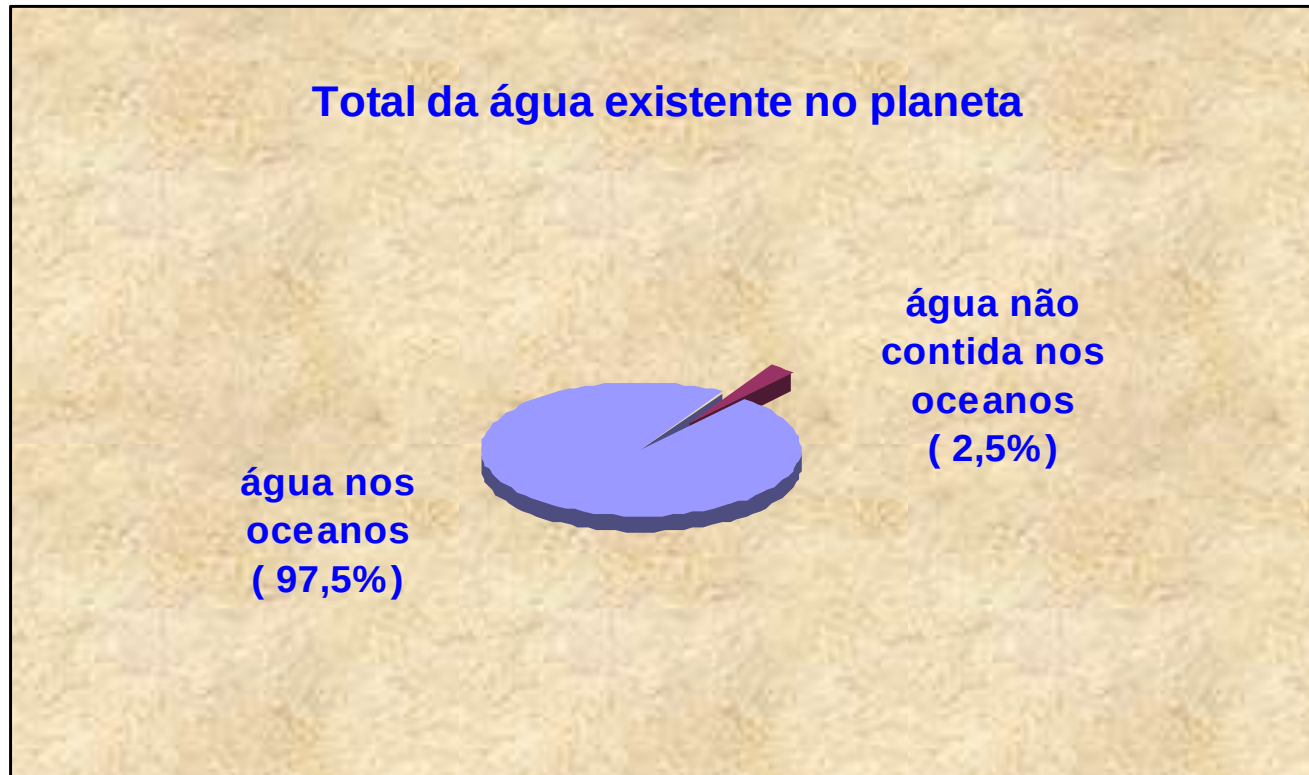


Fig. 7.1 O ciclo hidrológico.

RESERVATÓRIOS DO SISTEMA HIDROLÓGICO



Total de água no planeta	Km ³	%
H ₂ O nos oceanos	1.326.000.000	97,5
H ₂ O nos Continentes	34.000.000	2,5
Total	1.360.000.000	100,0

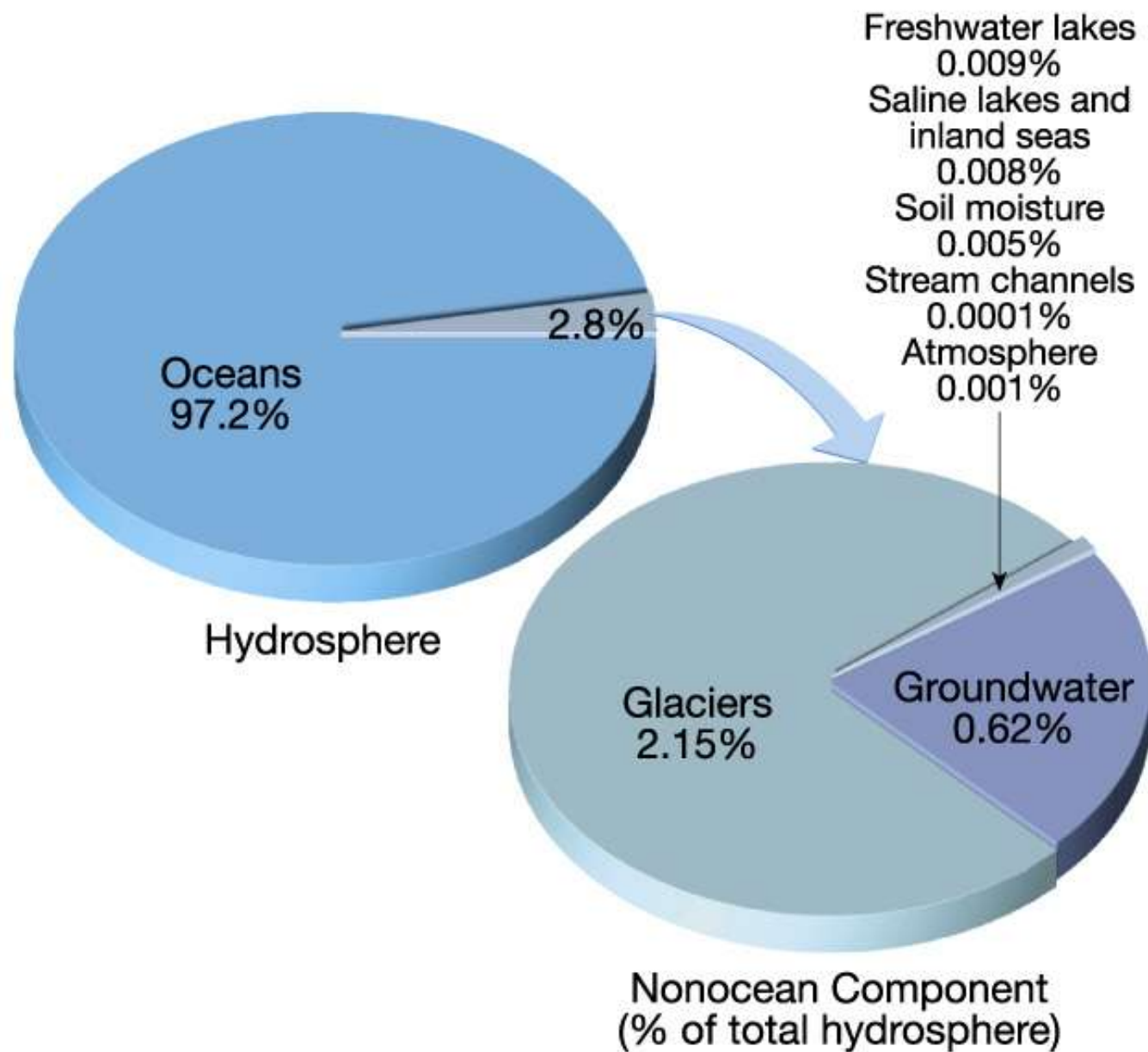
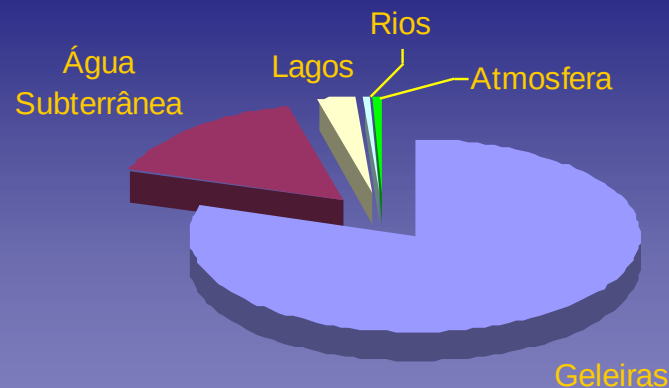


Tabela 7.1 Distribuição de água nos principais reservatórios naturais. A água doce líquida disponível na Terra corresponde praticamente à água subterrânea.

Reservatório	Volume (km ³ x 10 ⁶)	Volume (%)	Tempo médio de permanência
Oceanos	1.370	94	4.000 anos
Geleiras e capas de gelo	30	2	10 - 1000 anos
Águas subterrâneas	60	4	2 semanas a 10.000 anos
Lagos, rios, pântanos e reservatórios artificiais	0,2	<0,01	2 semanas a 10 anos
Umidade nos solos	0,07	<0,01	2 semanas a 1 ano
Biosfera	0,0006	<0,01	1 semana
Atmosfera	0,0130	<0,01	~ 10 dias

H₂O doce na Hidrosfera

Água do planeta não contida nos oceanos



Água não contida nos oceanos	Km ³	%	% do total do planeta
Geleiras	27.200.000	80,000	2,000
Água Subterrânea	6.540.000	19,20	0,481
Lagos	230.000	0,70	0,017
Rios	15.000	0,05	0,001
Atmosfera	15.000	0,05	0,001
Total	34.000.000	100,000	2,500

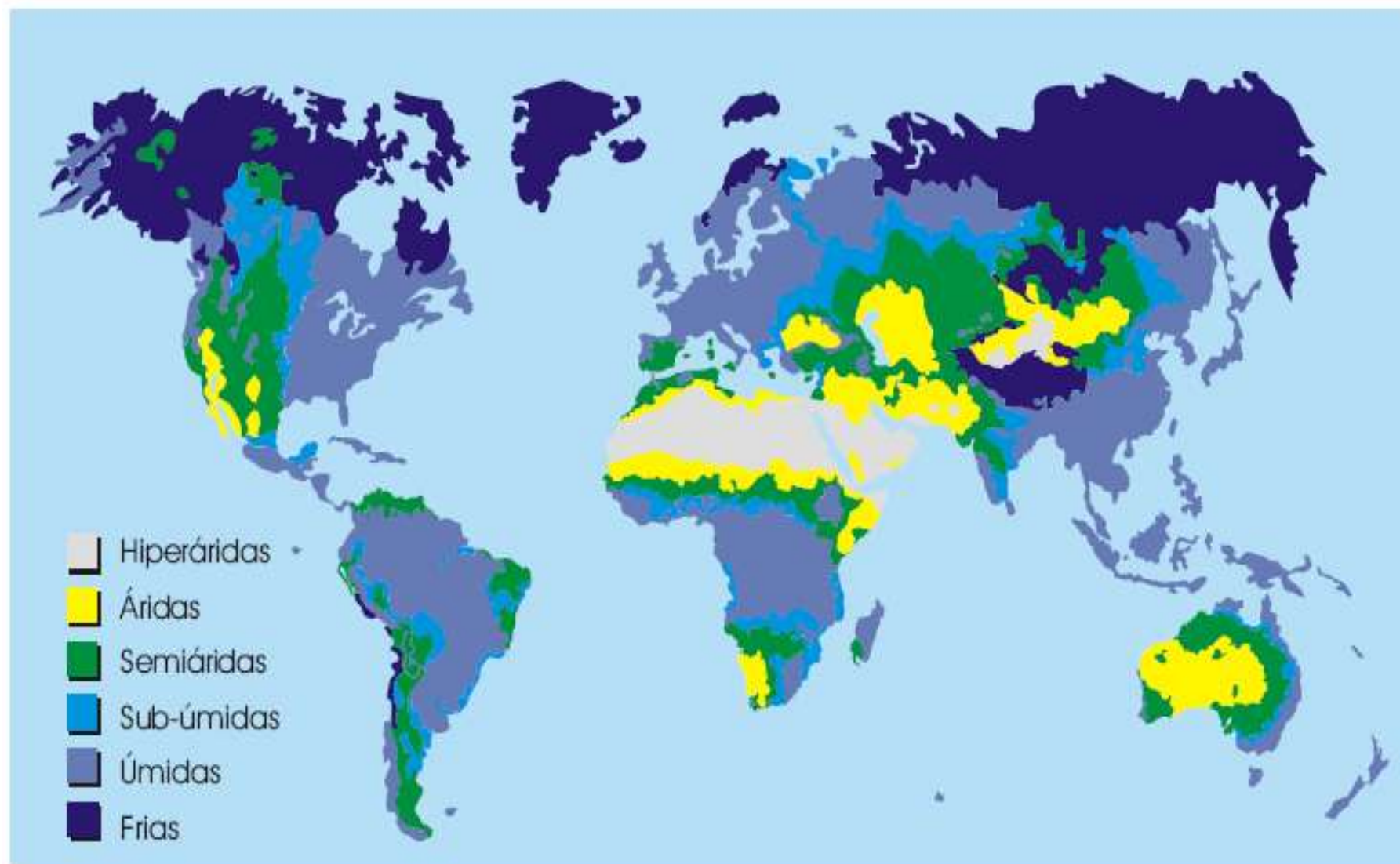


Fig. 20.1 Distribuição das regiões secas e úmidas no planeta. Fonte: Nações Unidas, 1997.

A ÁGUA NO MUNDO

A escassez de água já atinge mais de 50% da população mundial

O homem pode passar 28 dias sem comer,
mas só resiste 3 dias sem beber



*O conceito de que
a água é um **recurso inesgotável**
há muito está superado, embora a
massa de água no planeta seja muito
superior à de terra*

ESCASSEZ NA ABUNDÂNCIA

- 2,2 milhões de pessoas morrem todo ano por escassez ou água contaminada
- 6.000 crianças morrem por dia devido a falta de água potável e saneamento básico

• 50% dos leitos hospitalares ocupados em decorrência de doenças causadas pela escassez / contaminação das águas

Banco Mundial



NÚMEROS SOBRE ÁGUAS NO BRASIL

12% das reservas mundiais de água doce

72% dos recursos são produzidos na Bacia do Amazonas

70% dos rios estão contaminados

80% dos esgotos domiciliares não recebem tratamento

69% da população rural não contam com abastecimento de água potável.

Fórum Nacional das Águas - Poços de Caldas - Junho 2003



MAURÍCIO DE PAIVA

Água é lazer: no interior do Amapá, crianças brincam na cidade de Serra do Navio. Na Amazônia está a maior bacia hidrográfica do planeta.

Distribuição de água e coleta de esgoto (em % de domicílios)

A maior parte dos domicílios brasileiros é atendida com rede de distribuição de água. O mesmo não se confirma com relação à rede coletora de esgoto, inexistente na maioria das residências. Veja essa situação no gráfico:



Fonte: COPPE/UFRJ, 2010



Atividades humanas ligadas à água – Rio Parnaíba PI/MA



Água e geração de energia – Represa de Furnas – MG - 2001

Transposição do Rio São Francisco



Operários aderiram ao plano da política transposição do São Francisco. Grandes canais serão sendo construídos em dois eixos, norte (com 400 quilômetros) e leste (200 quilômetros), para ligar o rio a bacias hidrográficas, que possuem a sua própria. A construção é de duas etapas: entre 2007 e 2012. Um ano depois, o trecho norte deverá estar finalizado.

RESERVATÓRIOS

- Oceanos
- Geleiras
- Aquíferos
- Rios e lagos
- Atmosfera
- Biosfera

OCEANOS

97,5% do total (1.326.000.000 km³)

Saídas = evaporação (100%)

Entradas = precipitação (90%)

escoamento dos continentes (10%)

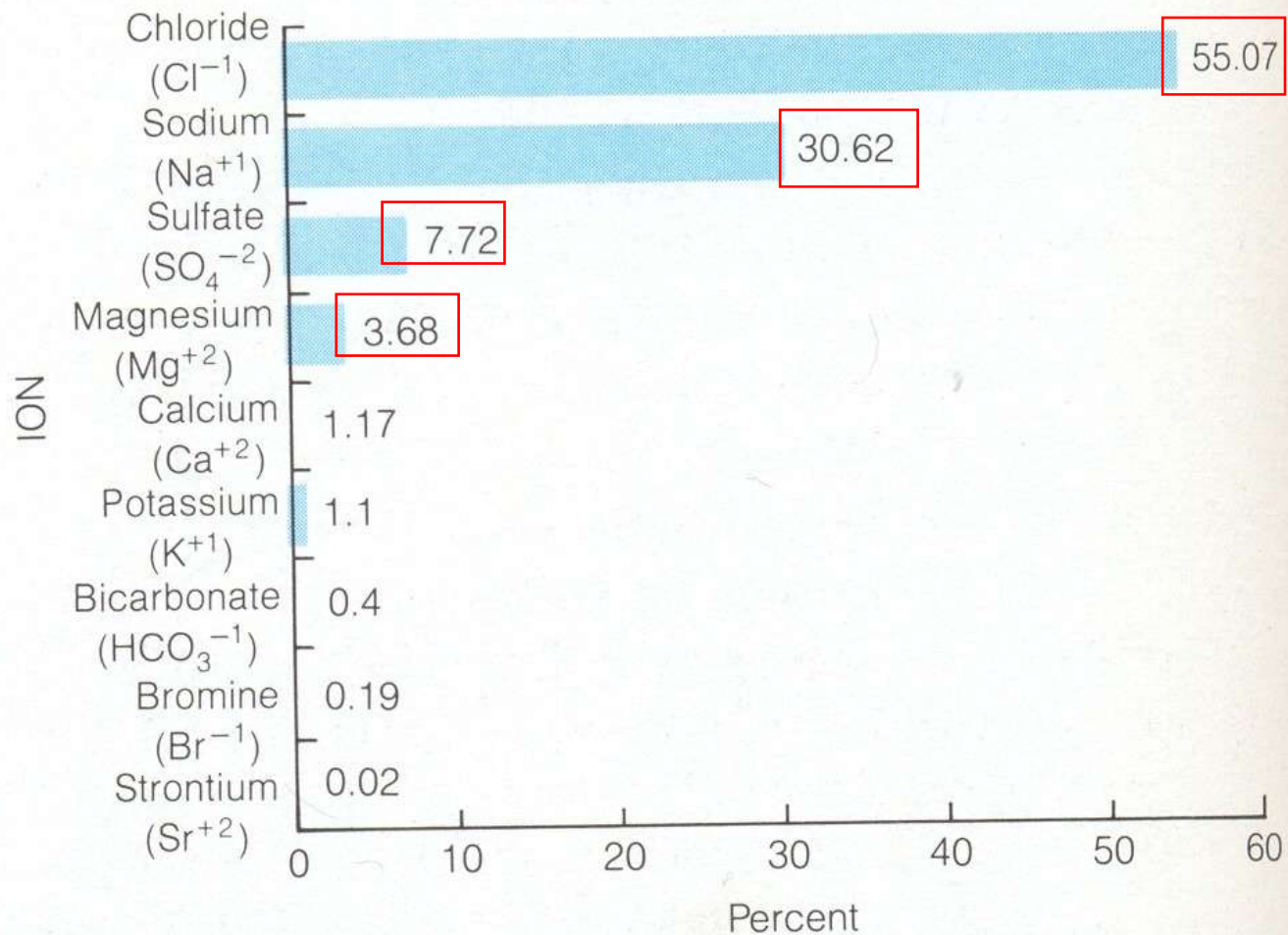


FIGURE 14.1 Graph showing weight percent of major constituents of sea water, listed as principle ions in solution.

SALGADO QUE VIRA DOCE

A dessalinização é utilizada nas plataformas petrolíferas, nas embarcações e nas sondas, para se obter água potável. Assim, evita-se trazer e consumir o líquido do continente. Em 2009, foram des-salinizados cerca de 1 bilhão de litros de água (2,74 milhões de litros ao dia).



● Israel investe pesado em dessalinização

A maior usina de dessalinização do mundo foi inaugurada em fevereiro na cidade de Hadera (Israel), à beira do Mediterrâneo. A um custo total de quase US\$ 500 milhões, a planta – a terceira desse tipo no país – capta água do mar e a torna potável. A produção estimada, de 127 milhões de metros cúbicos de água por ano, poderá abastecer um sexto da população israelense. O país, que vive em situação de risco quanto ao abastecimento de água, já está construindo mais duas usinas.

GELEIRAS

- 2% do total do planeta (27.200.000 km³)
- 2% + 97,5% = 99,5% (águas não disponíveis, em geleiras e águas salgadas em oceanos)
- 80% de águas não oceânicas
- Concentradas na Antártida (90%) e Groenlândia (9%)



Águas de degelo são importantes fontes para consumo



ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

- 0,48% do total do planeta
- 2,5% deste reservatório = **umidade do solo**



LAGOS

- 0,017% do total do planeta ou
- 0,7% do total das águas não Oceânicas
- Tempo de Residência ~ 100 a 200 anos



RIOS

- 0,001% do total do planeta (a mesma da atmosfera)
- 0,05% da água doce
- Embora o volume deste reservatório seja pequeno num dado instante, o volume total que o atravessa é muito grande!



ATMOSFERA



- Elo fundamental entre os reservatórios do Sistema Hidrológico
- 0,001% do total do planeta (a mesma de todos os rios)

Armada de 1900 barcos geradores de nuvens quer afundar o aquecimento global



BIOSFERA

- Homens, animais e vegetais
- quantidade extremamente pequena



Tabela 20.1 Descarga dos rios dos países mais ricos e mais pobres em água do planeta.

País	Descarga média dos rios (km³/s)	País	Descarga média dos rios (km³/s)
Brasil	6.220	Malta	15
Rússia	4.059	Gaza	46
EUA (incluindo Alasca)	3.760	União dos Emirados Árabes	500
Canadá	3.290	Líbia	600
China	2.800	Singapura	600
Indonésia	2.530	Jordânia	680
Índia	1.850	Israel	750
Colômbia	1.200	Chipre	900
Peru	1.100		
Comunidade Econômica Européia (15 países)	1.171		



TABLE 10.1 World's Largest Rivers Ranked by Discharge

Rank	River	Country	Drainage Area		Average Discharge	
			Square kilometers	Square miles	Cubic meters per second	Cubic feet per second
1	Amazon	Brazil	5,778,000	2,231,000	212,400	7,500,000
2	Congo	Zaire	4,014,500	1,550,000	39,650	1,400,000
3	Yangtze	China	1,942,500	750,000	21,800	770,000
4	Brahmaputra	Bangladesh	935,000	361,000	19,800	700,000
5	Ganges	India	1,059,300	409,000	18,700	660,000
6	Yenisei	Russia	2,590,000	1,000,000	17,400	614,000
7	Mississippi	United States	3,222,000	1,244,000	17,300	611,000
8	Orinoco	Venezuela	880,600	340,000	17,000	600,000
9	Lena	Russia	2,424,000	936,000	15,500	547,000
10	Parana	Argentina	2,305,000	890,000	14,900	526,000



Água subterrânea

- Escoamento e infiltração
- Clima
- Fluxo subterrâneo

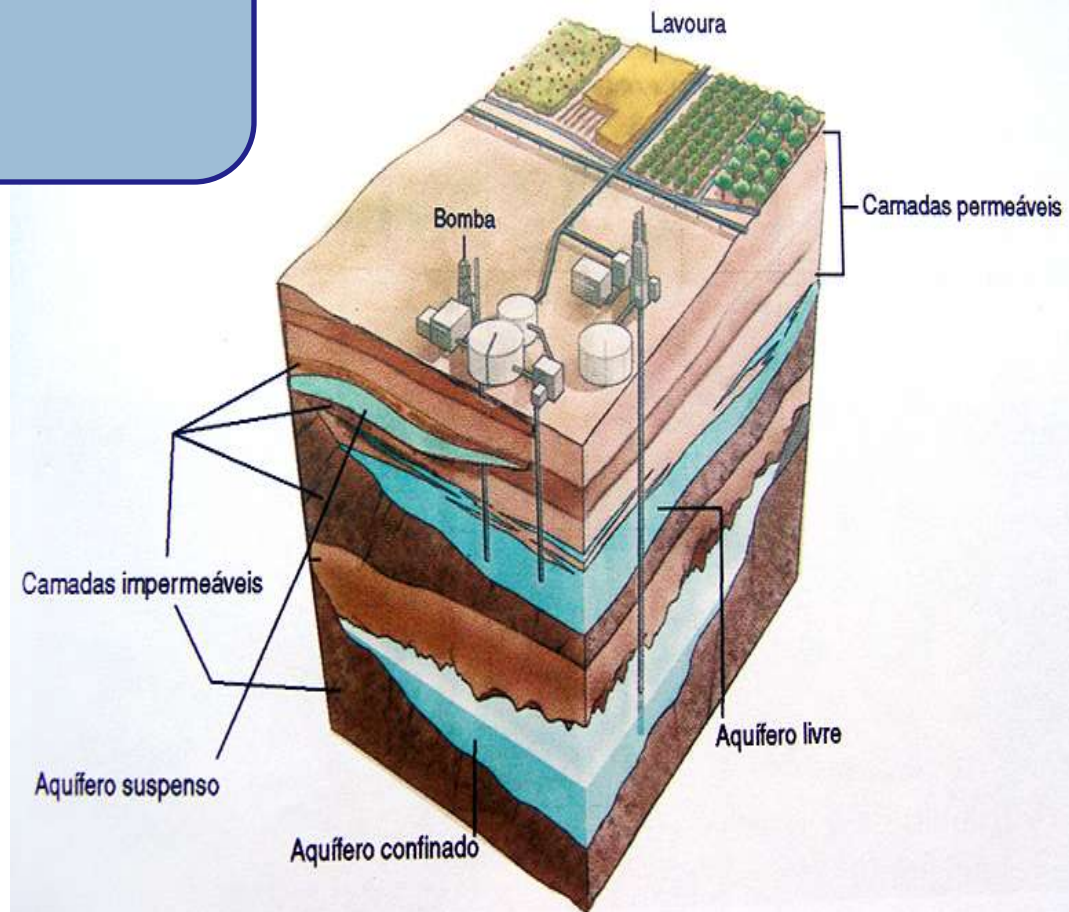




Fig. 20.4 Importância das águas subterrâneas para o abastecimento público na América Latina e Caribe.

Conceitos

- **Porosidade** – volume de vazios
- **Permeabilidade** – conectividade entre os vazios, capacidade de transmitir fluidos por estes vazios
- Todas as rochas permeáveis podem ser porosas mas nem todas as rochas porosas são permeáveis

Rochas, estruturas e porosidade

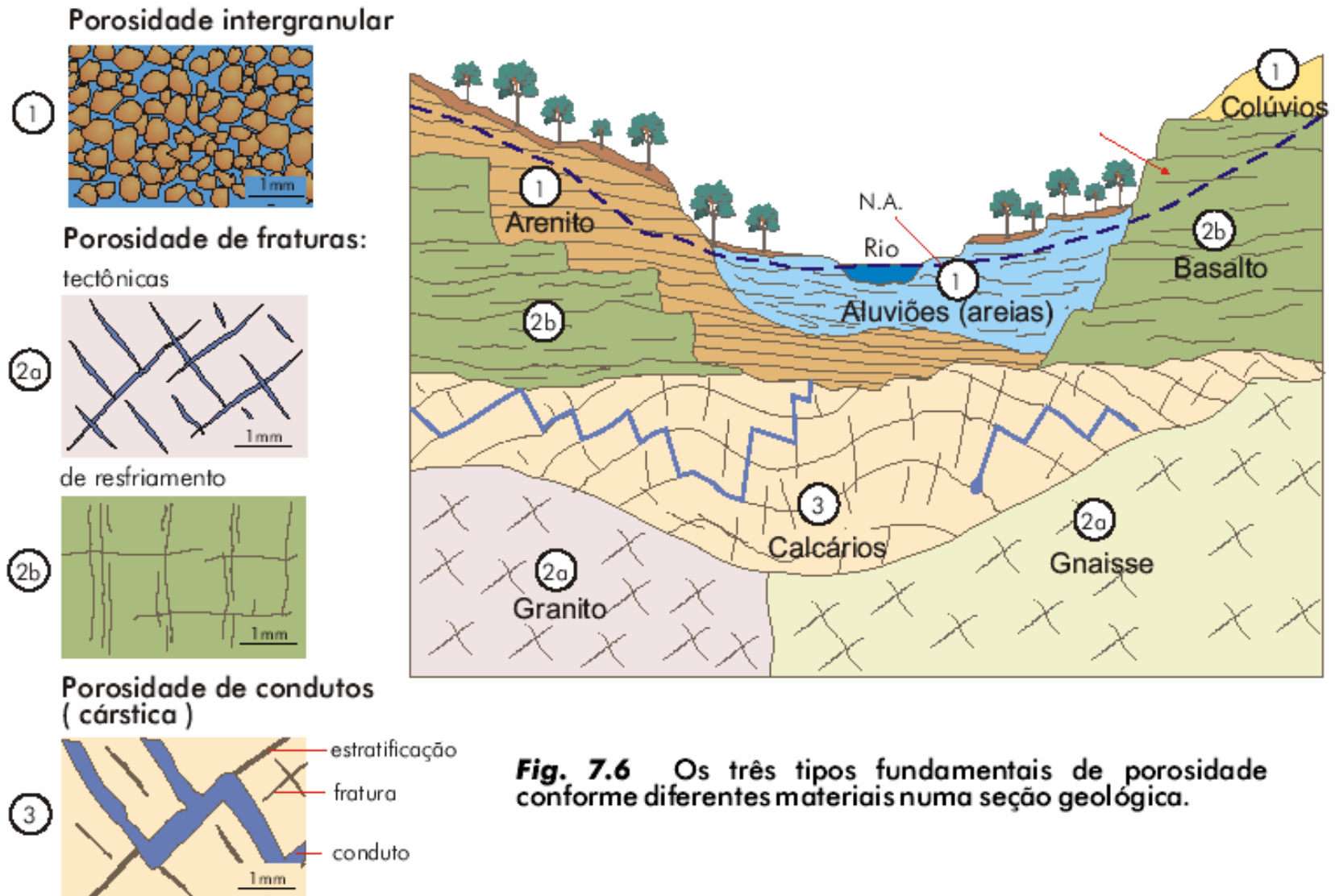


Fig. 7.6 Os três tipos fundamentais de porosidade conforme diferentes materiais numa seção geológica.

Tabela 7.2 Volume de poros e tamanho de partículas em sedimentos. Notar a diminuição da permeabilidade com o aumento da porosidade e redução do tamanho da partícula.

Material	Tamanho das partículas, mm	Porosidade %	Permeabilidade
Cascalho	7 a 20	35,2	Muito alta
Areia grossa	1 a 2	37,4	Alta
Areia fina	0,3	42	Alta a média
Siltes e argila	0,04 a 0,006	50 a 80	Baixa a muito baixa

- **Aqüífero** – unidade que armazena e transmite água subterrânea
 - **Aqüífugo** – unidade que não tem conectividade entre os poros (não absorvem nem transmitem)
-
- Aqüicludo – unidade com baixa capacidade de transmissão, embora possa estar saturada
 - Aqüitarde – unidade que tem baixa produção em relação a outras

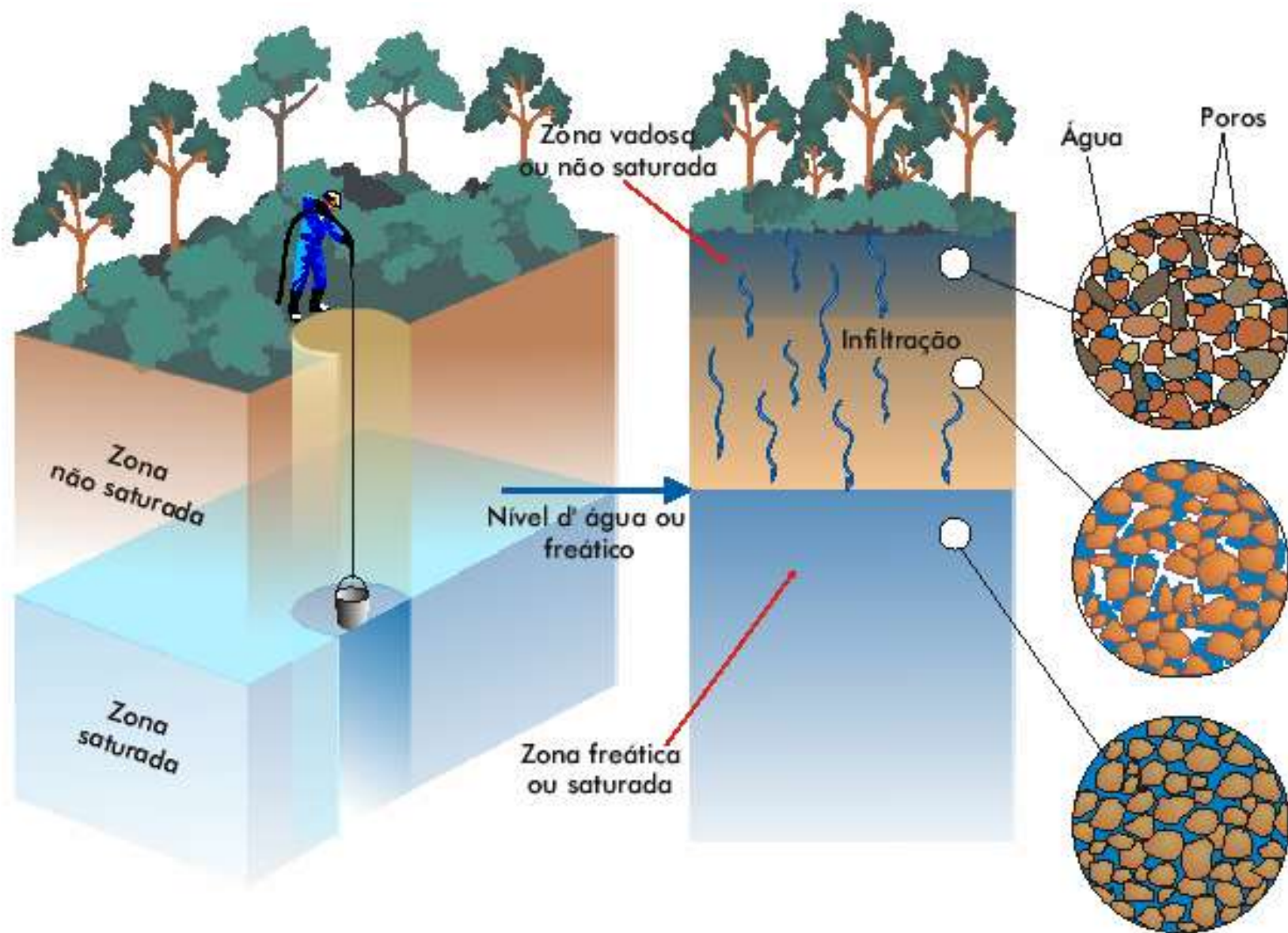


Fig. 7.3 Distribuição de água no subsolo.

Fluxo de águas subterrâneas

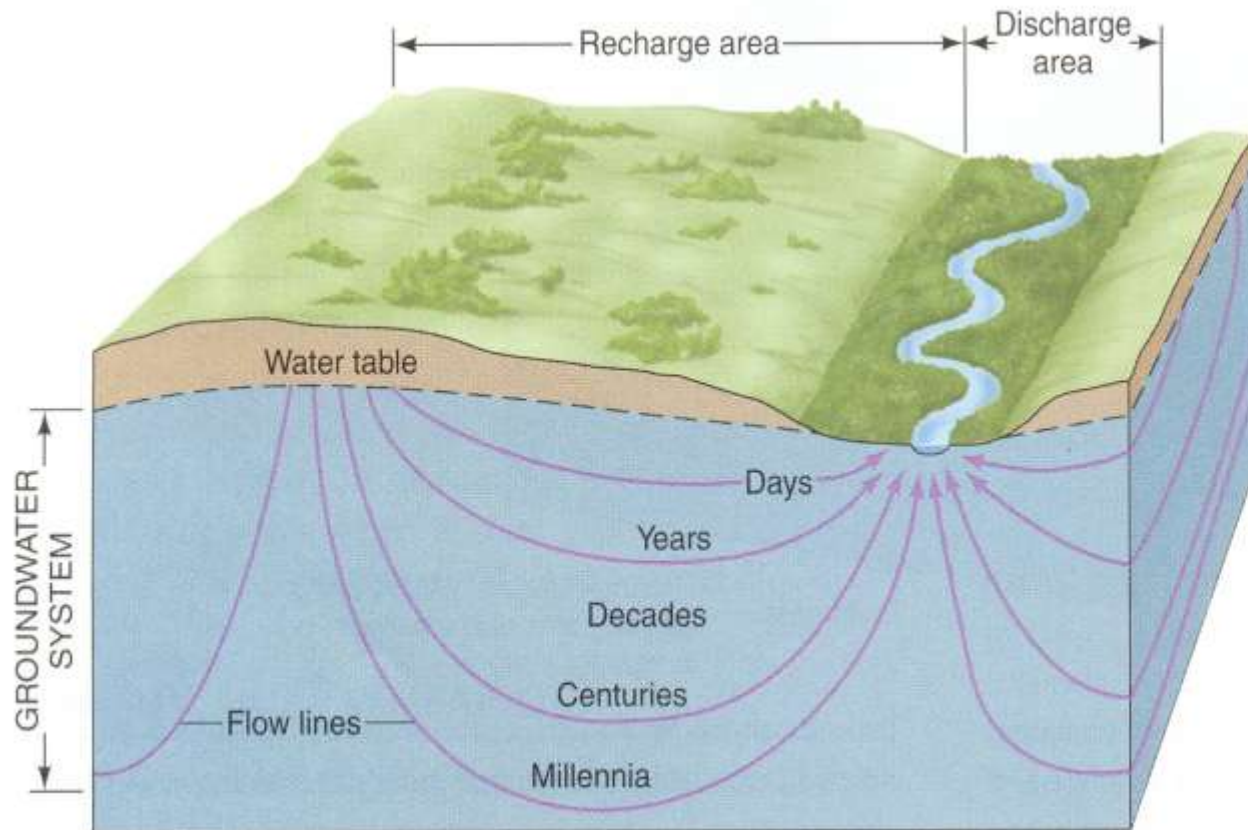


Figure 15.5 Groundwater Flow Paths of groundwater flow in a humid region in uniformly permeable rock or sediment. Long, curved arrows represent only a few of many possible paths. Springs are located where the water table intersects the land surface.

Fluxo de águas subterrâneas em regiões tropicais e áridas

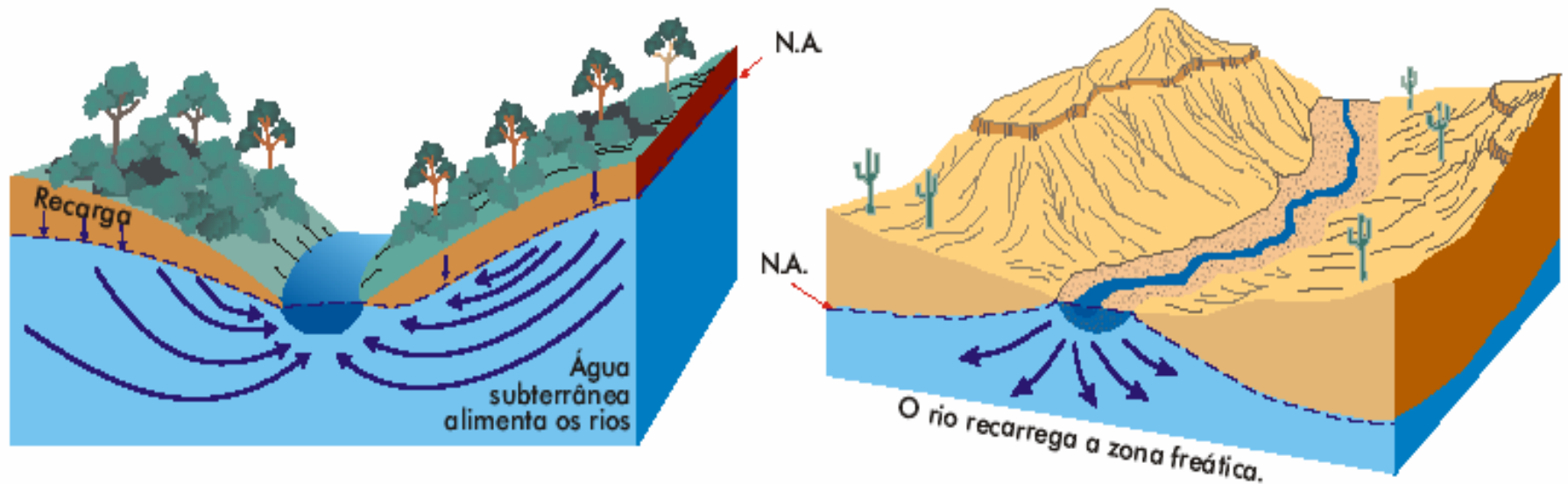
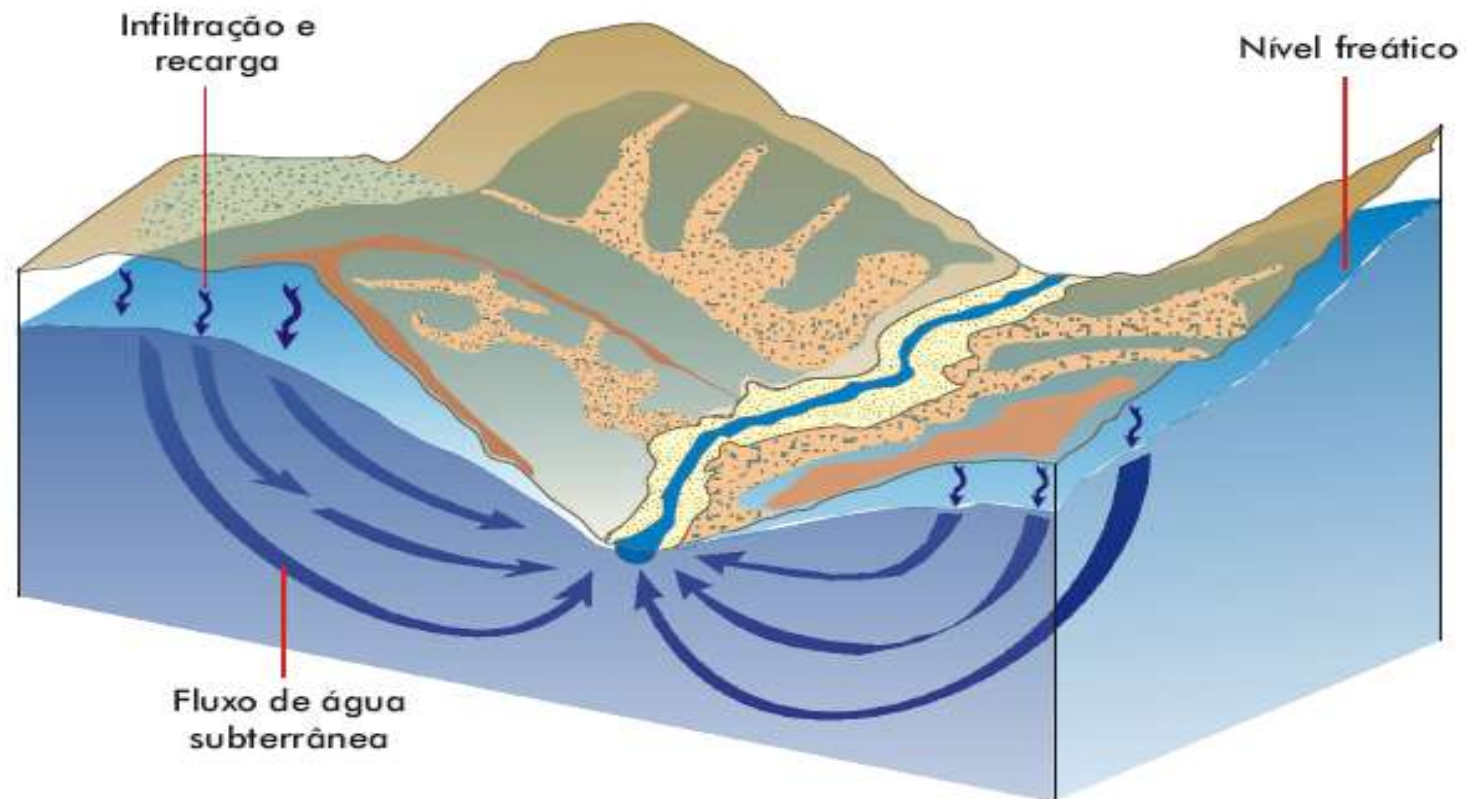


Fig. 7.5 Rios efluentes e influentes conforme a posição do nível freático em relação ao vale.

NÍVEL FREÁTICO E O RELEVO NA SUPERFÍCIE



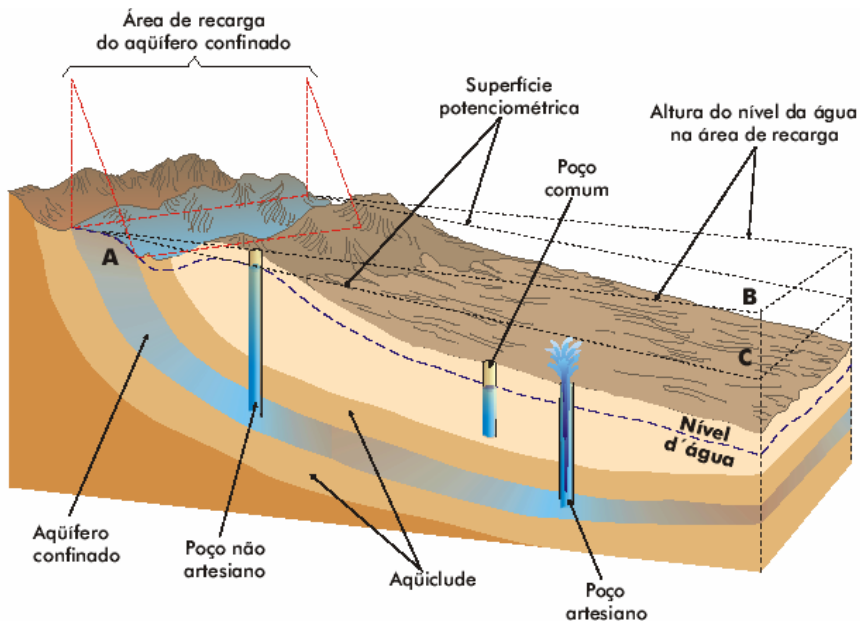


Fig. 7.10 Aquífero confinado, superfície potenciométrica e artesianismo.

Aquífero confinado. Causa: diferenças litológicas ou estruturais (fonte artesianas). fluxo de água por pressão hidrostática.

Aquífero suspenso. Causa: diferenças litológicas

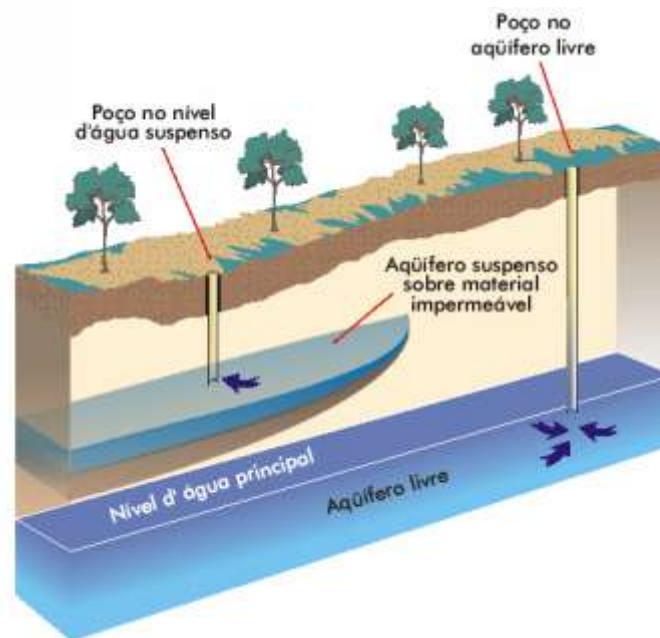
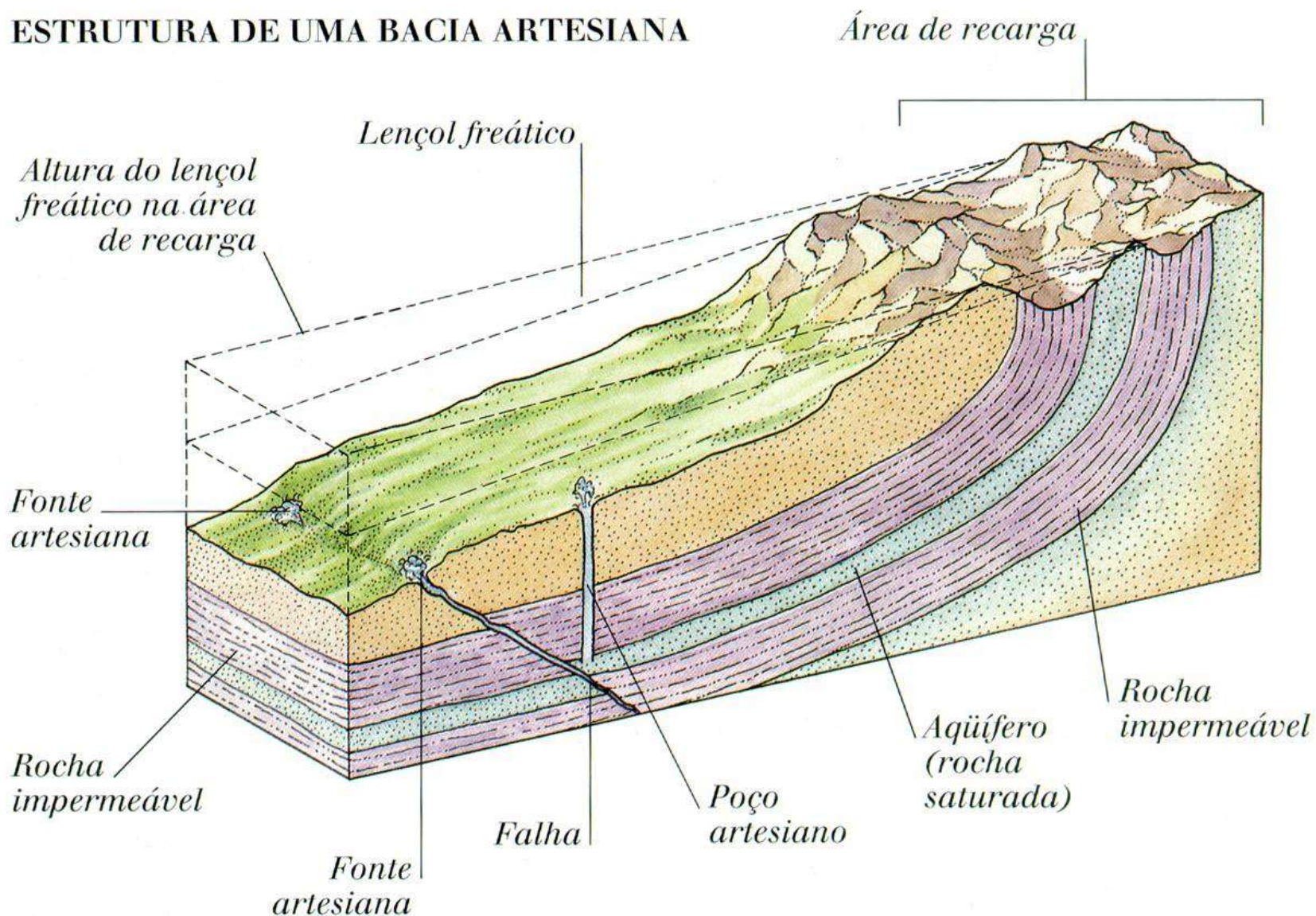


Fig. 7.9 Aquíferos livres e suspensos. Aquíferos suspensos ocorrem quando uma camada impermeável intercepta a infiltração.



ESTRUTURA DE UMA BACIA ARTESIANA



Poço alcança fraturas em rochas metamórficas e ígneas. Será poço seco, se as fraturas não contiverem água ou o poço não atravessar fraturas.

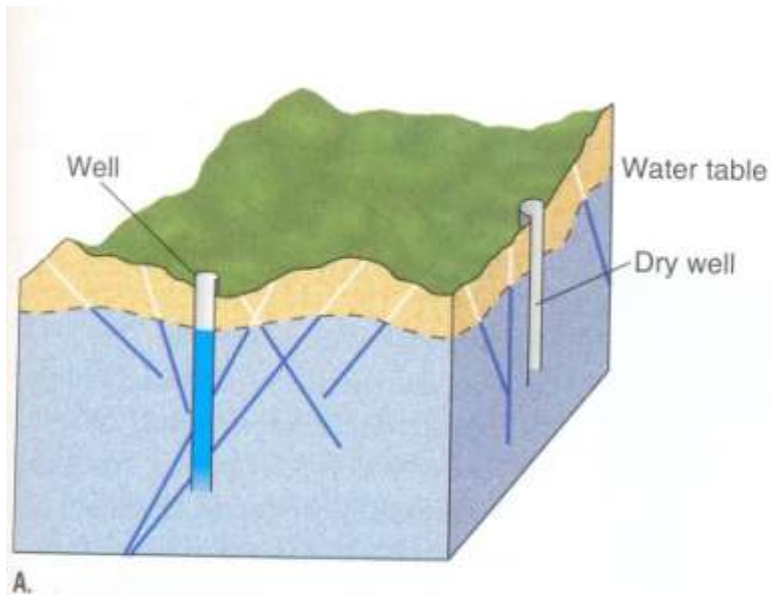
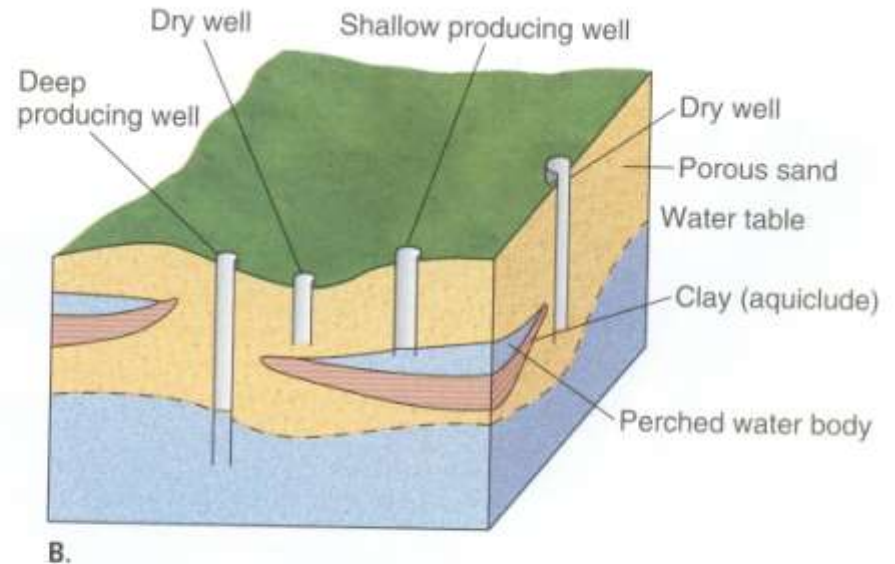


Figure 15.8 Successful and Unsuccessful Wells Yield to wells from nonhomogeneous rocks can be highly variable. A. Wells that penetrate fractures in metamorphic and igneous rocks produce water. Dry wells result if no water-bearing fractures are

Poços rasos e profundos produtores ou não, em rochas sedimentares porosas e não porosas, com ou sem fraturas.



B. Perched water bodies above the main water table are held up by aquicludes and provide shallow sources of groundwater. Wells that miss the perched water body and do not reach the deeper water table are dry.

Formação de fontes e nascentes

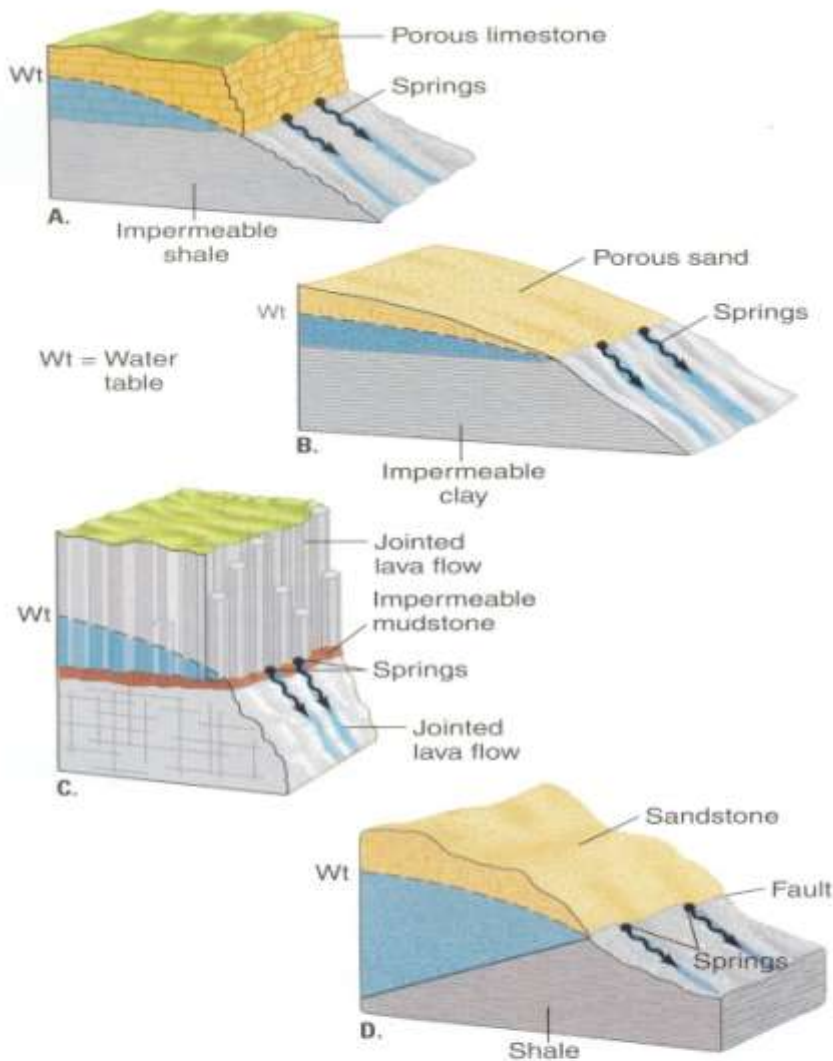
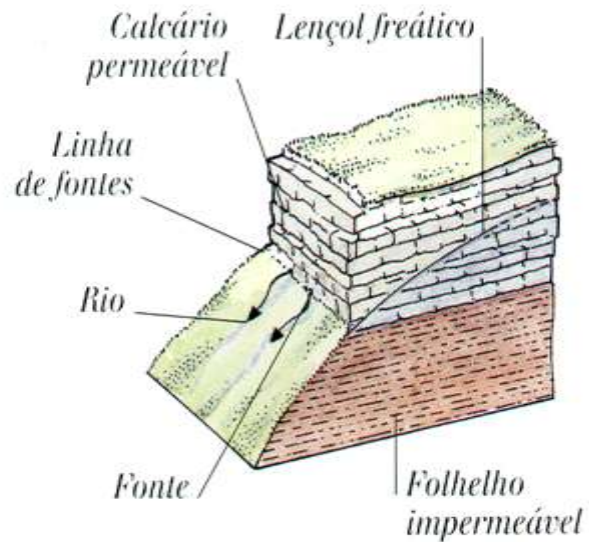


Figure 15.6 What Causes Springs? Examples of springs formed in different geologic conditions. A. Two springs discharge water at the contact between a porous limestone and an underlying impermeable shale. B. Springs lie at the contact between a porous sandy unit and an underlying impermeable clay. C. Springs issue along the contact between a highly jointed lava flow and an underlying impermeable mudstone. D. Springs issue along the trace of a fault where it intersects the land surface.

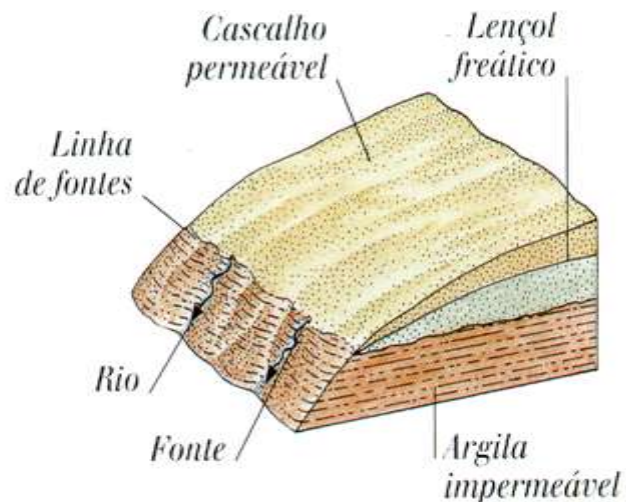
-Diferenças litológicas (rochas porosas e não porosas)

- presença de estruturas tectônicas. Ex. falhas.

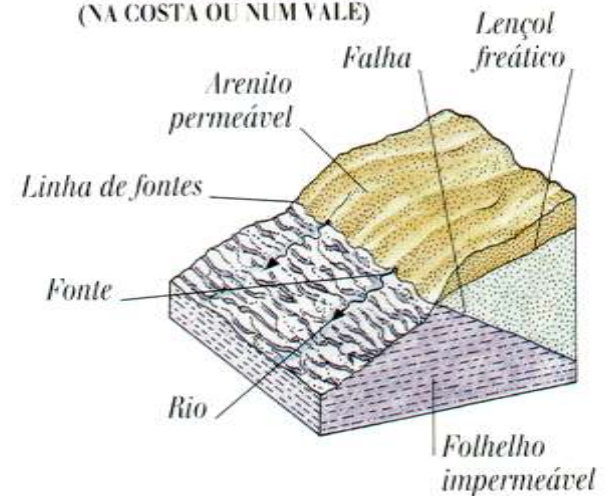
EXEMPLOS DE FONTES



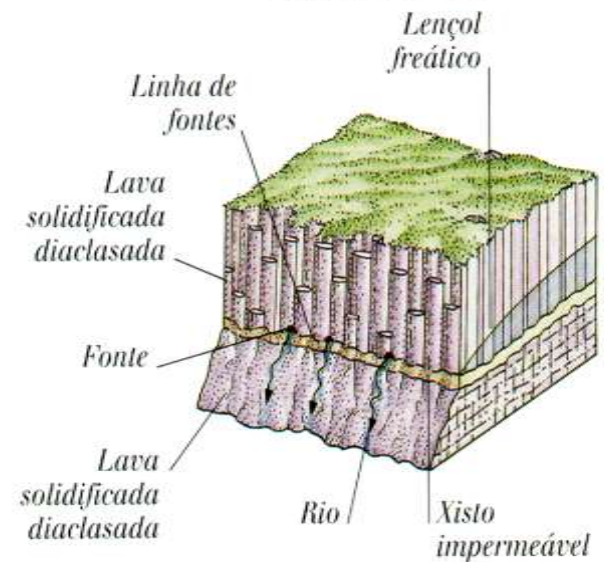
FONTES DE CALCÁRIO



FONTES DE CAMADA (NA COSTA OU NUM VALE)



FONTES DE FALHA



FONTES DE LAVA



Surgência da água mineral Timbu – Curitiba - PR



Nascente do Rio São Francisco - MG

Contato água doce e salgada

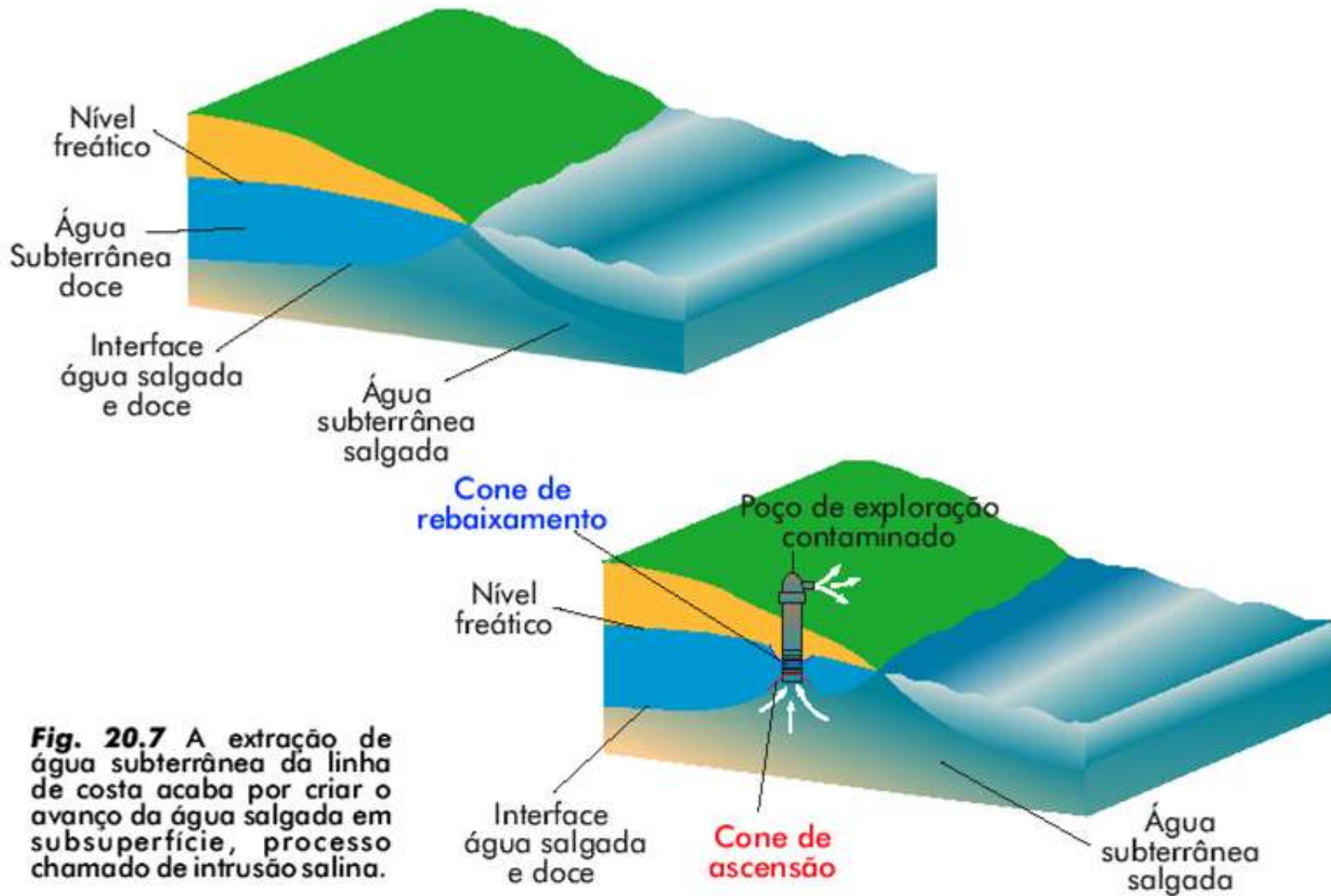
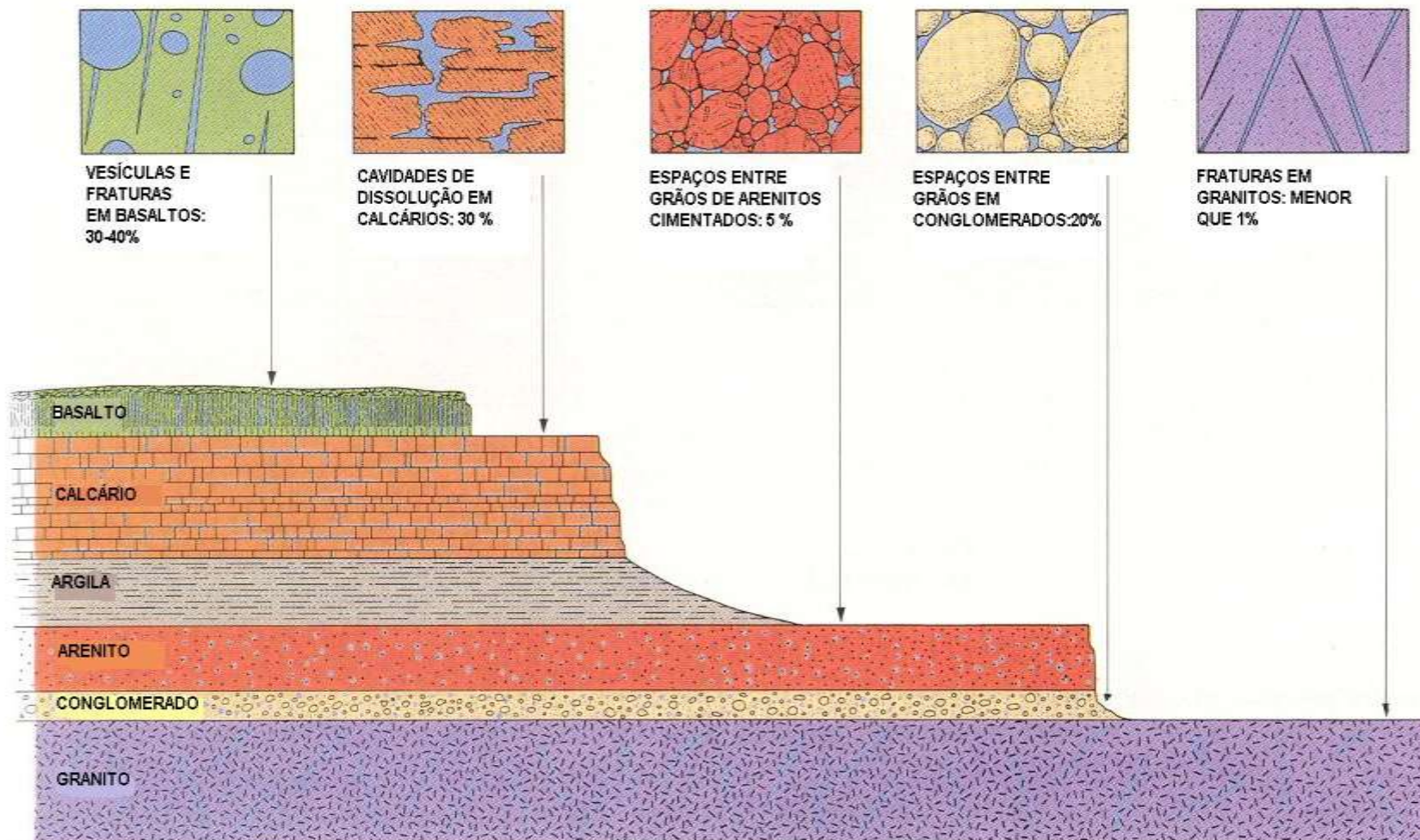
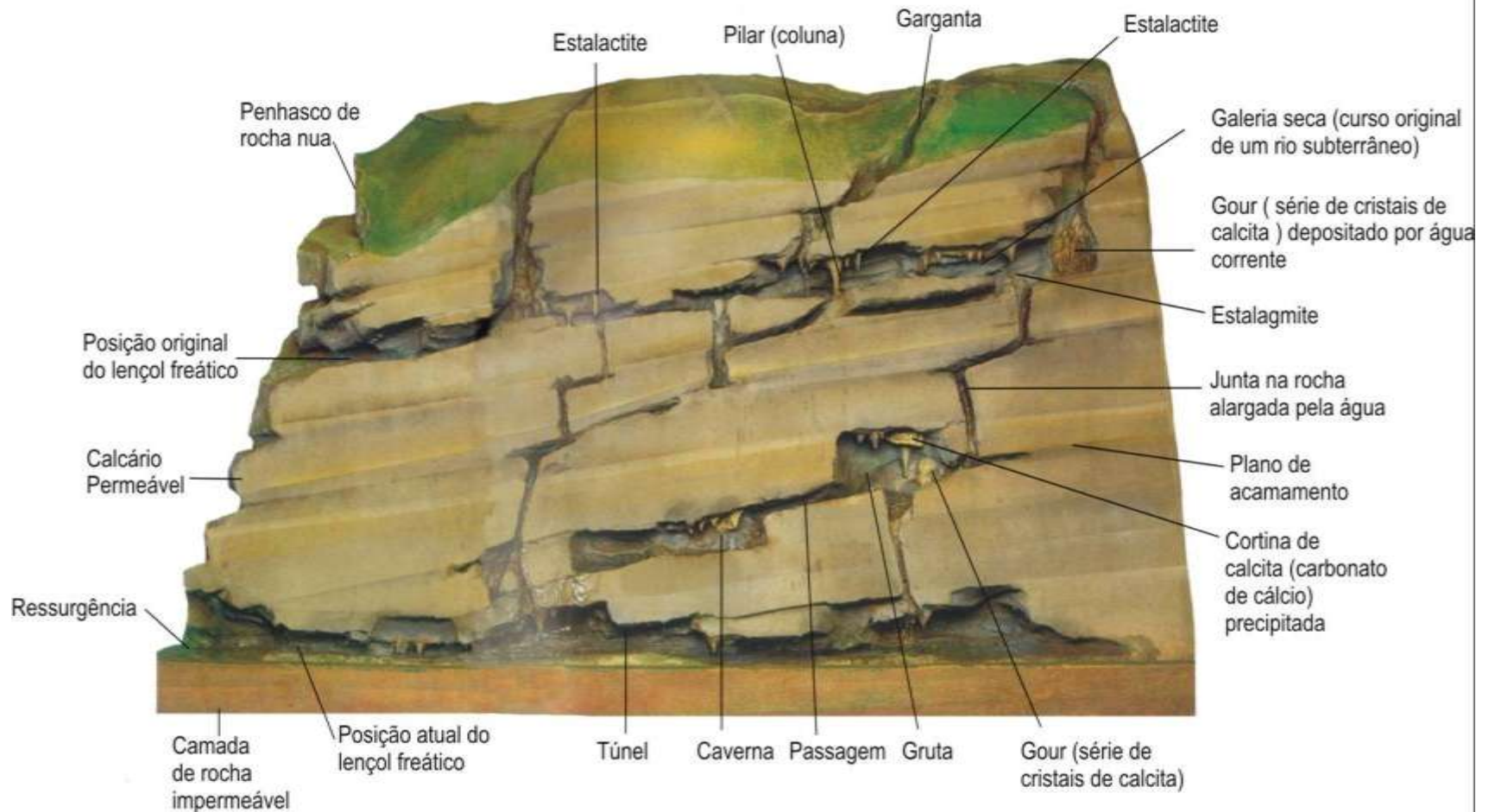


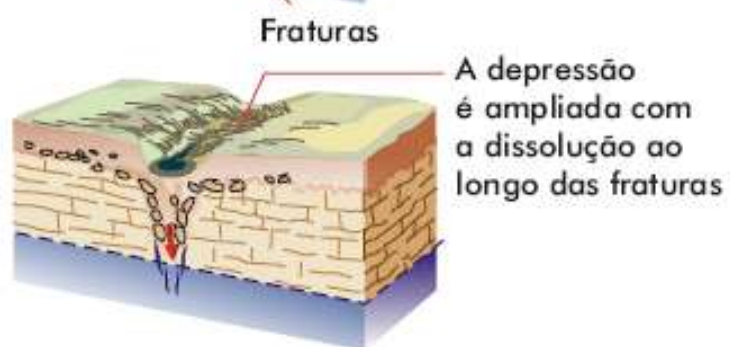
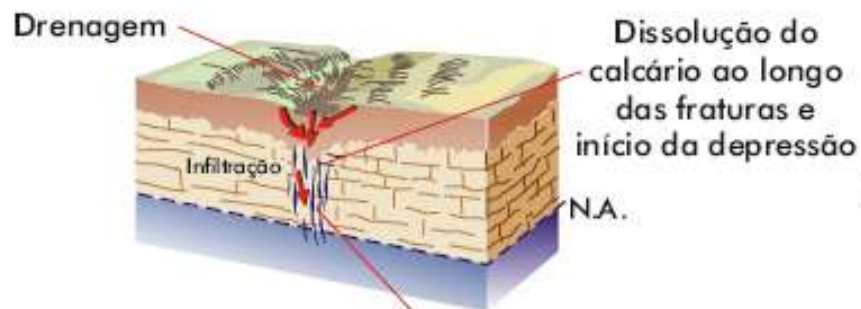
Fig. 20.7 A extração de água subterrânea da linha de costa acaba por criar o avanço da água salgada em subsuperfície, processo chamado de intrusão salina.

COMPORTAMENTO DA POROSIDADE EM SUBSUPERFÍCIE



Feições cársticas





Dolina de subsidência lenta

O abatimento de blocos atinge a superfície

antigo nível d'água



Dolina de colapso

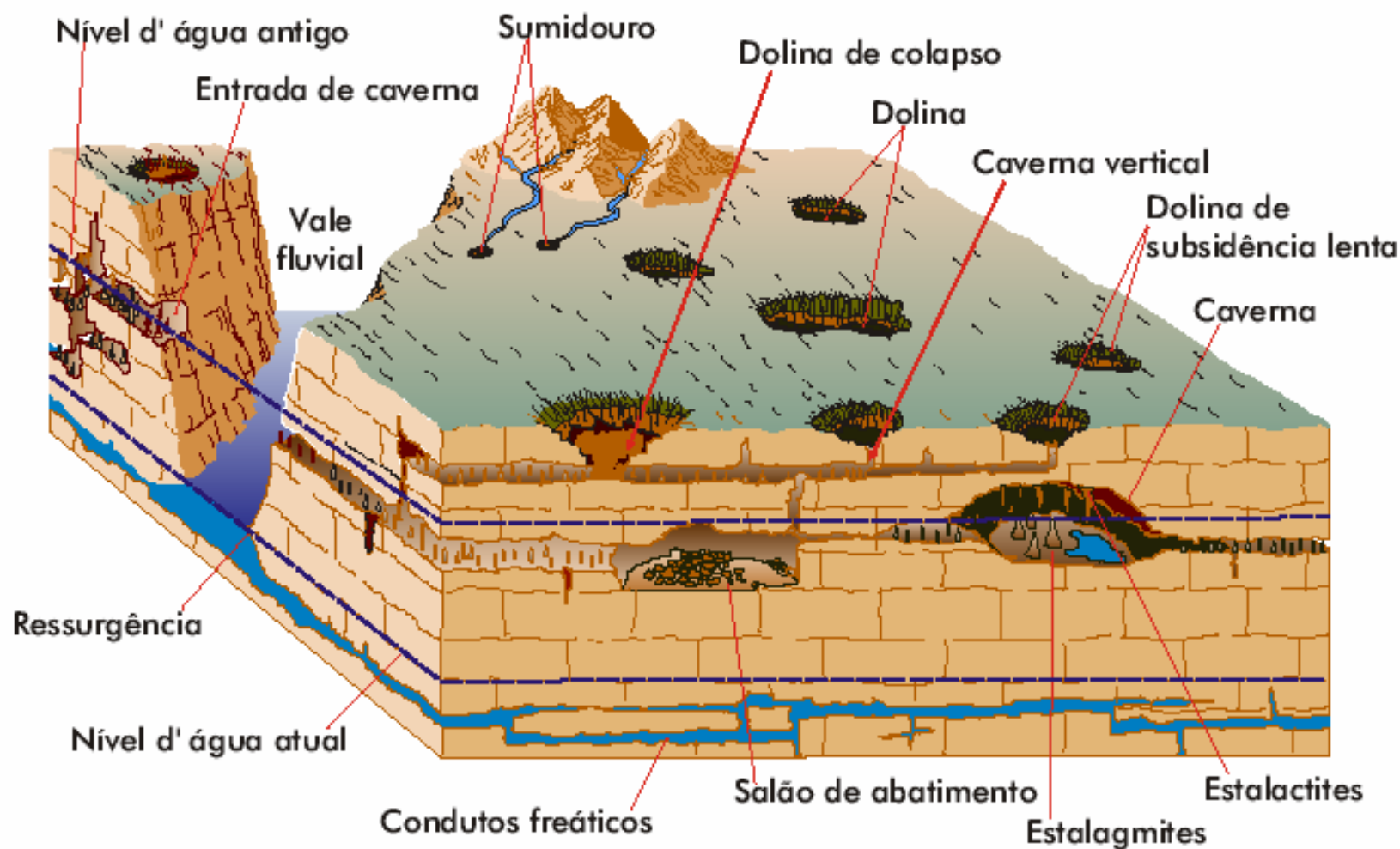


Fig. 7.14 Componentes principais do sistema cárstico.

TOPOGRAFIA DA SUPERFÍCIE DE UM SISTEMA DE CAVERNAS

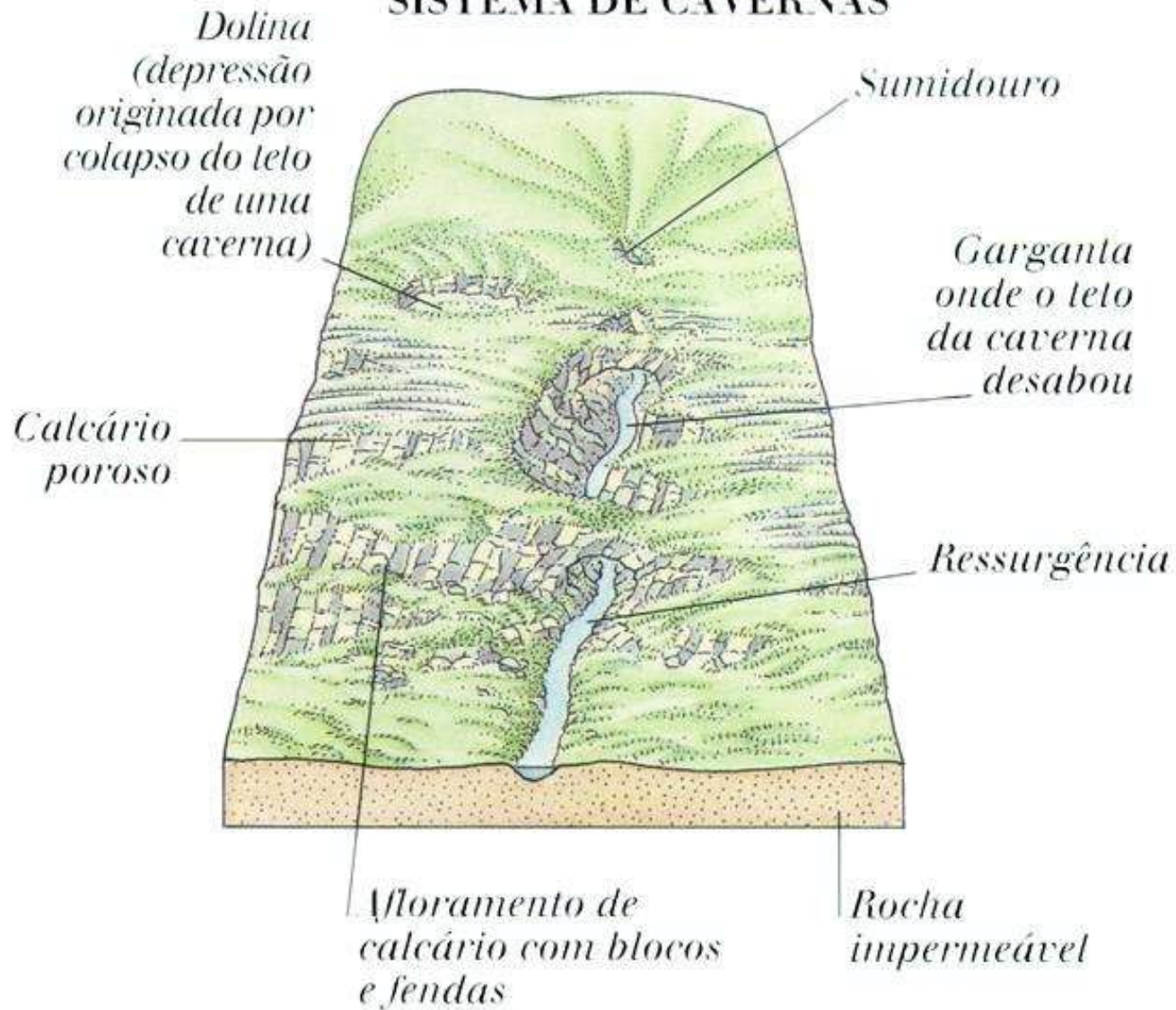




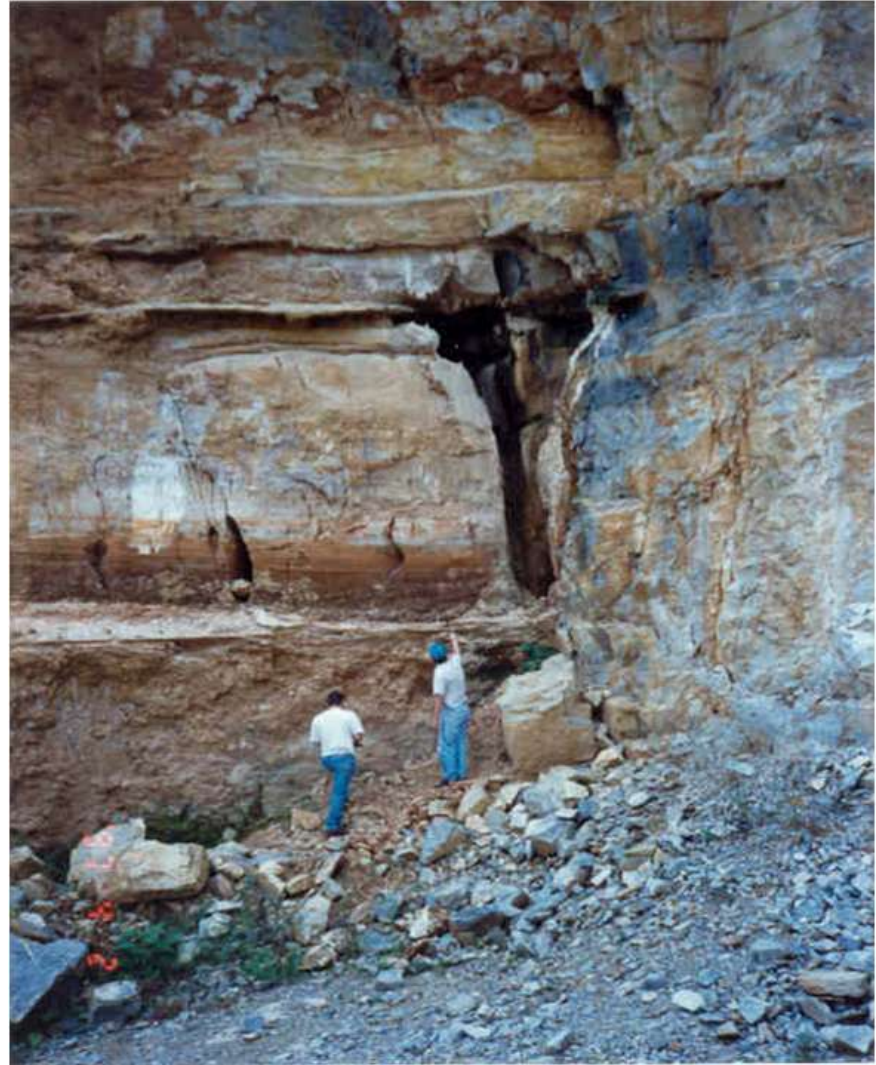
Fig. 7.19 Vale cárstico associado à caverna Lapa dos Brejões. No lado esquerdo do vale avista-se o pórtico de entrada da caverna com 106 m de altura. Município de Morro do Chapéu, Chapada Diamantina, BA. Foto: Ivo Karmann.

Karst ativo





Subsidência de carst



Cajamar (SP) e Almirante Tamandaré (PR)

Fig. 20.5 As águas subterrâneas no Brasil. Fontes: DNPM/CPRM, 1983 e Rebouças, 1999.

Províncias hidrogeológicas do Brasil

(DNPM/CPRM, 1983)

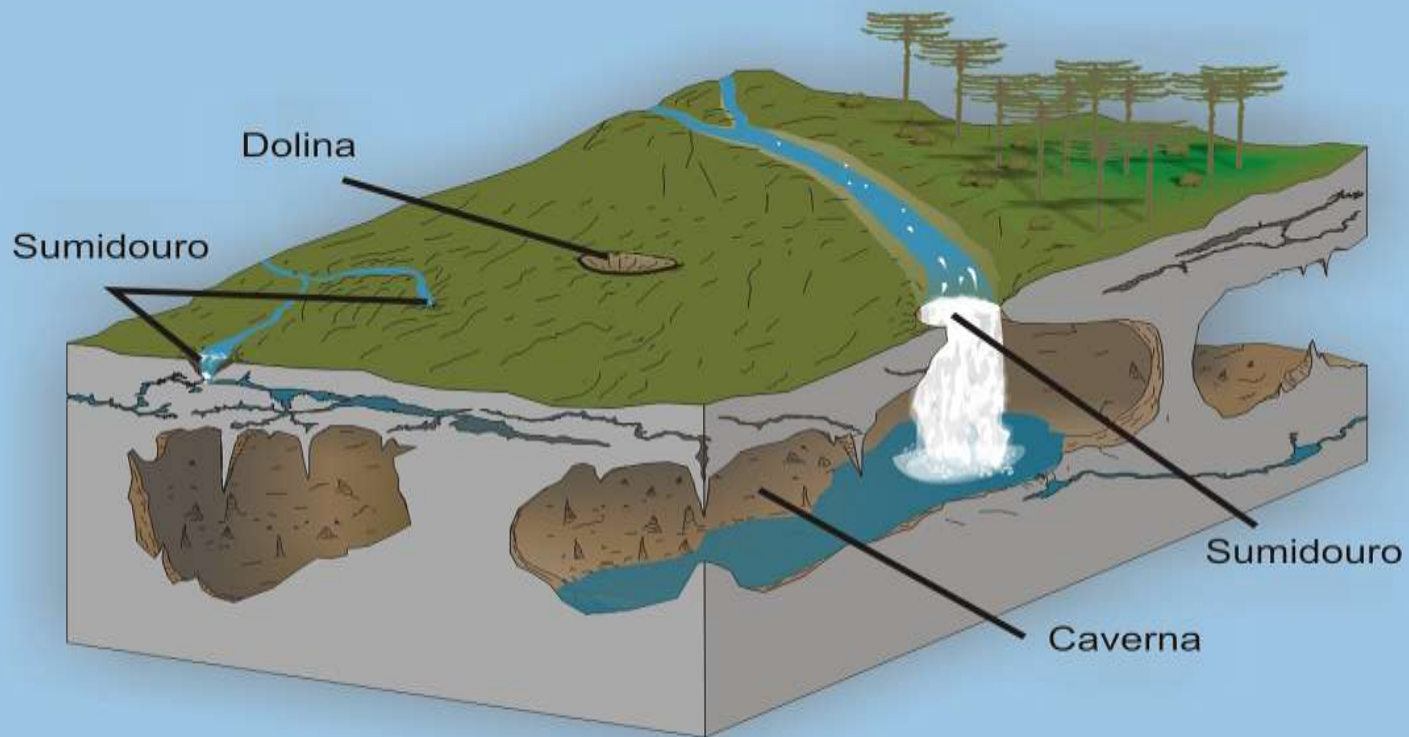
		VOLUME DE ÁGUA (km ³)
1	ESCUDO SETENTRIONAL	80
2	ESCUDO CENTRAL	
3	SÃO FRANCISCO	
4	ESCUDO ORIENTAL	
5	ESCUDO MERIDIONAL	10.000
6	CENTRO OESTE	
7	AMAZONAS	32.500
8	PARAÍBA	17.500
9	PARANÁ	50.400
10	COSTEIRA	1831



Principais aquíferos do paraná

- Carste
- Guarani
- Serra Geral

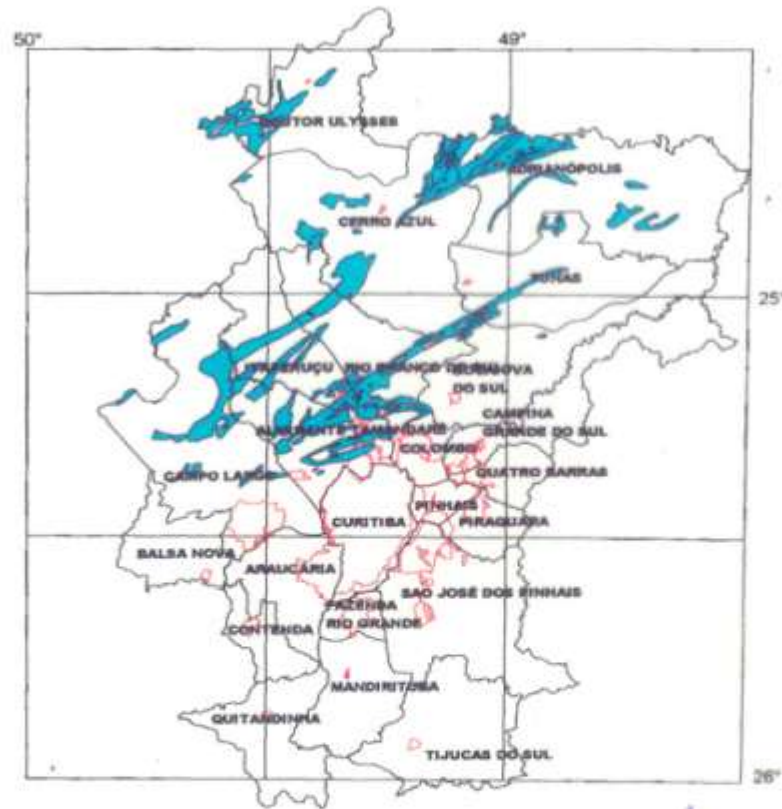
Carste



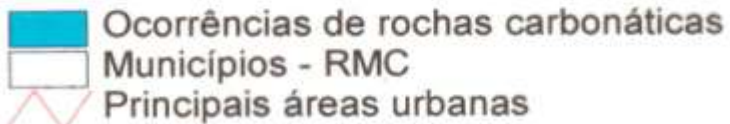
Modelo do comportamento da água em rochas calcárias e mármore. A dissolução destes materiais pela água provoca o surgimento de vazios subterrâneos, cavernas ou rios com sumidouros. Este é o aquífero do carst e sua utilização pelo ser humano exige cuidados especiais.

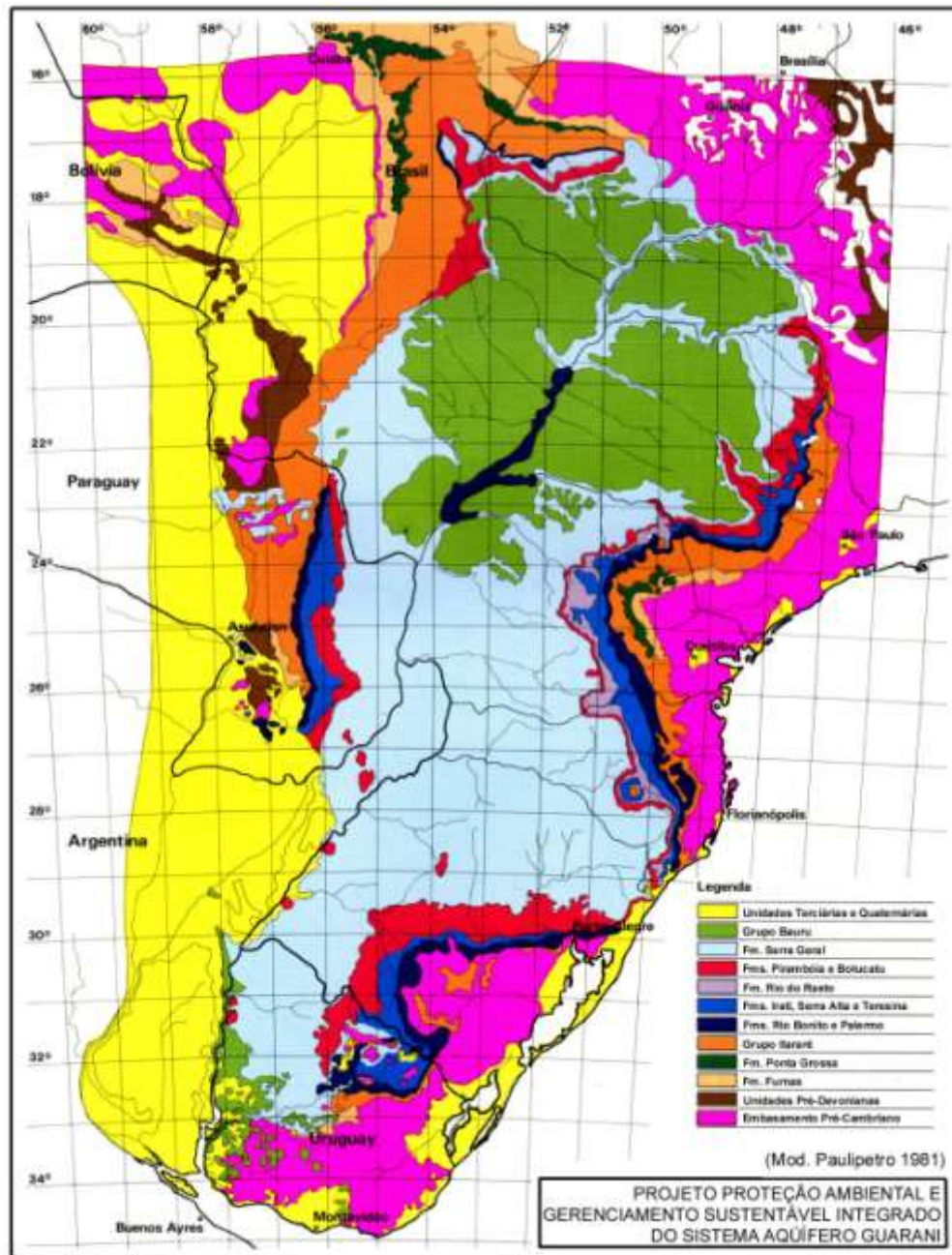
Principais ocorrências de rochas carbonáticas na RMC

MINEROPAR
MINERAIS DO PARANÁ SA



Aquífero Carste





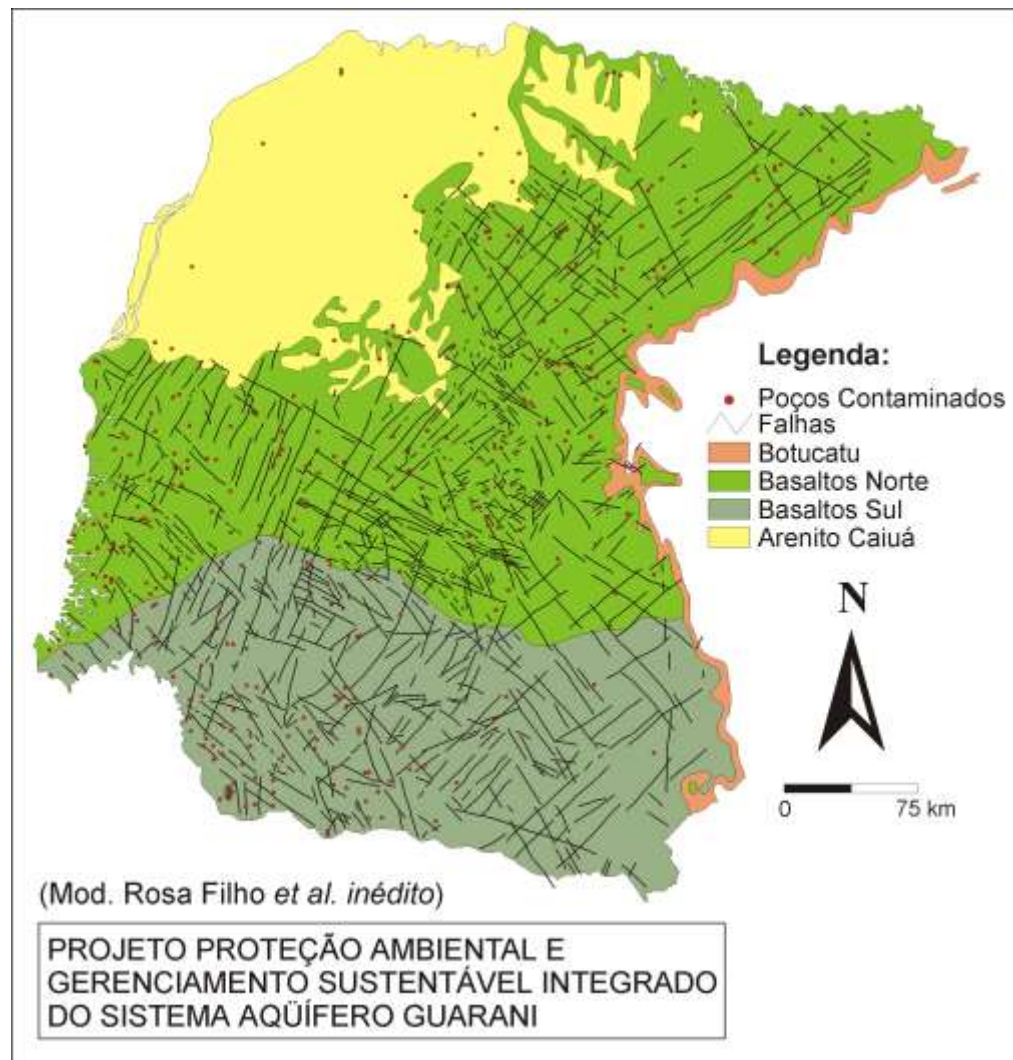
Aquífero Guarani

AQ. GUARANI - SISTEMA DEPOSICIONAL EÓLICO

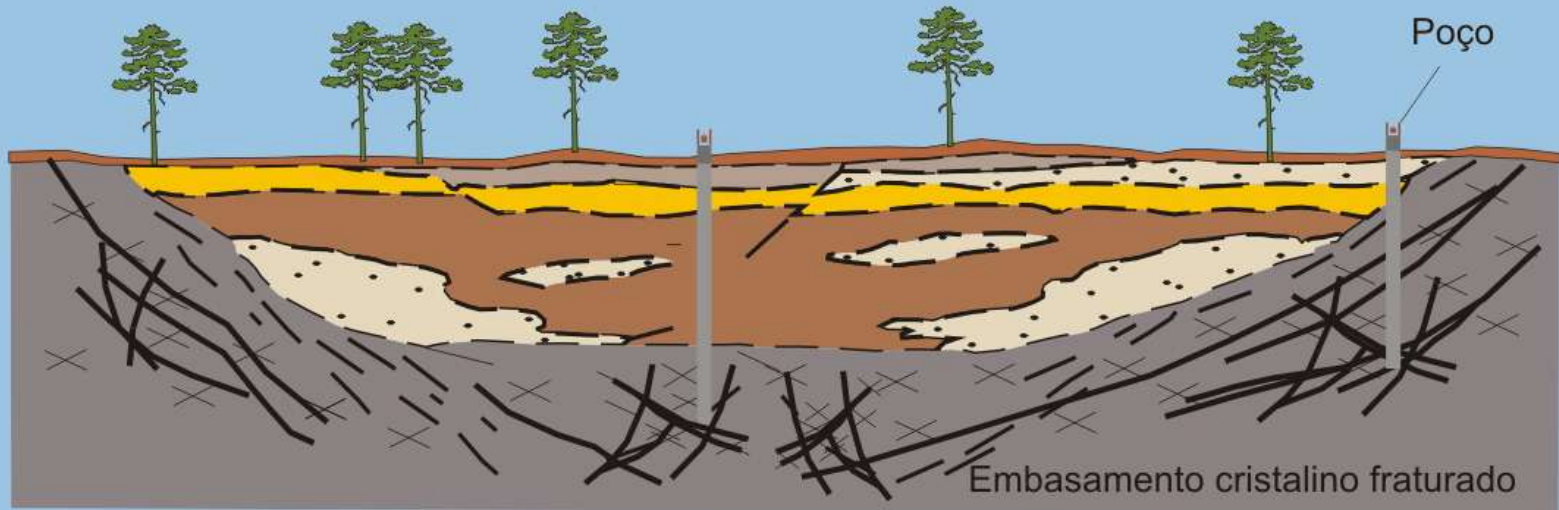


- **PROCESSO DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS ESSENCIAMENTE REALIZADO PELO VENTO**
- **ELEVADA SELEÇÃO GRANULOMÉTRICA PELA REMOÇÃO DOS FINOS E FORMAÇÃO DE DEPÓSITOS RESIDUAIS MAIS GROSSEIROS NAS BORDAS DO DESERTO**
- **GRÂNULOS COM ELEVADO GRAU DE ARRREDONDAMENTO E ESFERICIDADE DEVIDO AO AGENTE DE TRANSPORTE GERANDO ELEVADA POROSIDADE E PERMEABILIDADE (PERMOPOROSIDADE)**
- **CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA FAVORECIDA PELA INEXISTÊNCIA DE MATRIZ (REMOÇÃO DOS FINOS)**
- **COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA ESSENCIAMENTE SILICOSA (INERTE PARA O SER HUMANO) GERANDO ÁGUAS COM ELEVADA PUREZA.**

Aquífero Serra Geral

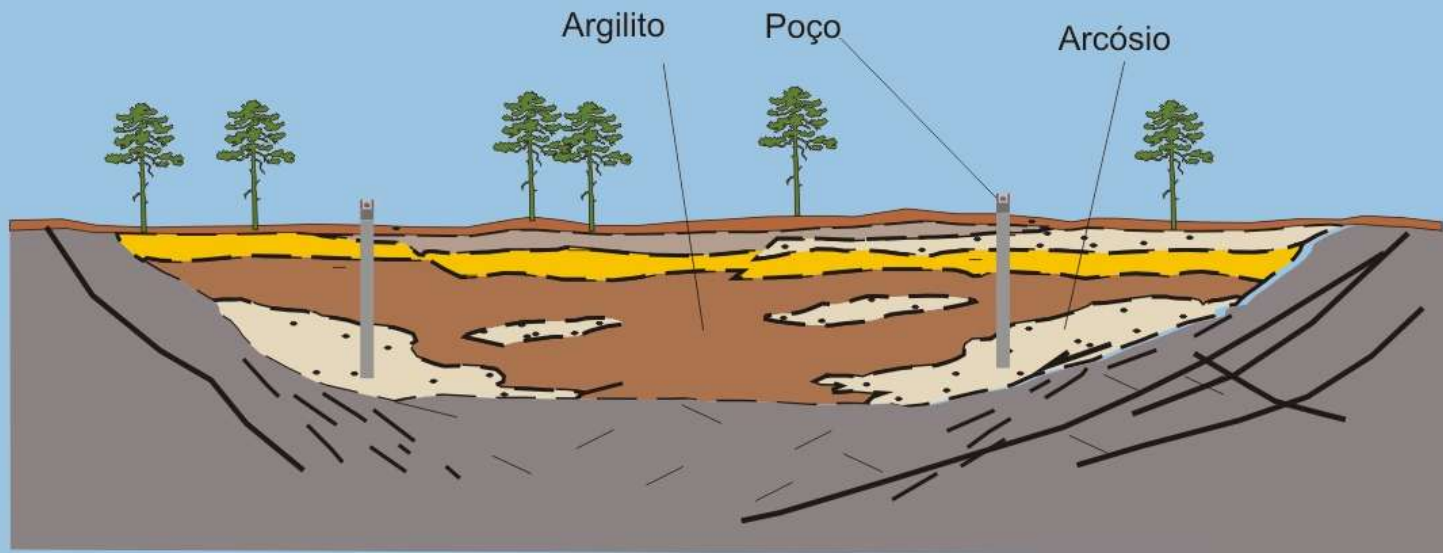


Água subterrânea em Curitiba embasamento



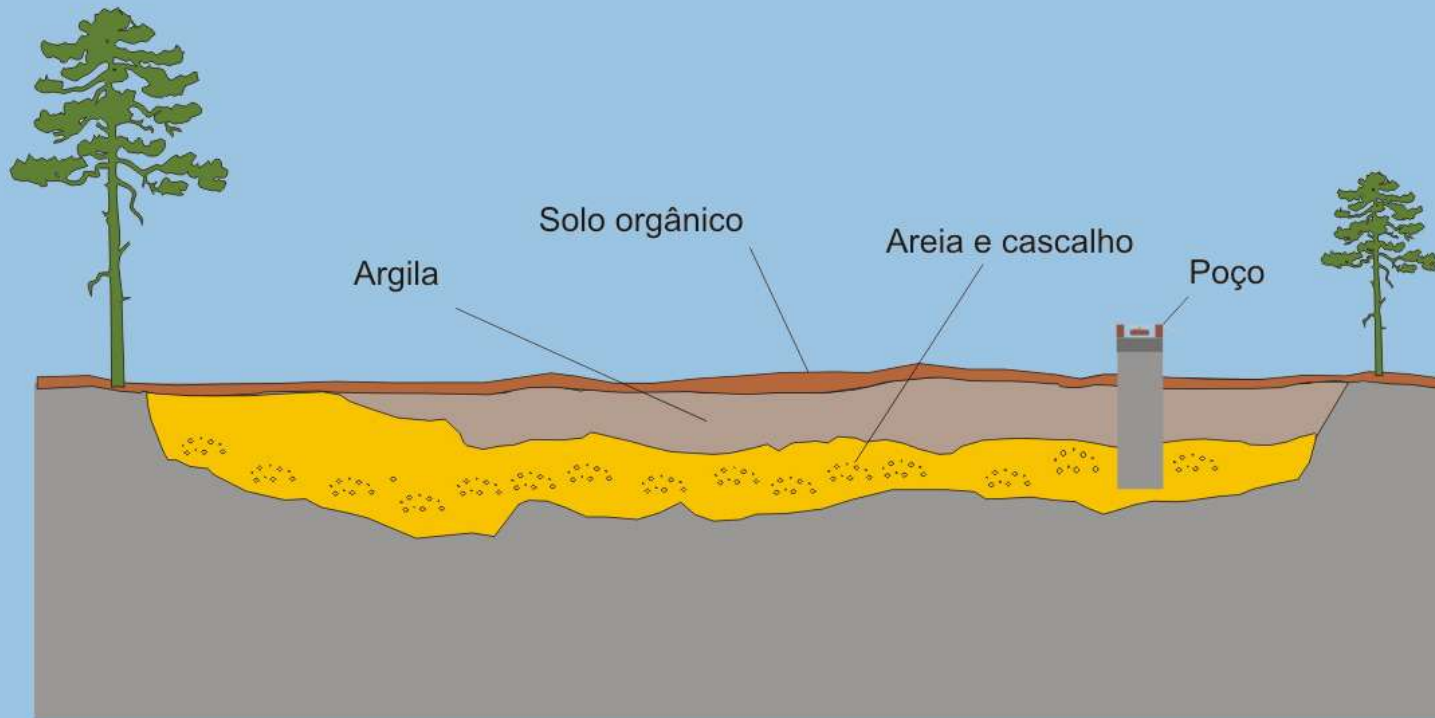
Poços tubulares profundos captam água do aquífero Atuba, ou seja, das fraturas conectadas dos gnaisses e migmatitos no embasamento.

Água subterrânea em Curitiba bacia sedimentar



No aquífero da Bacia de Curitiba a água é captada das porções mais porosas e permeáveis, ou seja, das lentes de arcósios no meio dos argilitos, da Formação Guabirotuba.

Água subterrânea em Curitiba sedimentos recentes



Nos locais onde predominam os sedimentos recentes (areia, cascalho e argila) são comuns poços mais rasos para a captação da água do lençol freático.