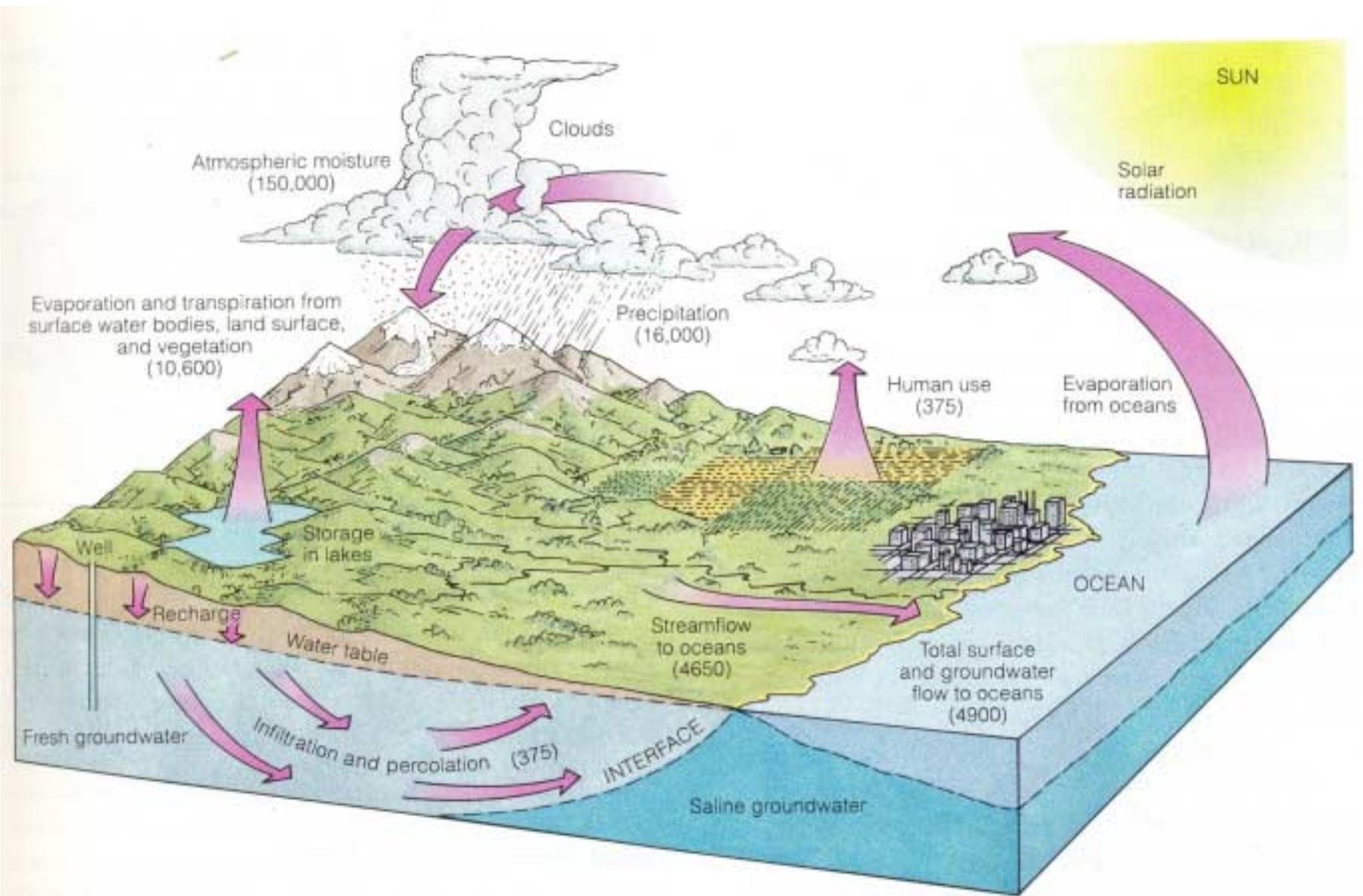


Hidrogeologia



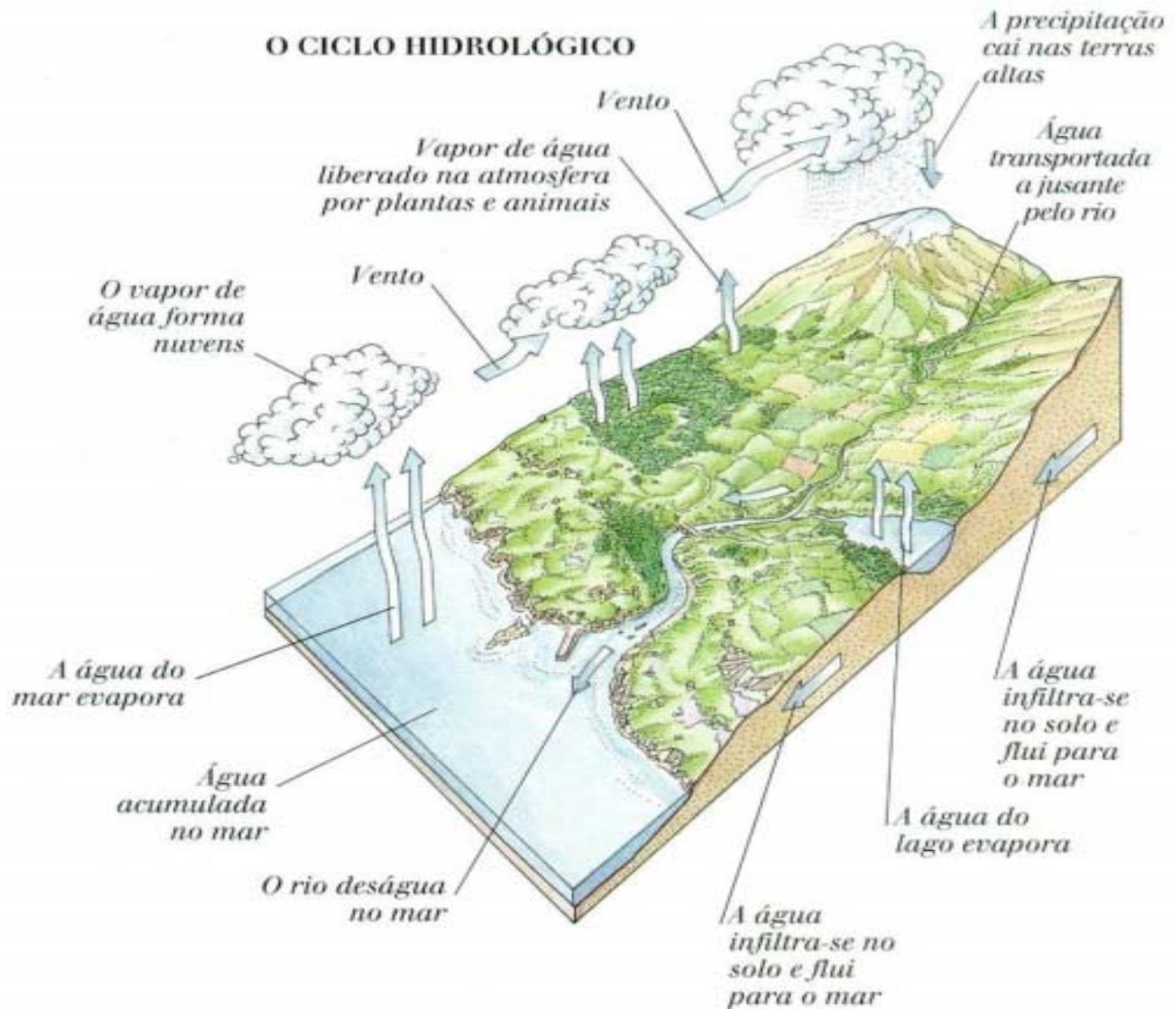
Ciclo hidrológico e água subterrânea

- Água como recurso natural
- Água como agente geológico
- Clima
- Reservatórios
- Aquíferos



▲ FIGURE 1.11
The hydrologic cycle.

O CICLO HIDROLÓGICO



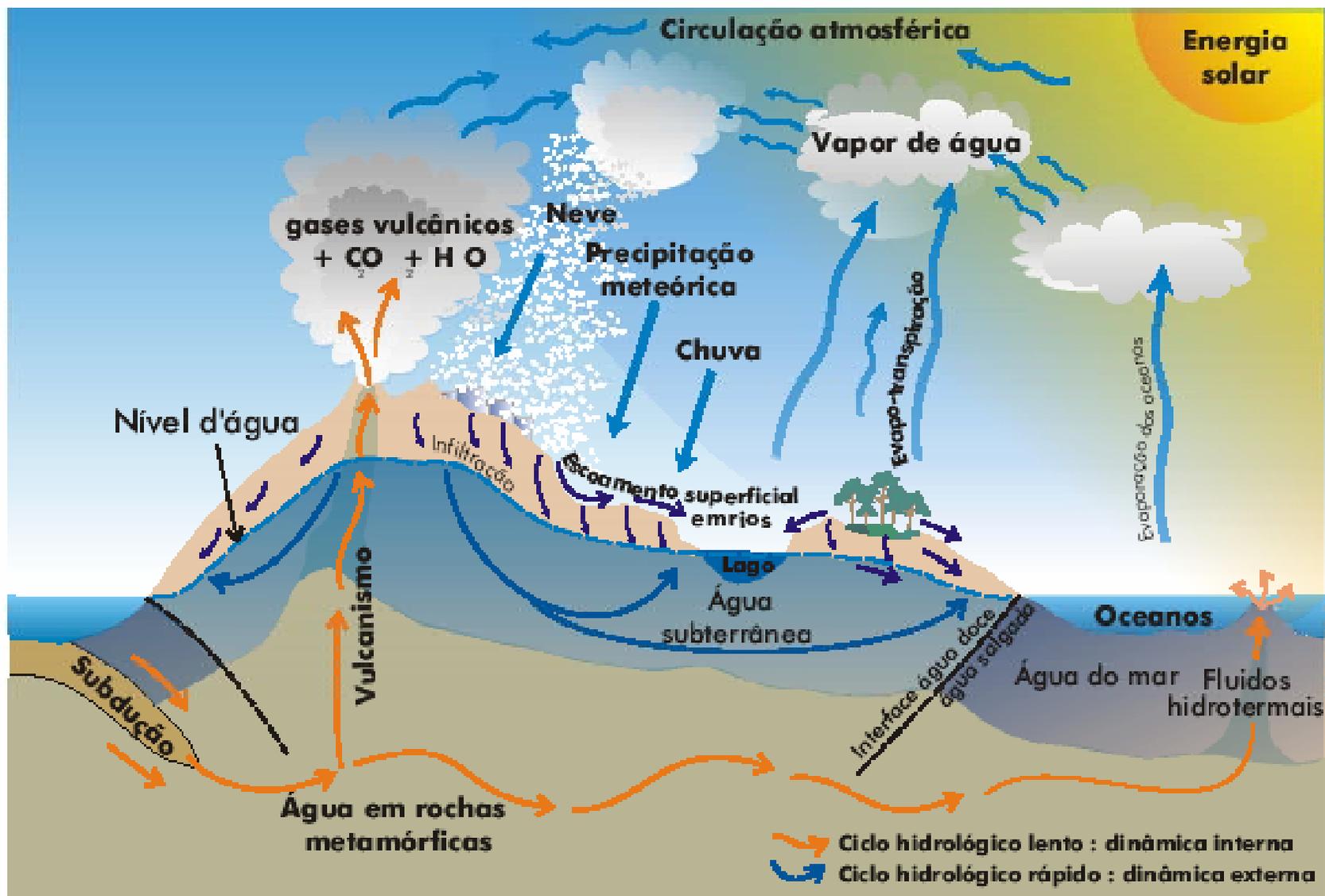
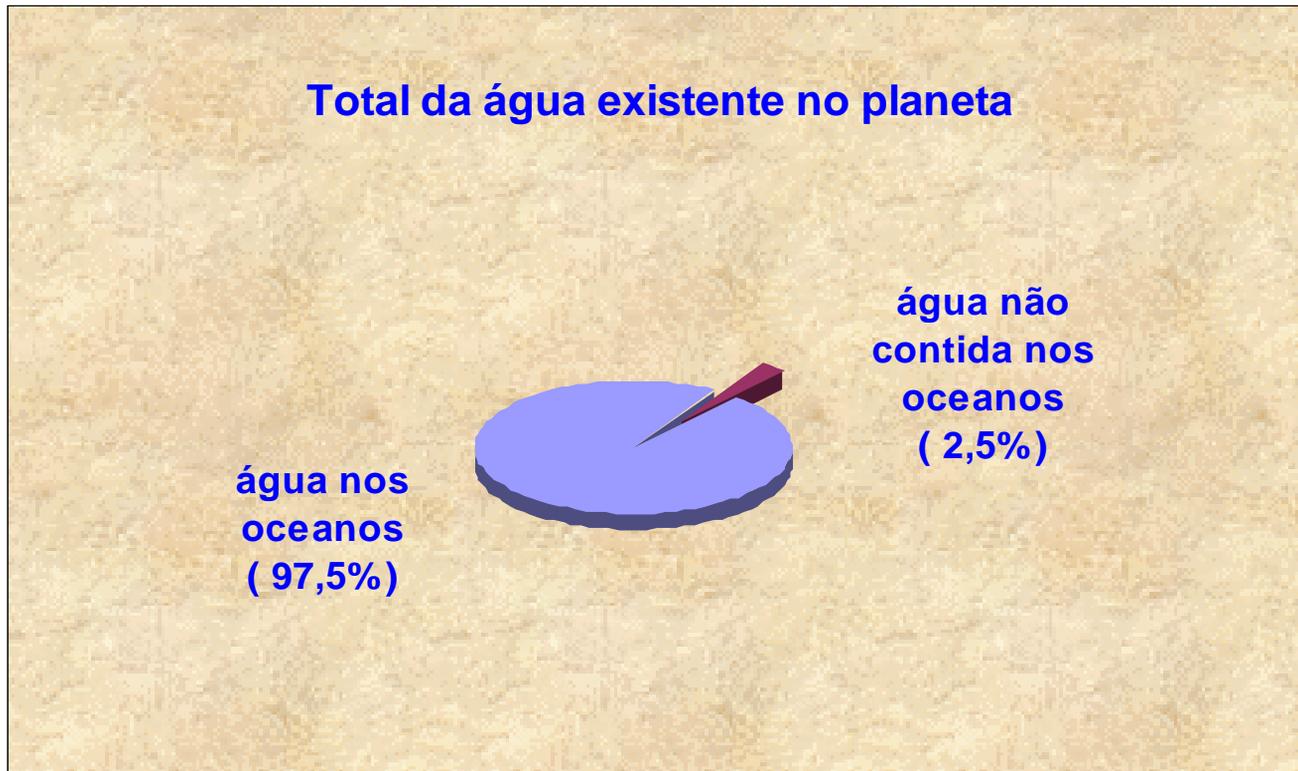


Fig. 7.1 O ciclo hidrológico.

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

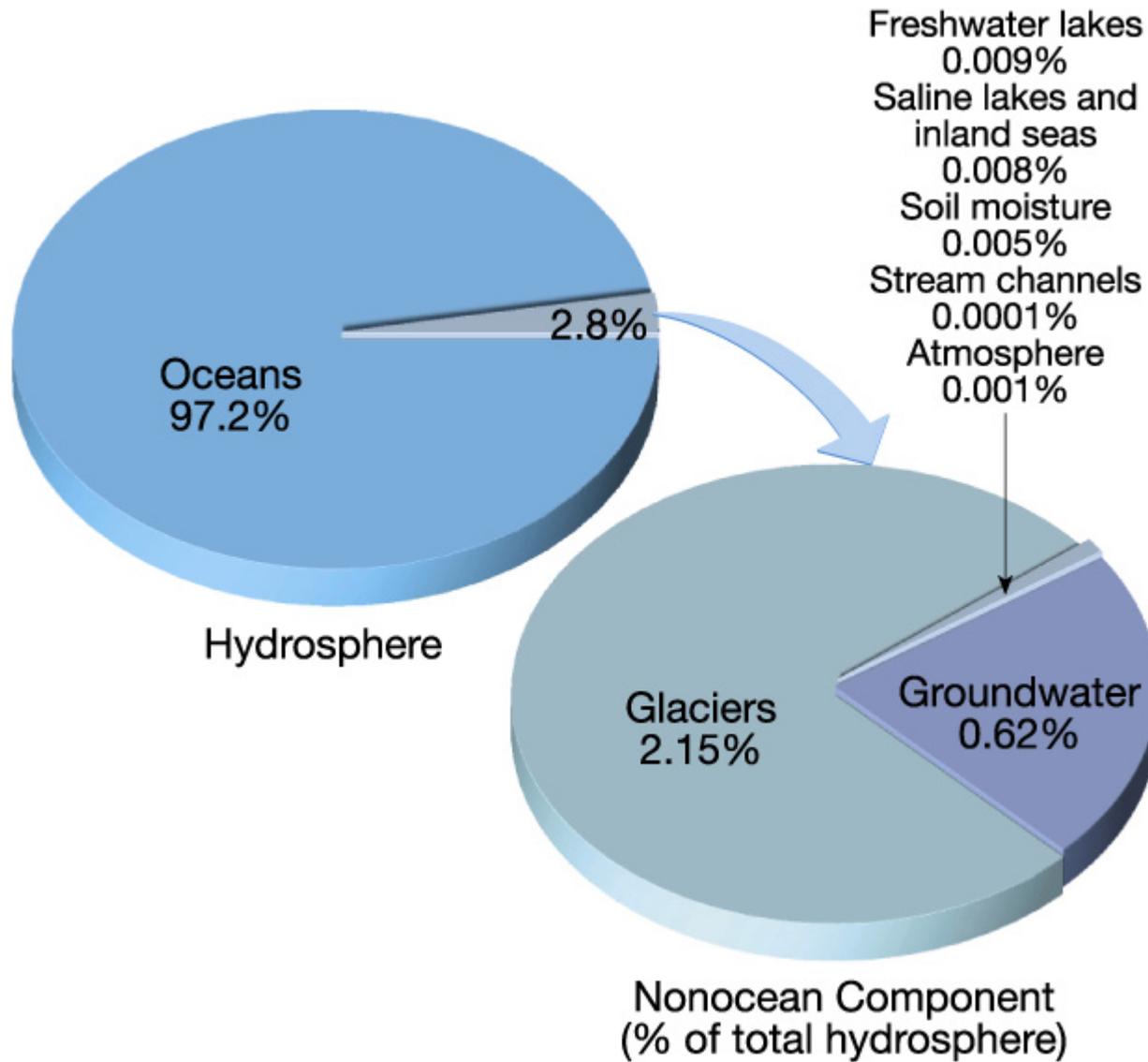
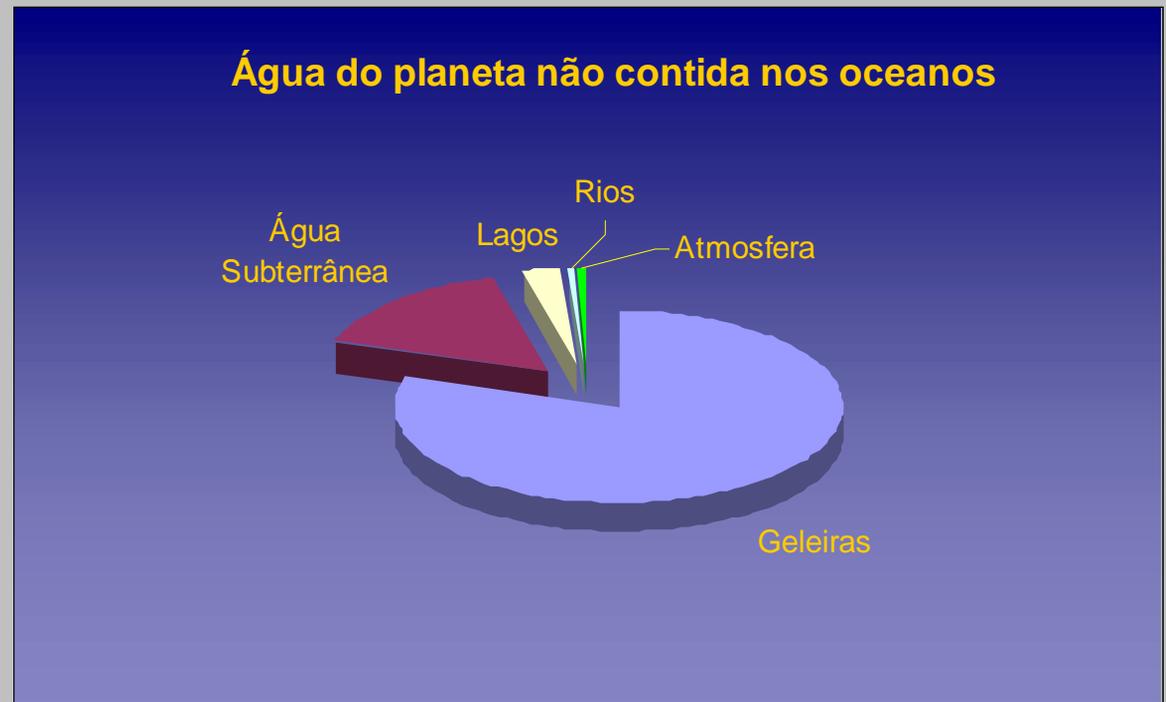


Tabela 7.1 Distribuição de água nos principais reservatórios naturais. A água doce líquida disponível na Terra corresponde praticamente à água subterrânea.

Reservatório	Volume (km³ x 10⁶)	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 não contida nos oceanos	Km³	%	% 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

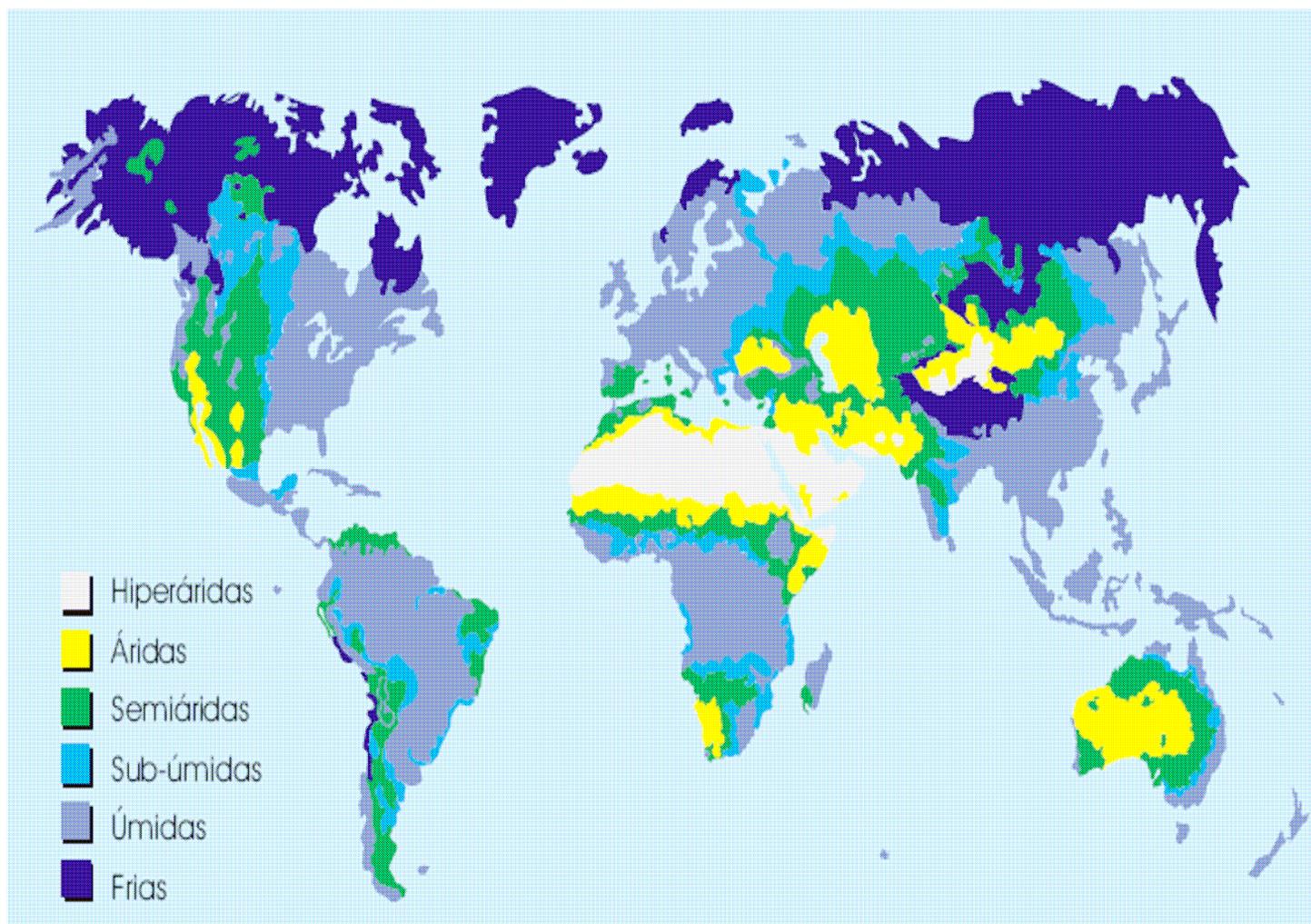
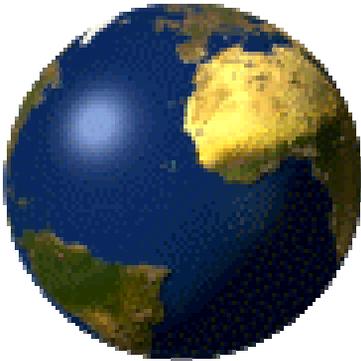


Fig. 20.1 Distribuição das regiões secas e úmidas no planeta. Fonte: Nações Unidas, 1997.

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



antonio
Liccardo



copyright © 2003 ANTONIO LICCARDO



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%)

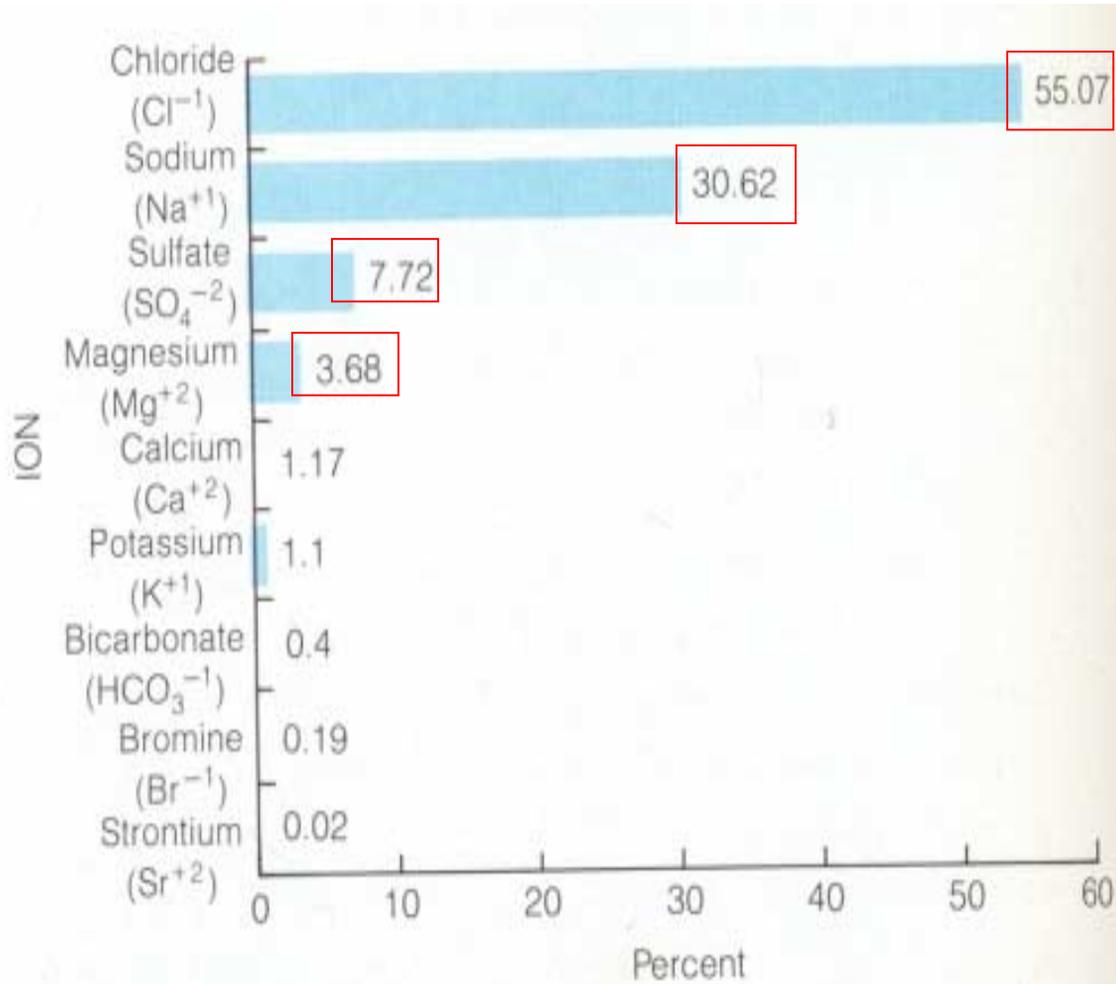


FIGURE 14.1 Graph showing weight percent of major constituents of sea water, listed as principle ions in solution.

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 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)

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







Copyright © 2003 ANTONIO LICCARDO

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
- Permeabilidade

Rochas, estruturas e porosidade

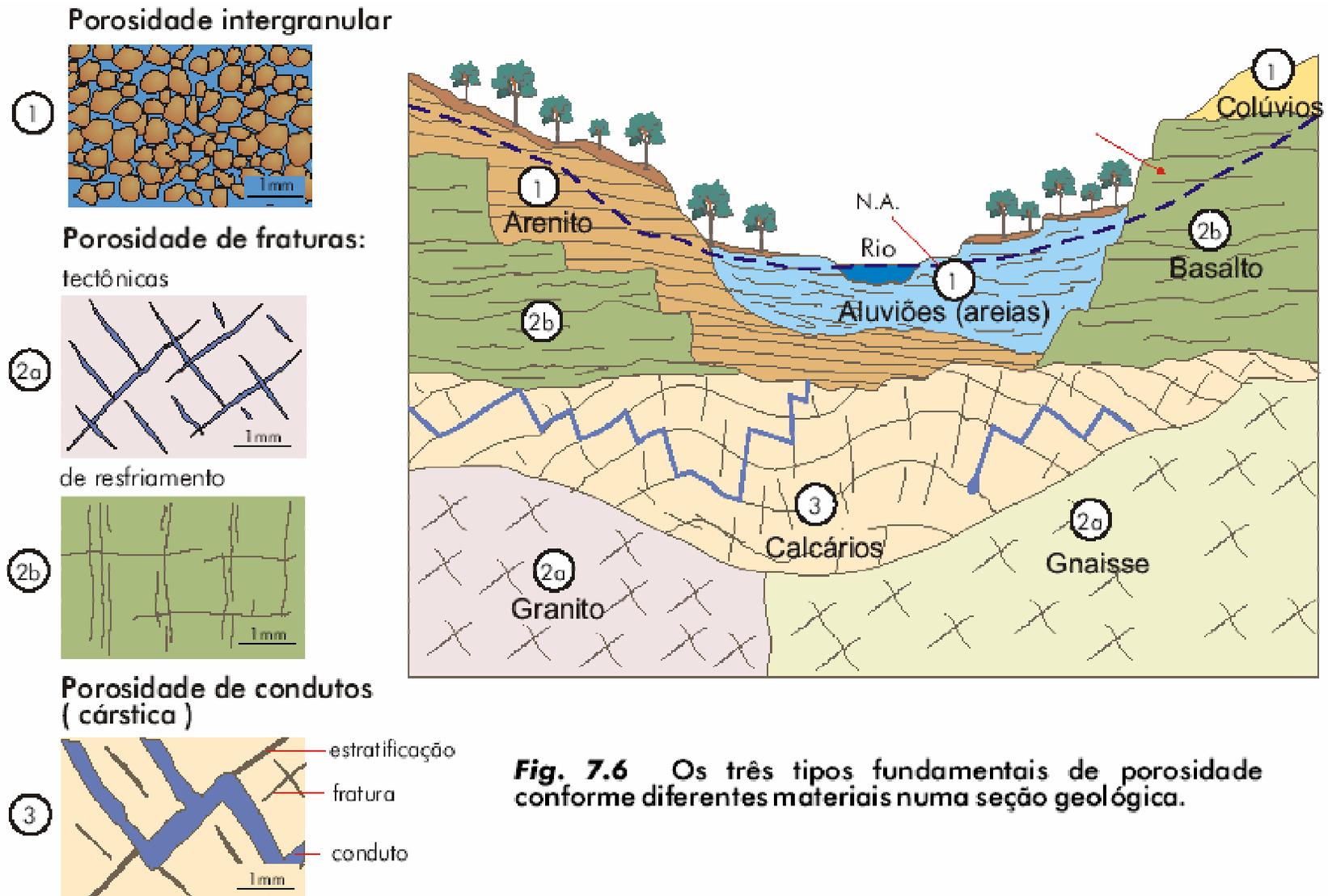


Tabela 7.2 Volume de poros e tamanho de partículas em sedimentos. Notar a diminuição da permeabilidade com o aumento da porosidade e redução do tamanho da partícula.

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

- Aquífero – unidade que armazena e transmite água subterrânea
- Aquífugo – unidade que não tem conectividade entre os poros (não absorvem nem transmitem)
- Aquíclode – unidade com baixa capacidade de transmissão, embora possa estar saturada
- Aquítarde – unidade que tem baixa produção em relação a outras

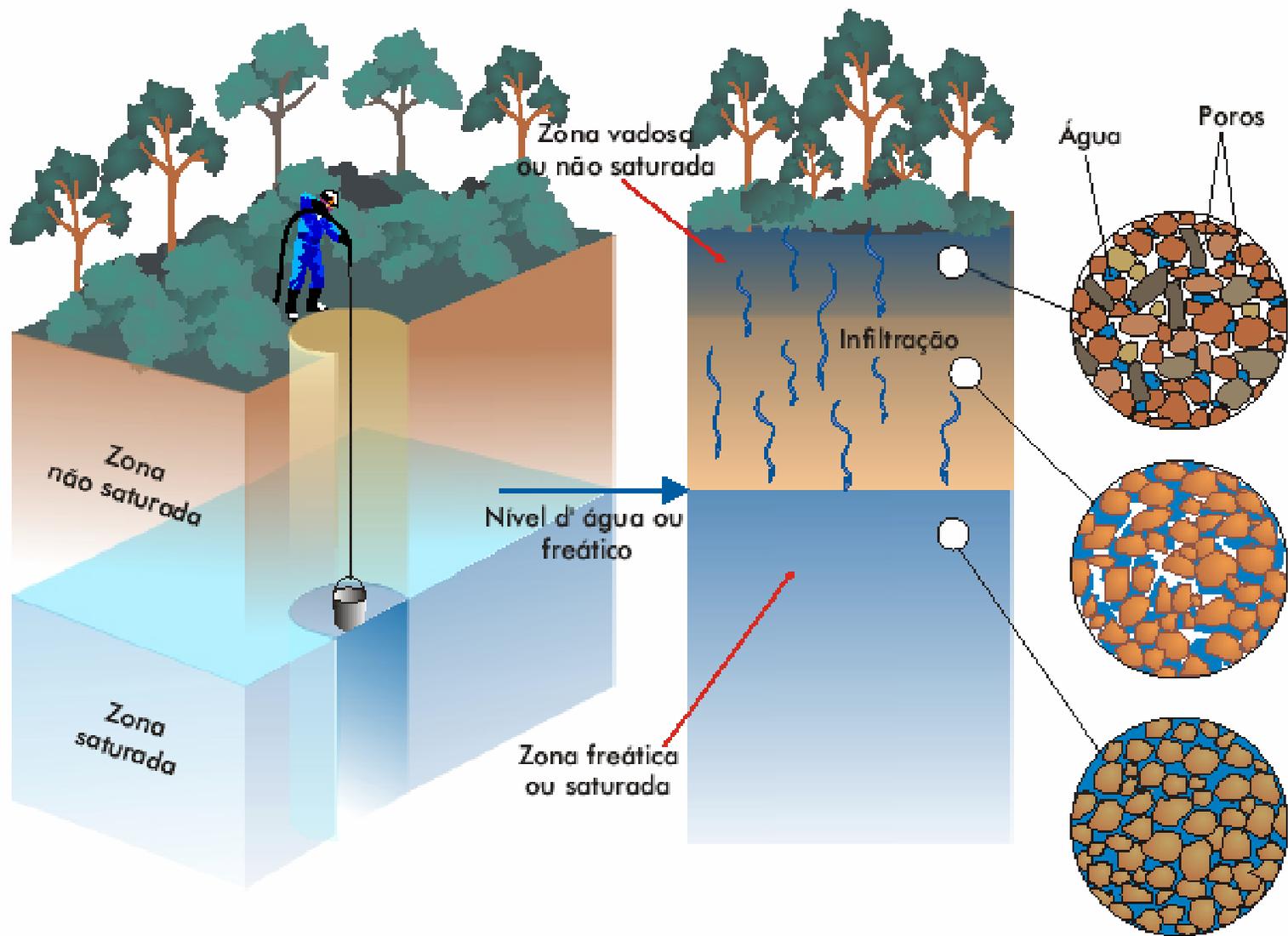


Fig. 7.3 Distribuição de água no subsolo.

Fluxo de águas subterrâneas

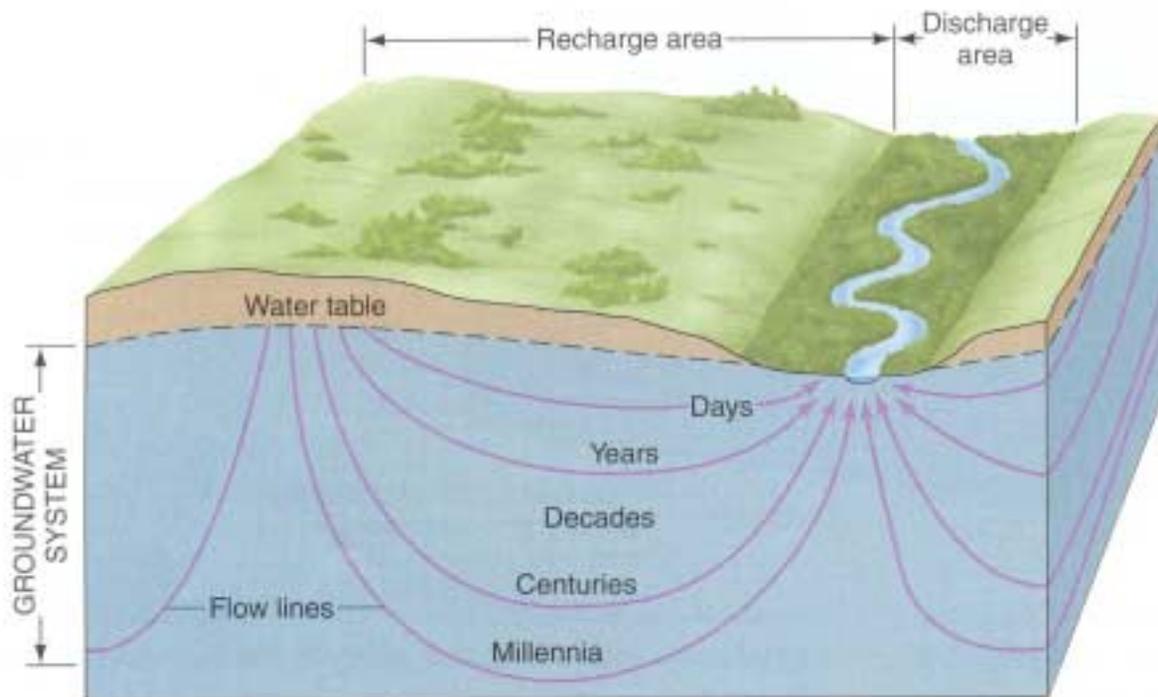


Figure 15.5 Groundwater Flow Paths of groundwater flow in a humid region in uniformly permeable rock or sediment. Long, curved arrows represent only a few of many possible paths. Springs are located where the water table intersects the land surface.

Fluxo de águas subterrâneas em regiões tropicais e áridas

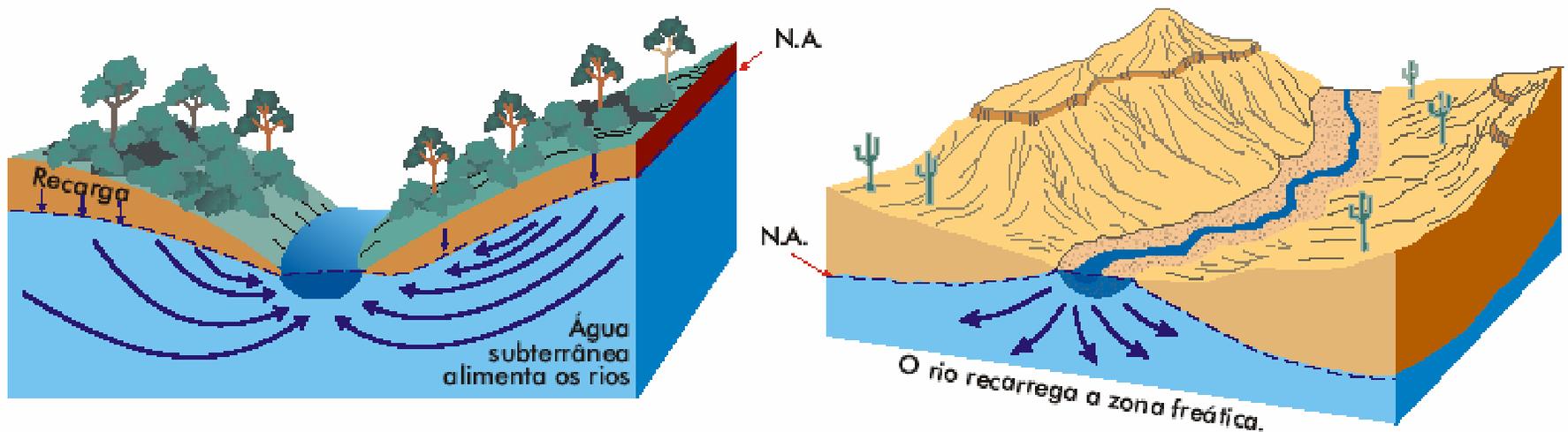
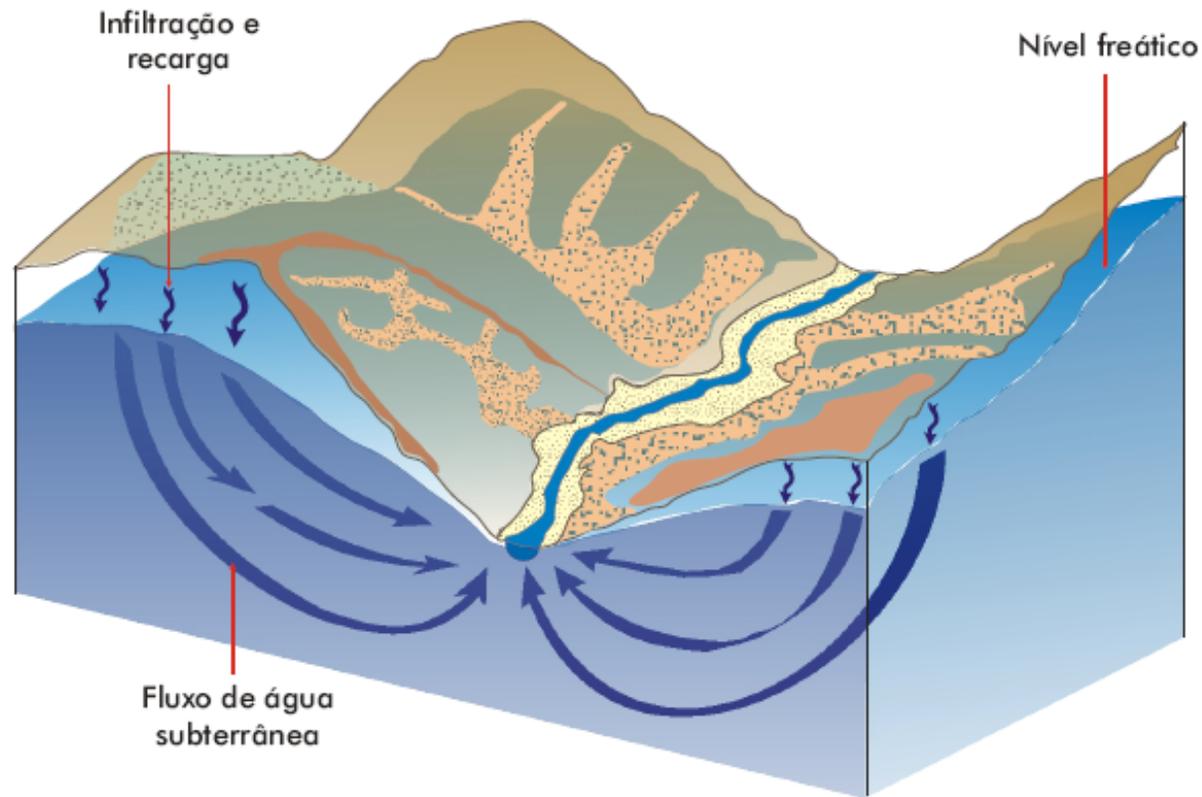


Fig. 7.5 Rios efluentes e influentes conforme a posição do nível freático em relação ao vale.

NÍVEL FREÁTICO E O RELEVO NA SUPERFÍCIE



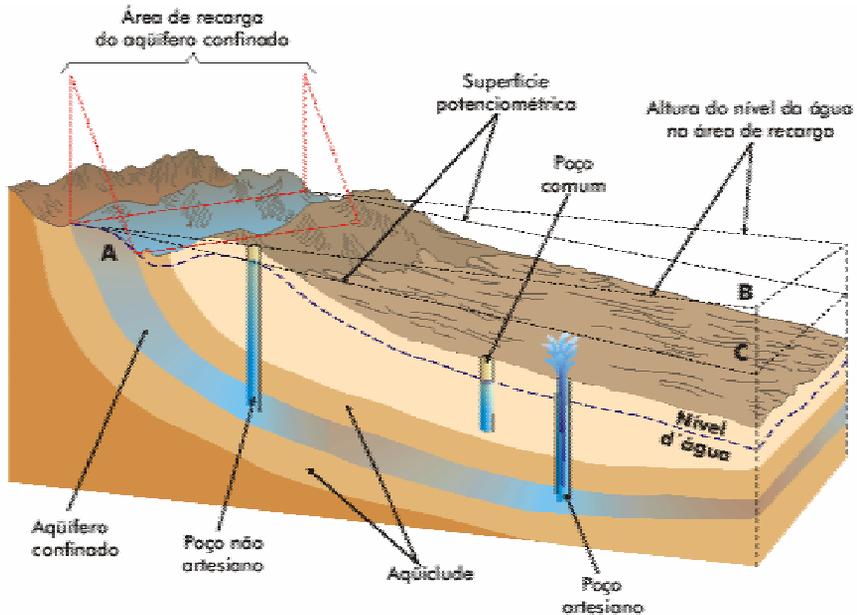


Fig. 7.10 Aquífero confinado, superfície potenciométrica e artesianismo.

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

Aquífero suspenso. Causa: diferenças litológicas

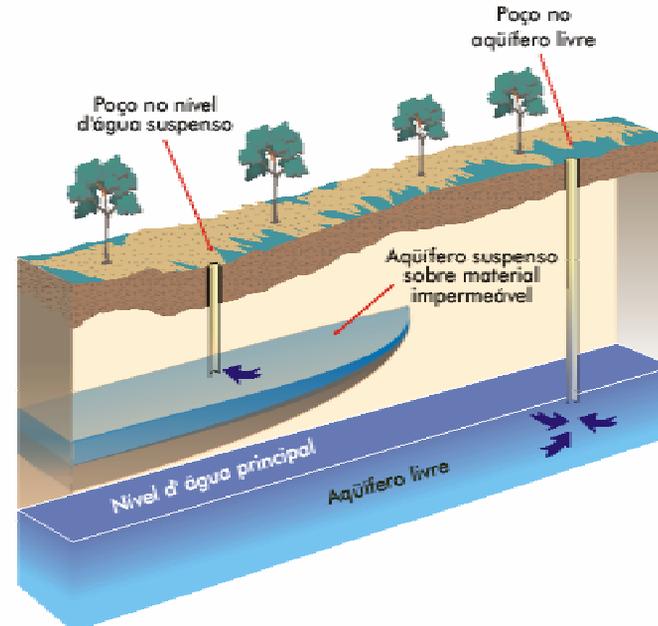
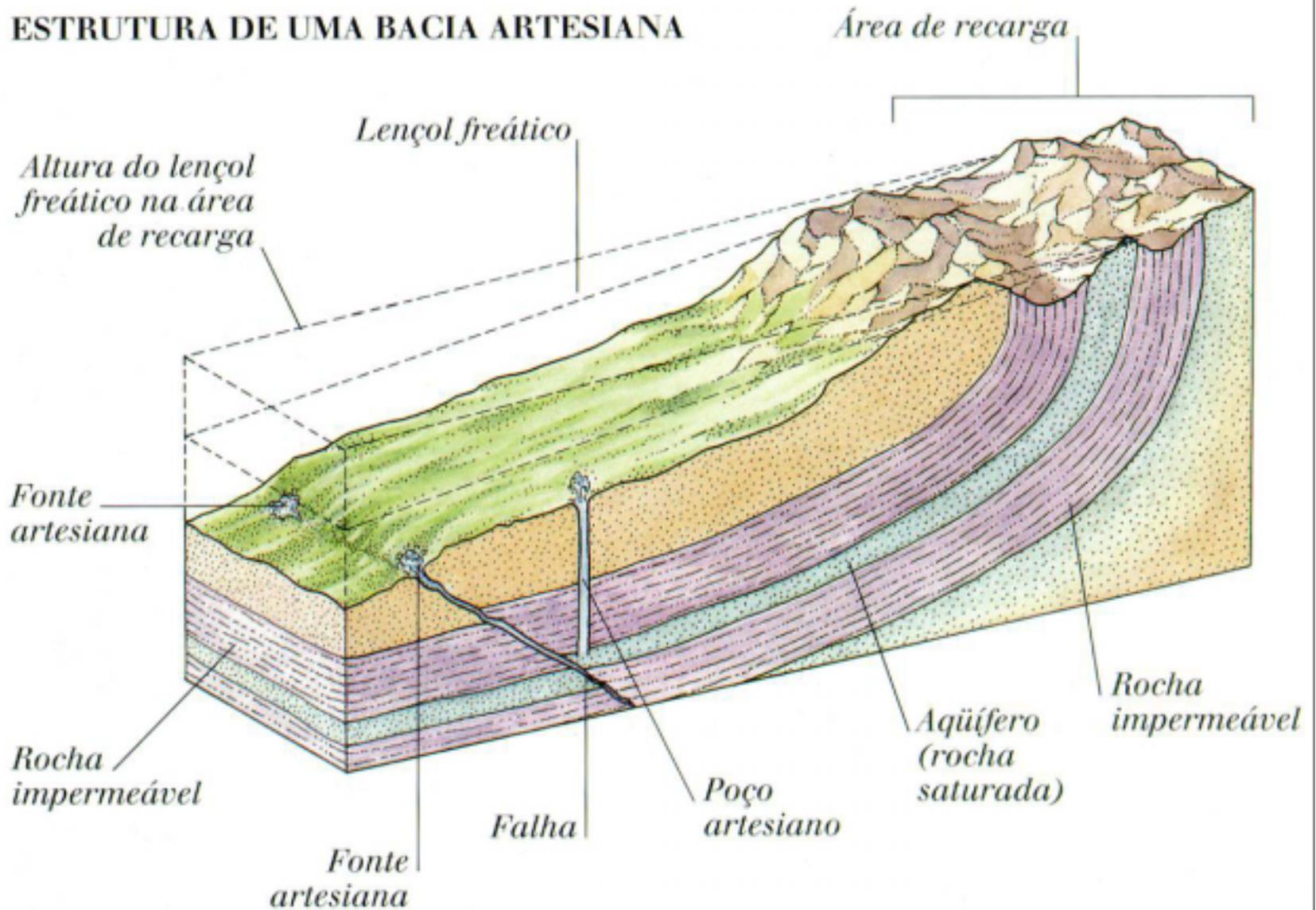


Fig. 7.9 Aquíferos livres e suspensos. Aquíferos suspensos ocorrem quando uma camada impermeável intercepta a infiltração.

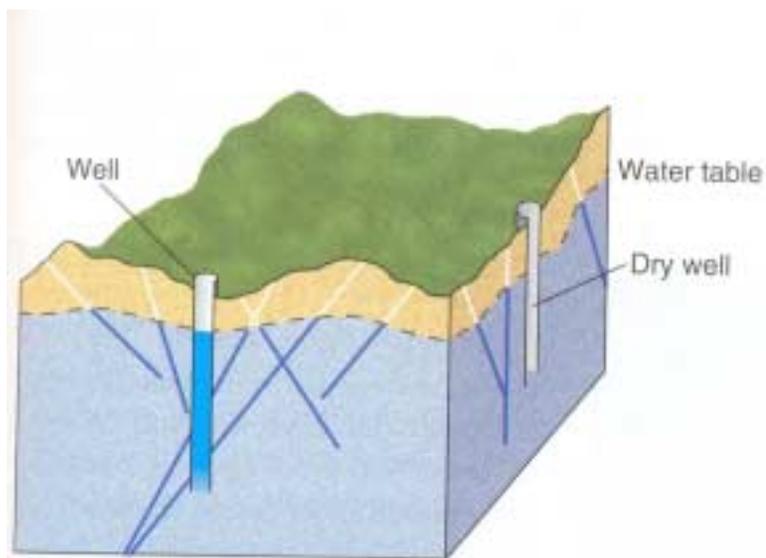


ESTRUTURA DE UMA BACIA ARTESIANA

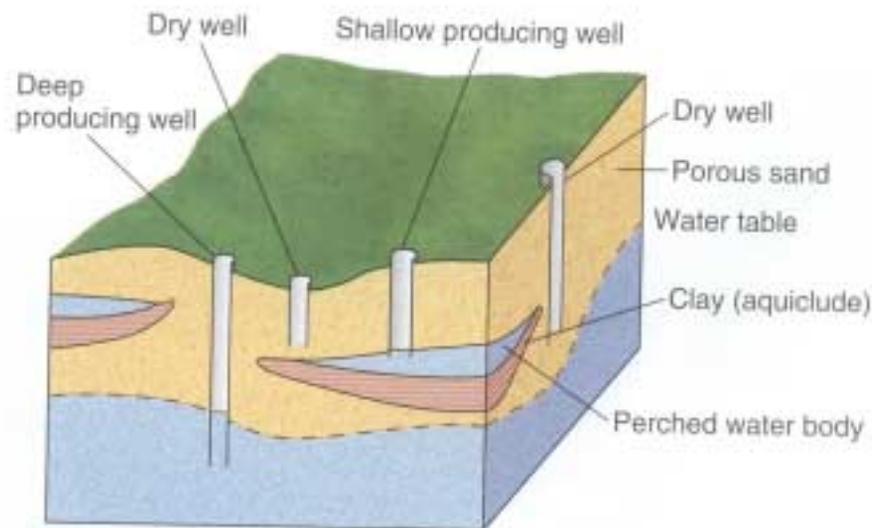


Poço alcança fraturas em rochas metamórficas e ígneas. Será poço seco, se as fraturas não contiverem água ou o poço não atravessar fraturas.

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



A.
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



B.
encountered. 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

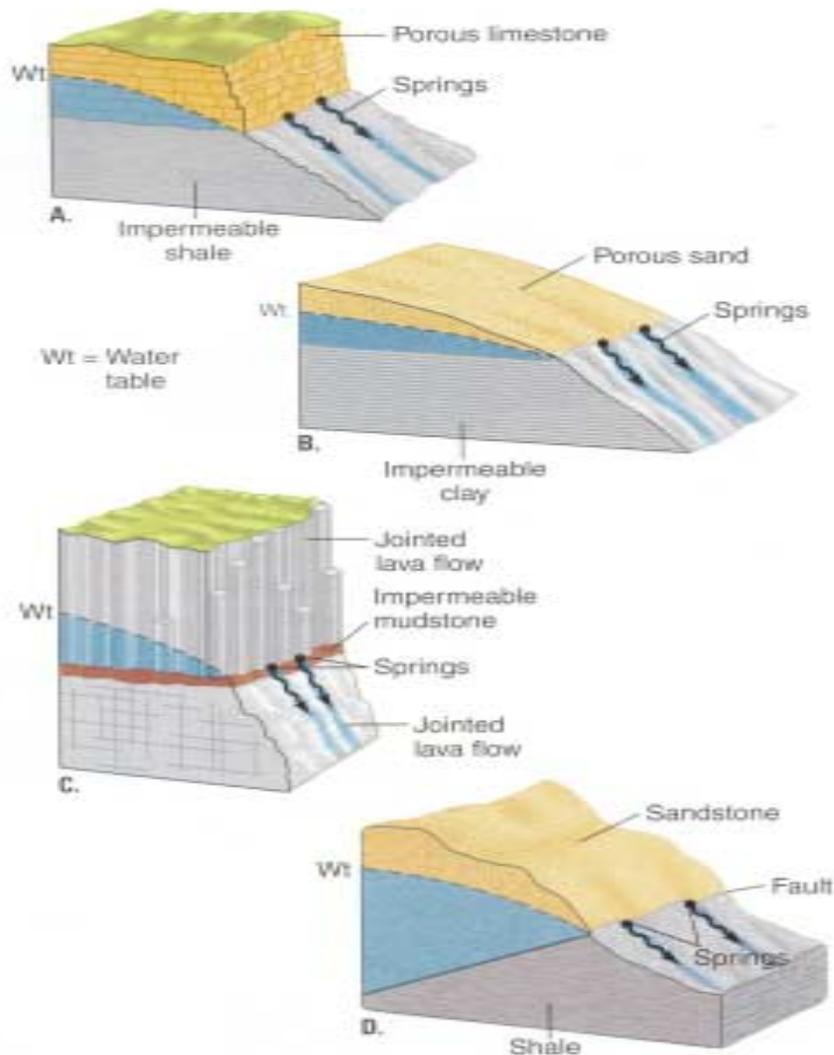
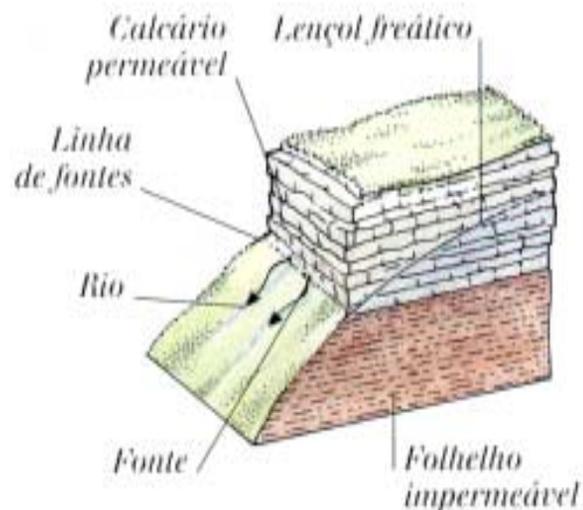


Figure 15.6 What Causes Springs? Examples of springs formed in different geologic conditions. A. Two springs discharge water at the contact between a porous limestone and an underlying impermeable shale. B. Springs lie at the contact between a porous sandy unit and an underlying impermeable clay. C. 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.

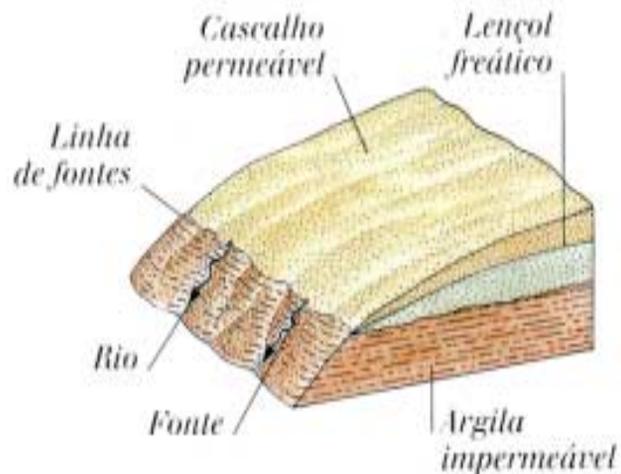
-Diferenças litológicas (rochas porosas e não porosas)

- presença de estruturas tectônicas. Ex. falhas.

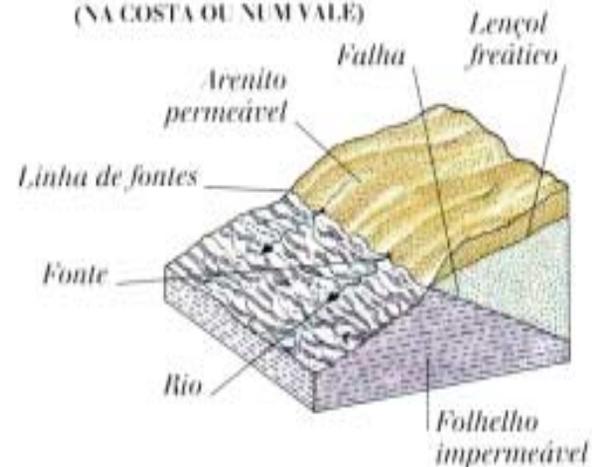
EXEMPLOS DE FONTES



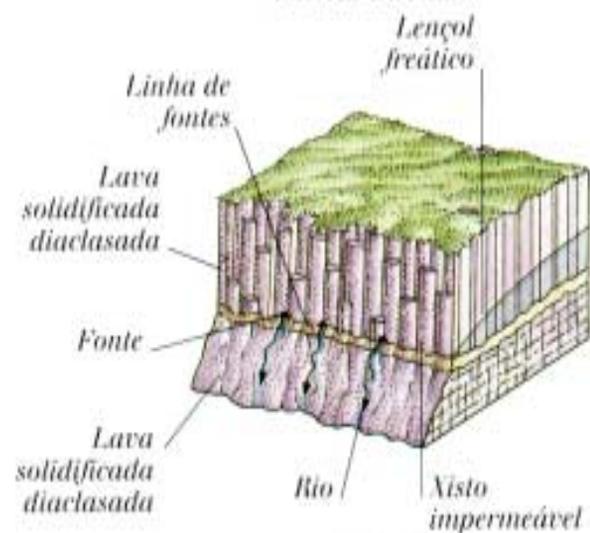
FONTES DE CALCÁRIO



FONTES DE CAMADA (NA COSTA OU NUM VALE)



FONTES DE FALHA



FONTES DE LAVA





Contato água doce e salgada

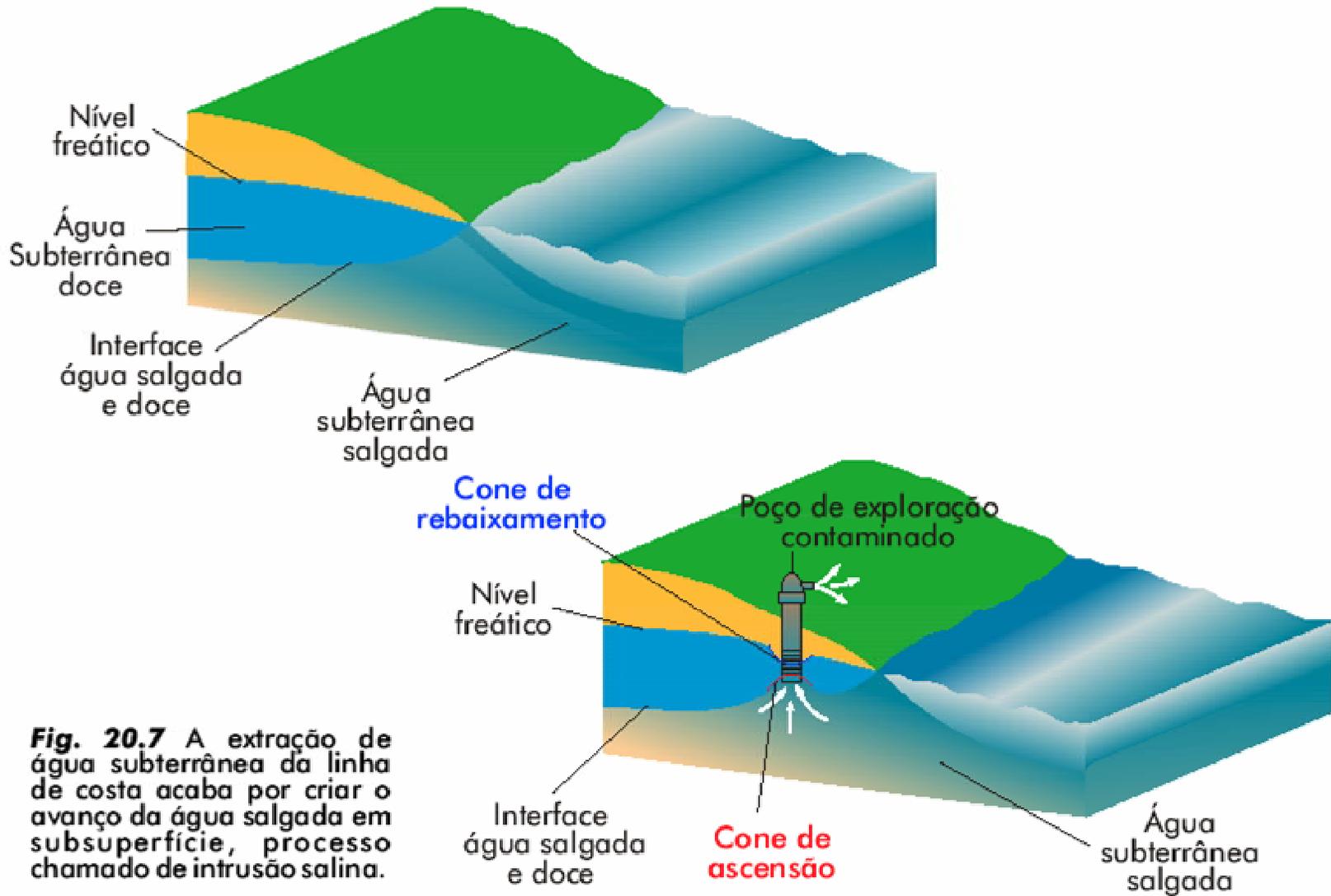
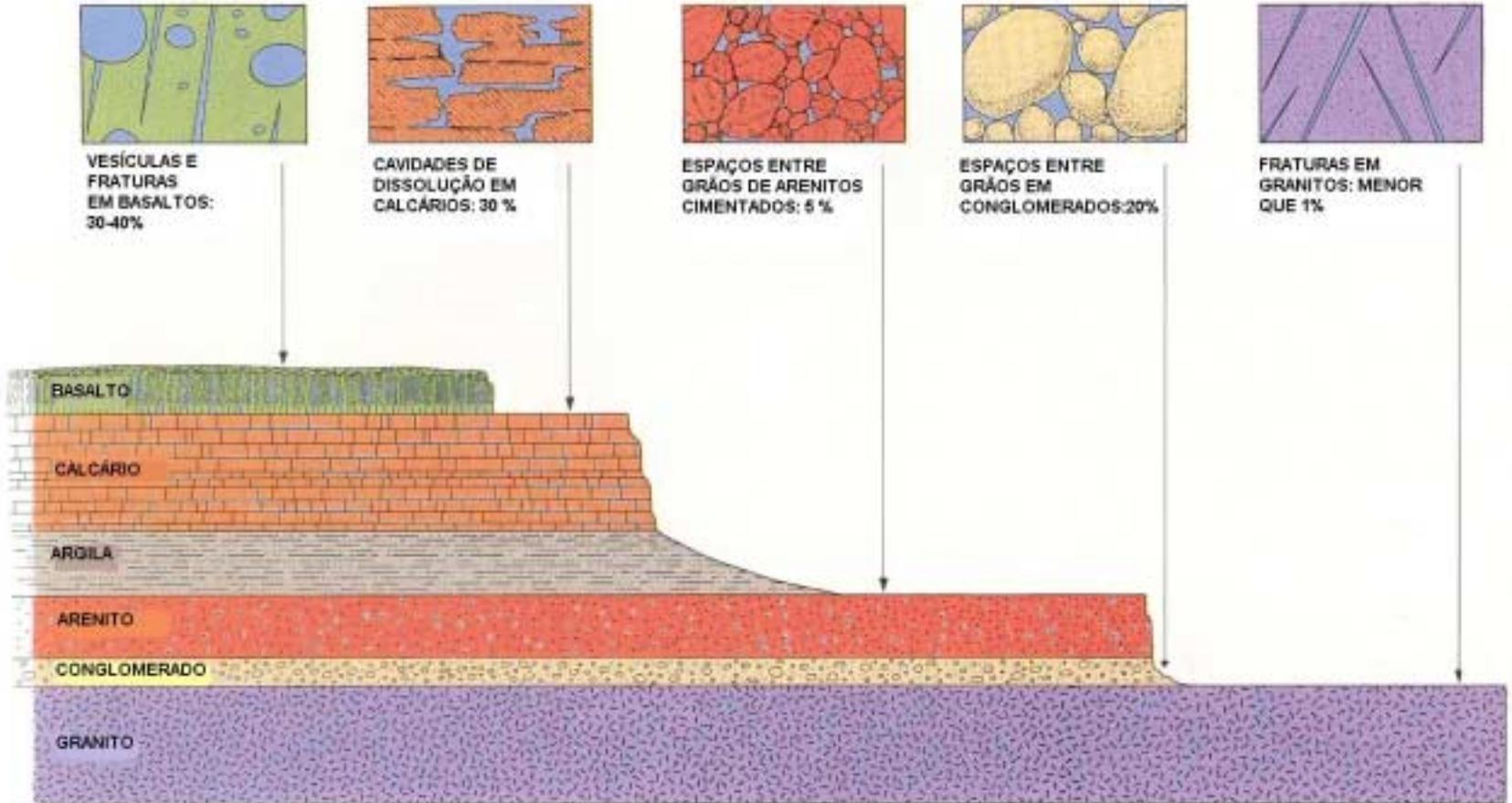
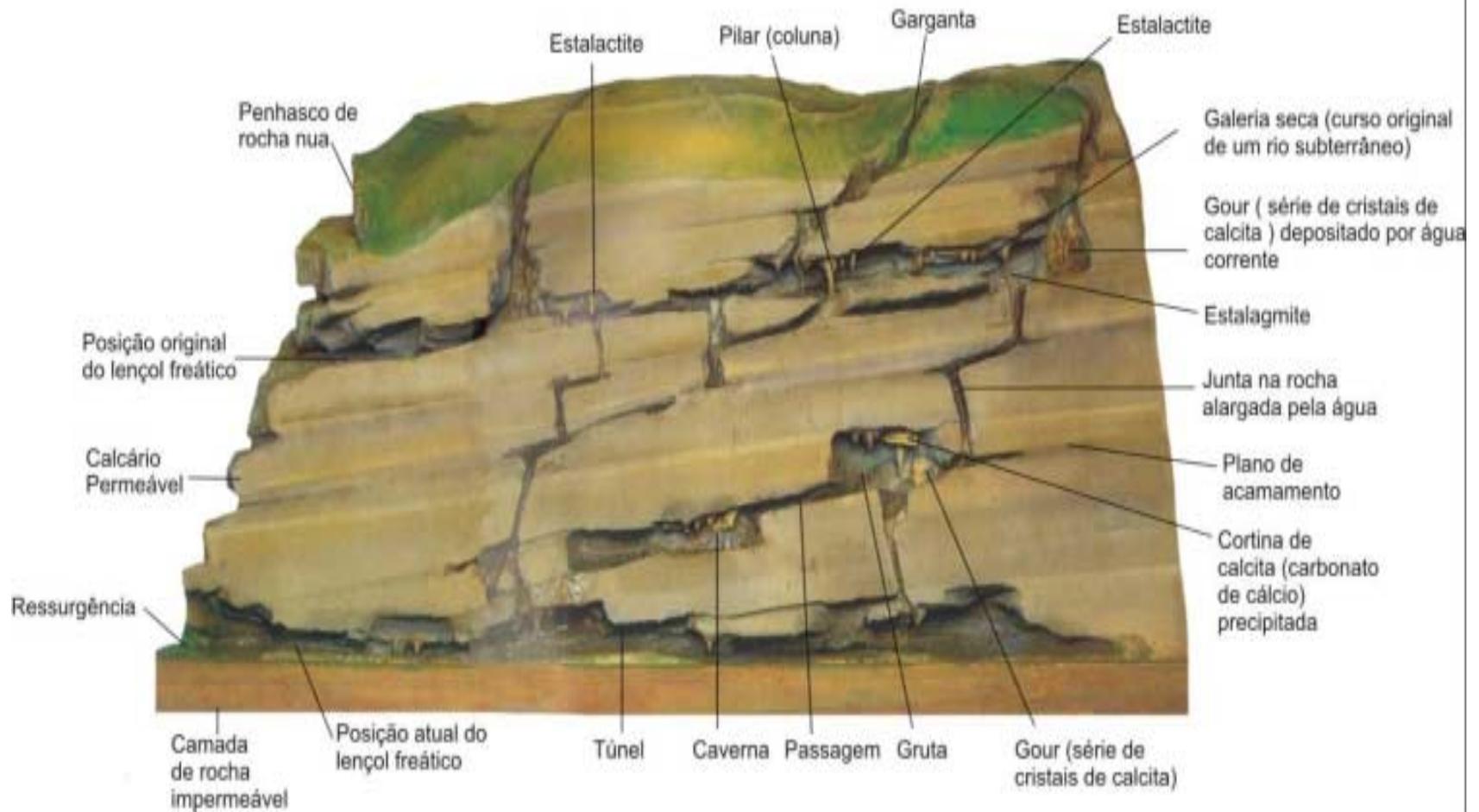


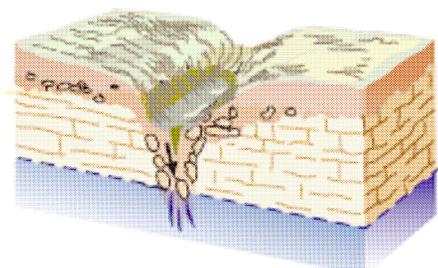
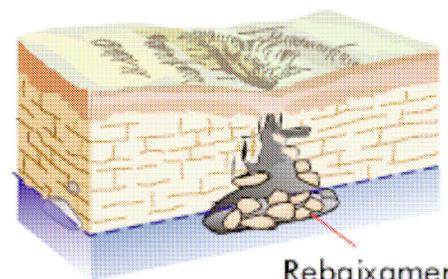
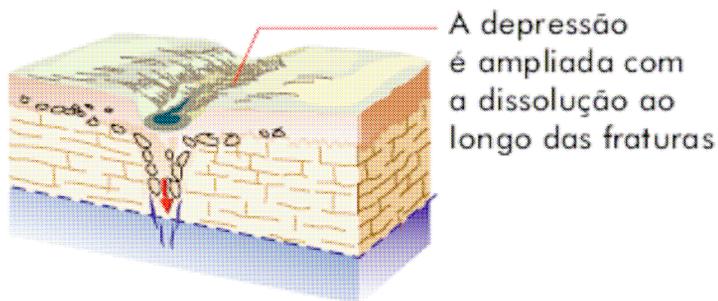
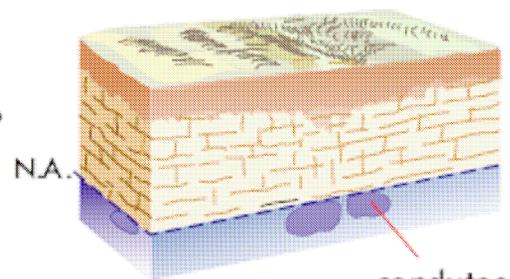
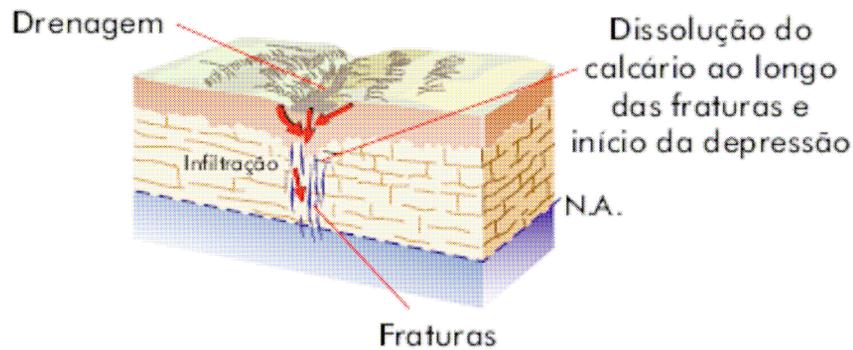
Fig. 20.7 A extração de água subterrânea da linha de costa acaba por criar o avanço da água salgada em subsuperfície, processo chamado de intrusão salina.

COMPORTAMENTO DA POROSIDADE EM SUBSUPERFÍCIE



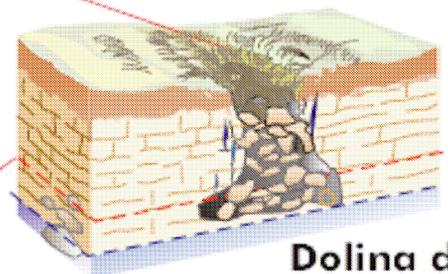
Feições cársticas





O abatimento de blocos atinge a superfície

antigo nível d'água



Dolina de colapso

Dolina de subsidência lenta

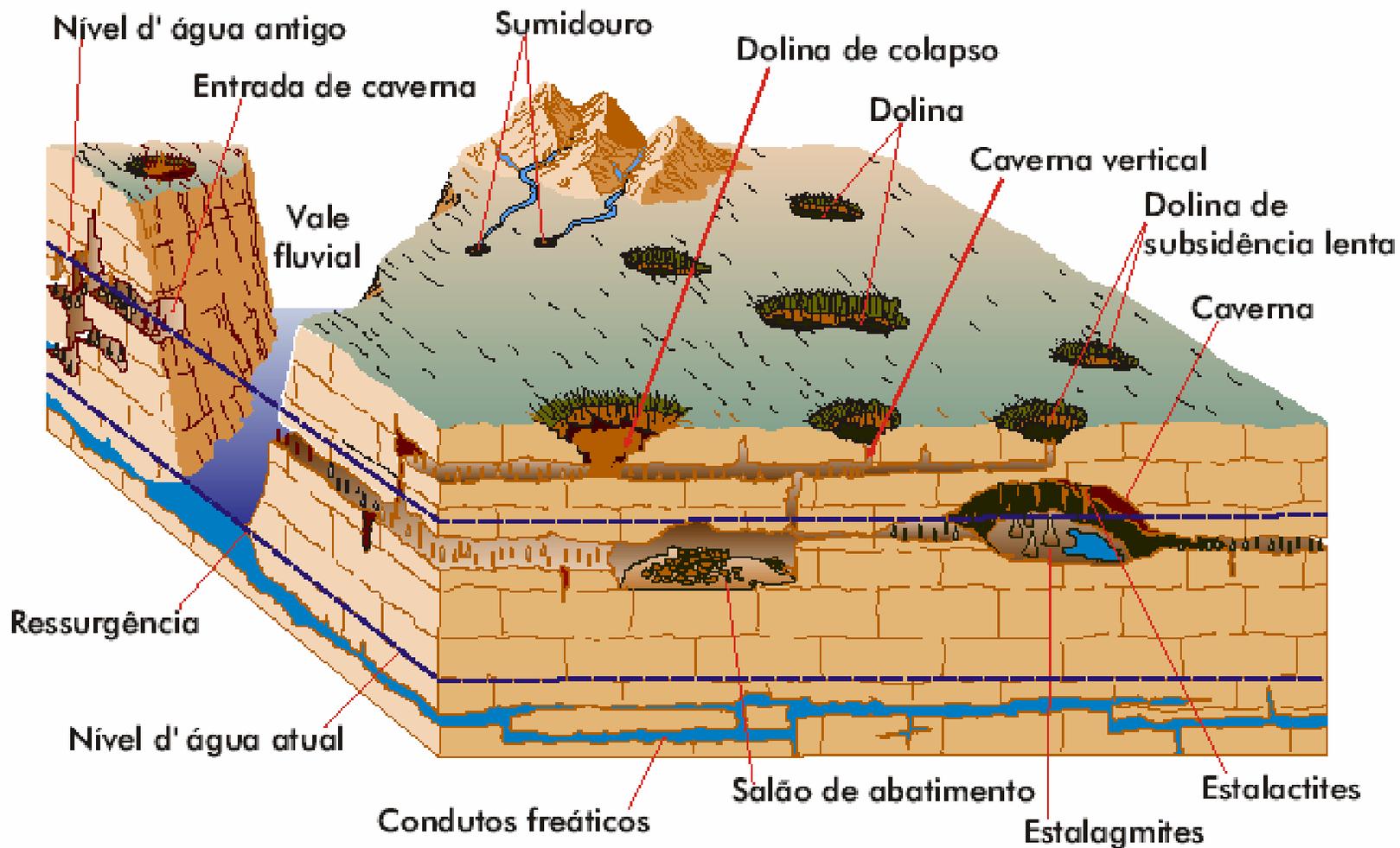


Fig. 7.14 Componentes principais do sistema cárstico.

TOPOGRAFIA DA SUPERFÍCIE DE UM SISTEMA DE CAVERNAS

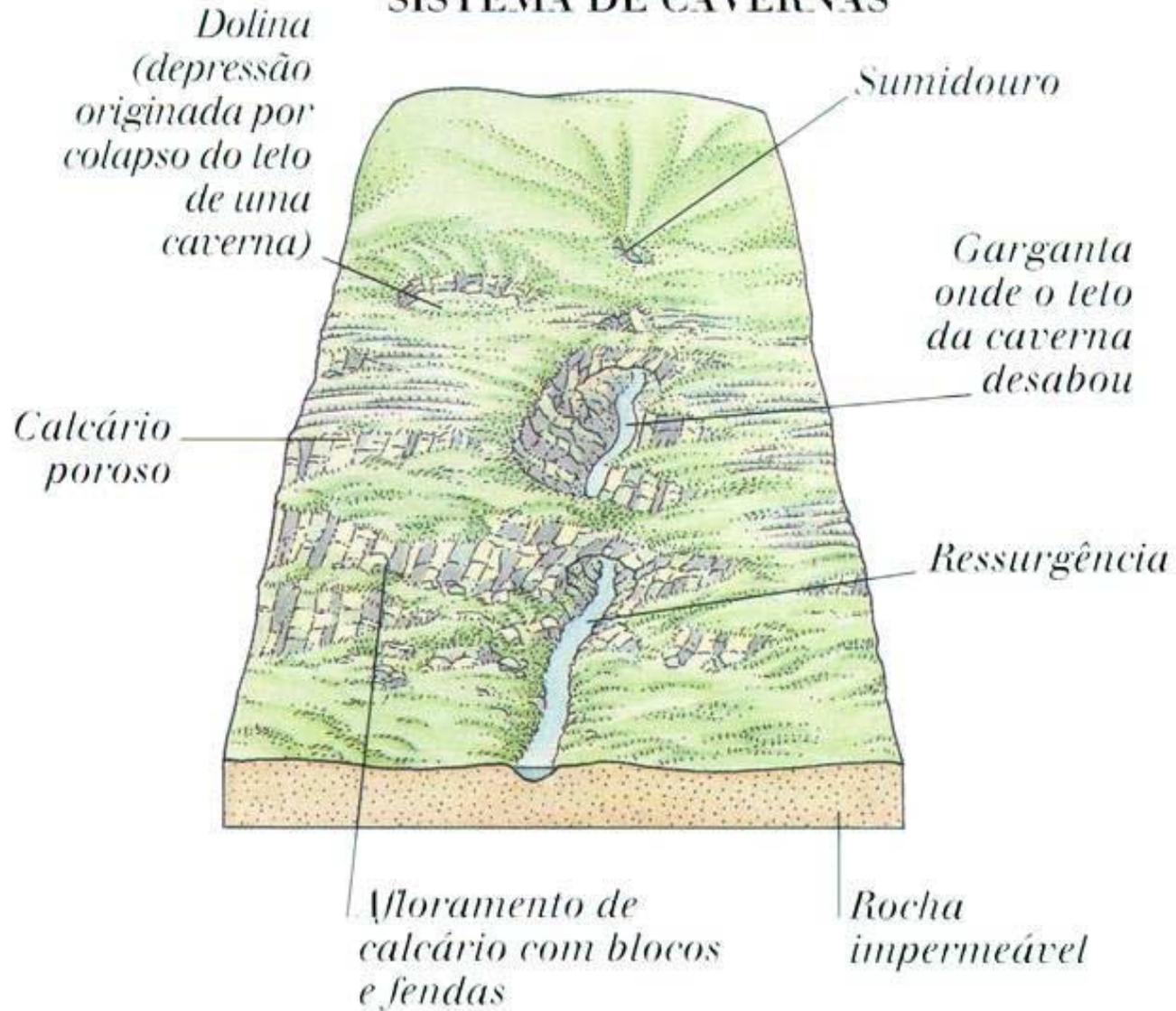




Fig. 7.19 Vale cárstico associado à caverna Lapa dos Brejões. No lado esquerdo do vale avista-se o pórtico de entrada da caverna com 106 m de altura. Município de Morro do Chapéu, Chapada Diamantina, BA. Foto: Ivo Karmann.

Carste ativo



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

Províncias hidrogeológicas do Brasil

(DNPM/CPRM, 1983)

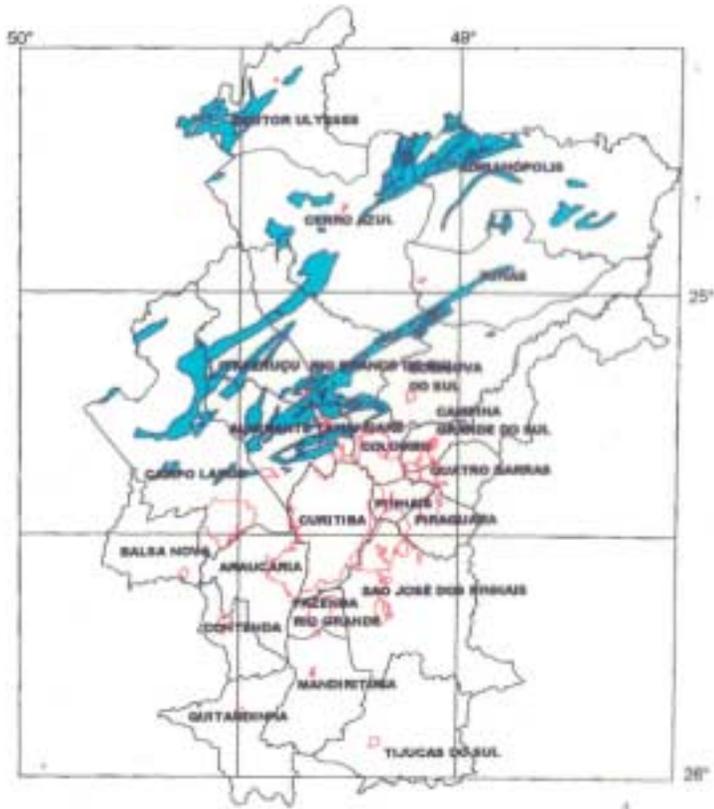


		VOLUME DE ÁGUA (km ³)
1	ESCUDO SETENTRIONAL	80
2	ESCUDO CENTRAL	
3	SÃO FRANCISCO	
4	ESCUDO ORIENTAL	
5	ESCUDO MERIDIONAL	10.000
6	CENTRO OESTE	32.500
7	AMAZONAS	
8	PARAÍBA	
9	PARANÁ	50.400
10	COSTEIRA	1831

Principais aquíferos do paraná

- Carste
- Guarani
- Serra Geral

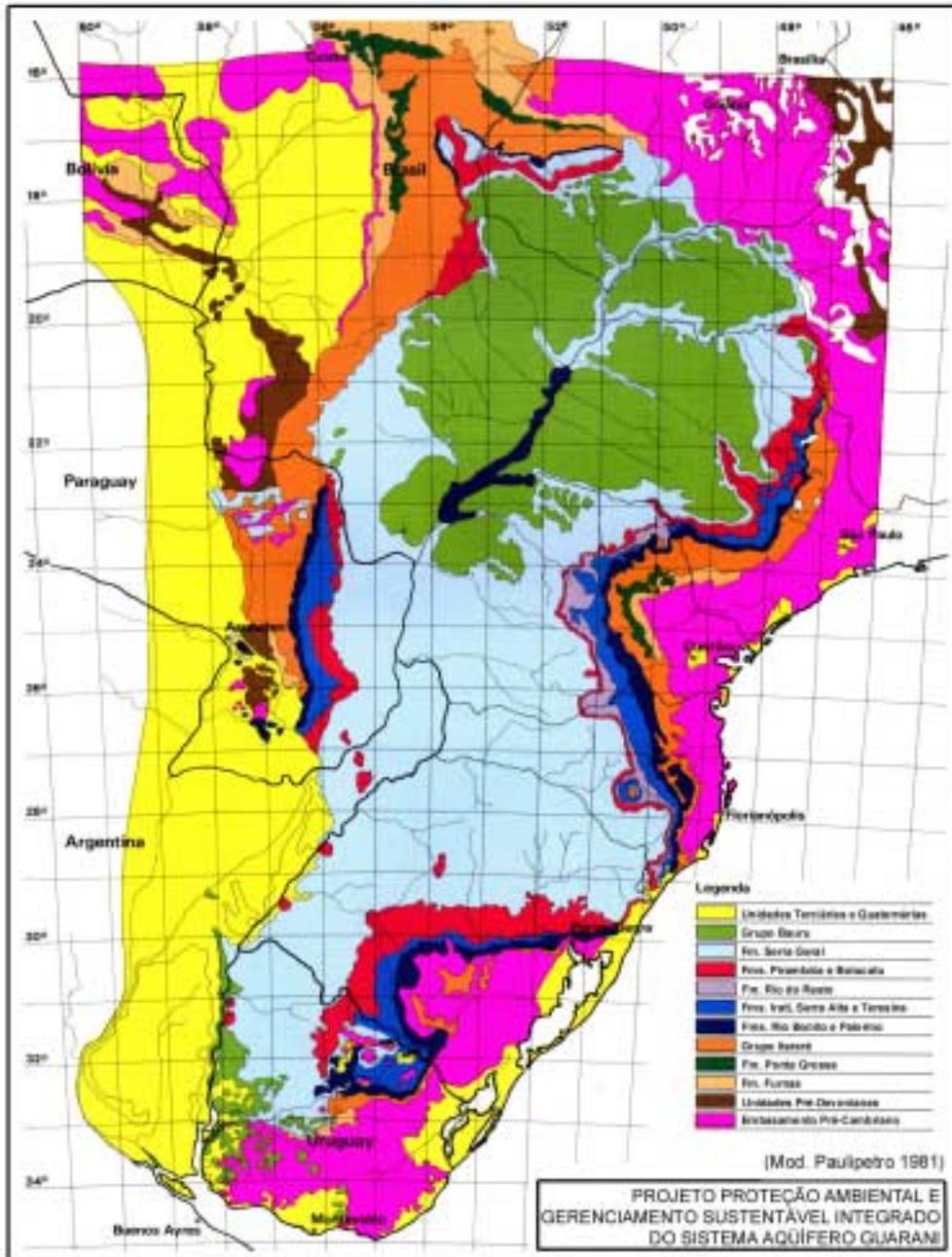
Principais ocorrências de rochas carbonáticas na RMC



Aquífero Carste

-  Ocorrências de rochas carbonáticas
-  Municípios - RMC
-  Principais áreas urbanas





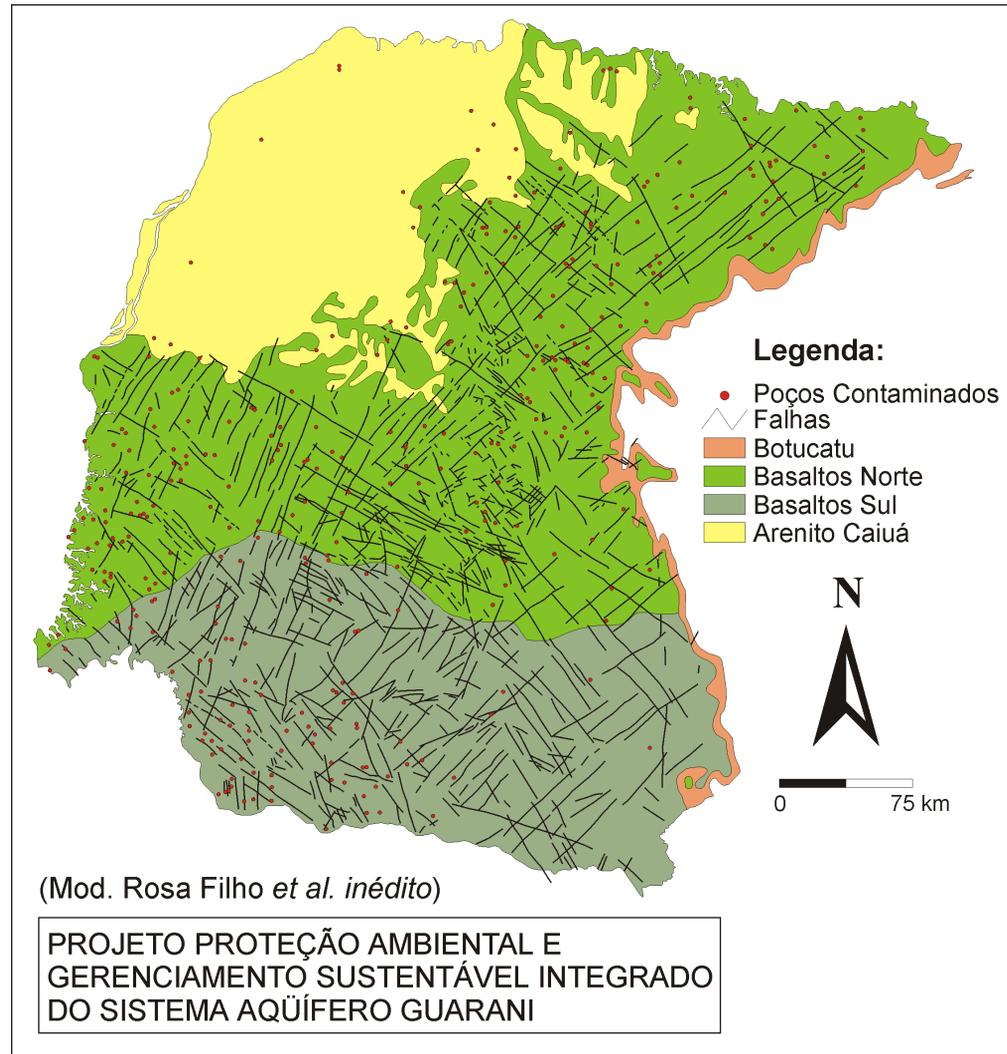
Aquífero Guarani

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



Alguns problemas relacionados à ação da água

Assoreamento de rios



1 - O FLUXO DE ÁGUA NO TERRENO

CHUVA



INFILTRAÇÃO: A PARTE QUE ENTRA NO TERRENO.

ENXURRADA: A PARTE QUE CORRE PELA SUPERFÍCIE.

by WATANABE

Fonte: www.ebanataw.com.br/percolacao.htm

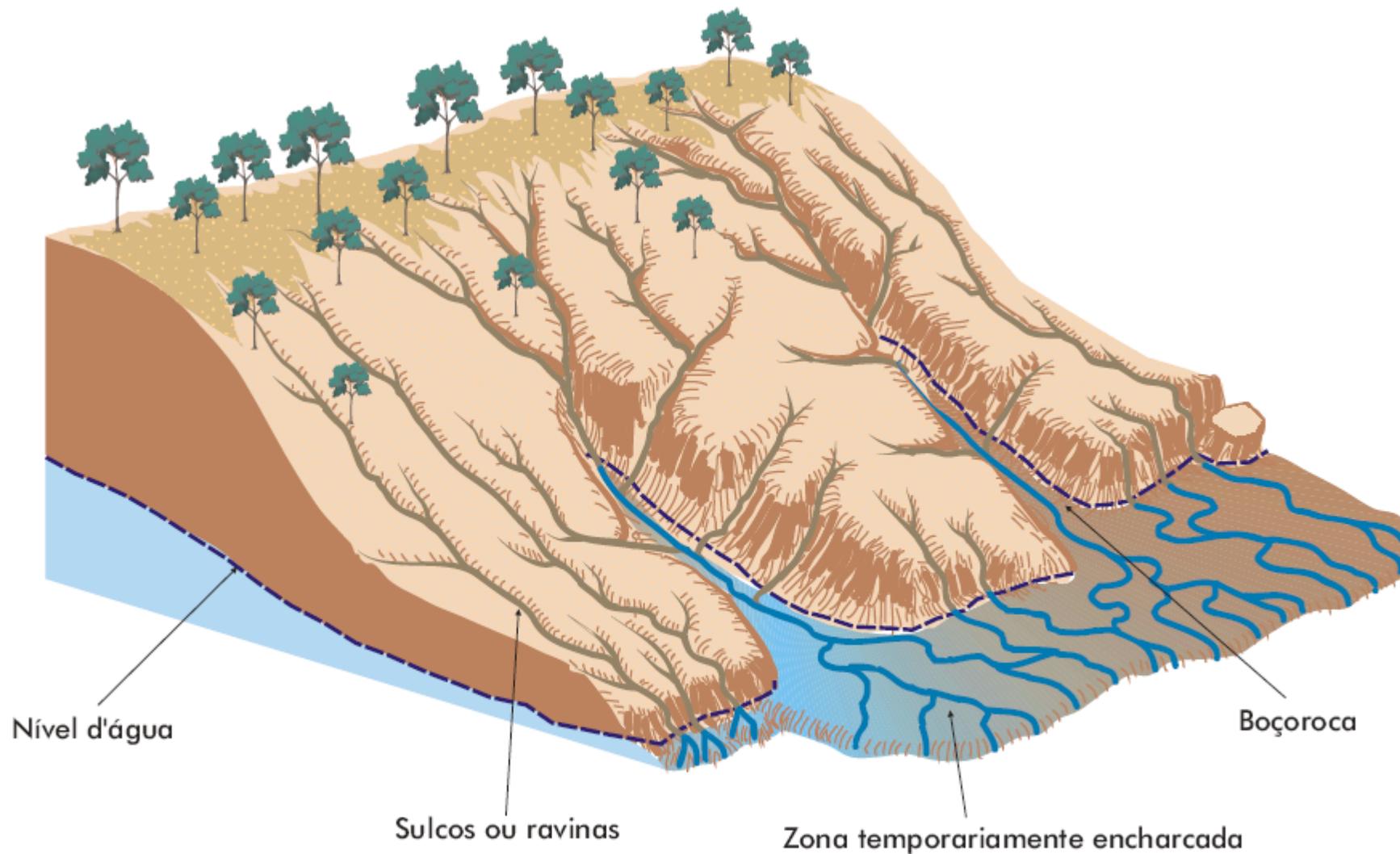
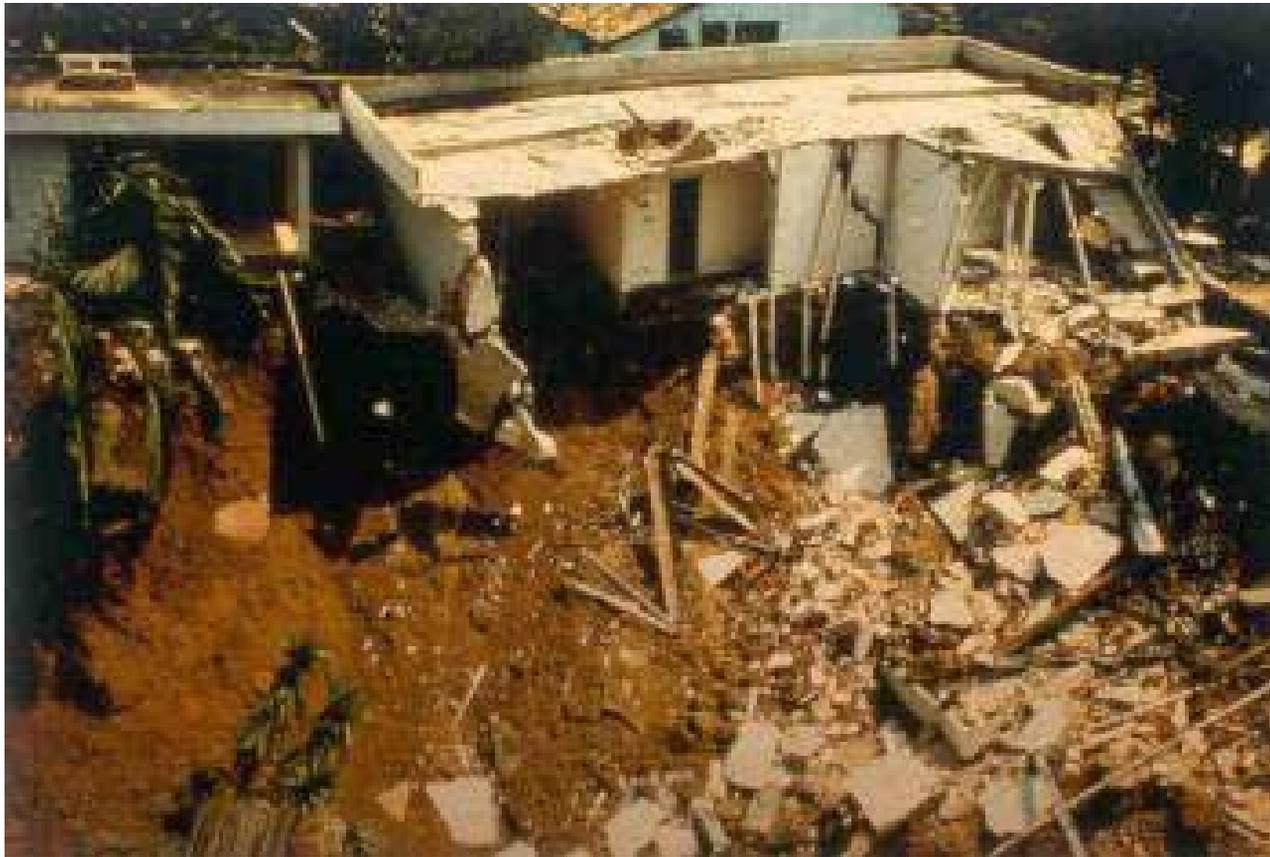


Fig. 7.12 Morfologia de sulcos e boçorocas.

Subsidência de carste - Cajamar



Escorregamento Túnel Rebouças

