

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

UM RECURSO A SER
CONHECIDO E
PROTEGIDO



Presidente da República

Luis Inácio Lula da Silva

Ministra de Estado do Meio Ambiente

Marina Silva

**Secretário Executivo do Ministério do
Meio Ambiente**

João Paulo Ribeiro Capobianco

**Secretário de Recursos Hídricos e
Ambiente Urbano**

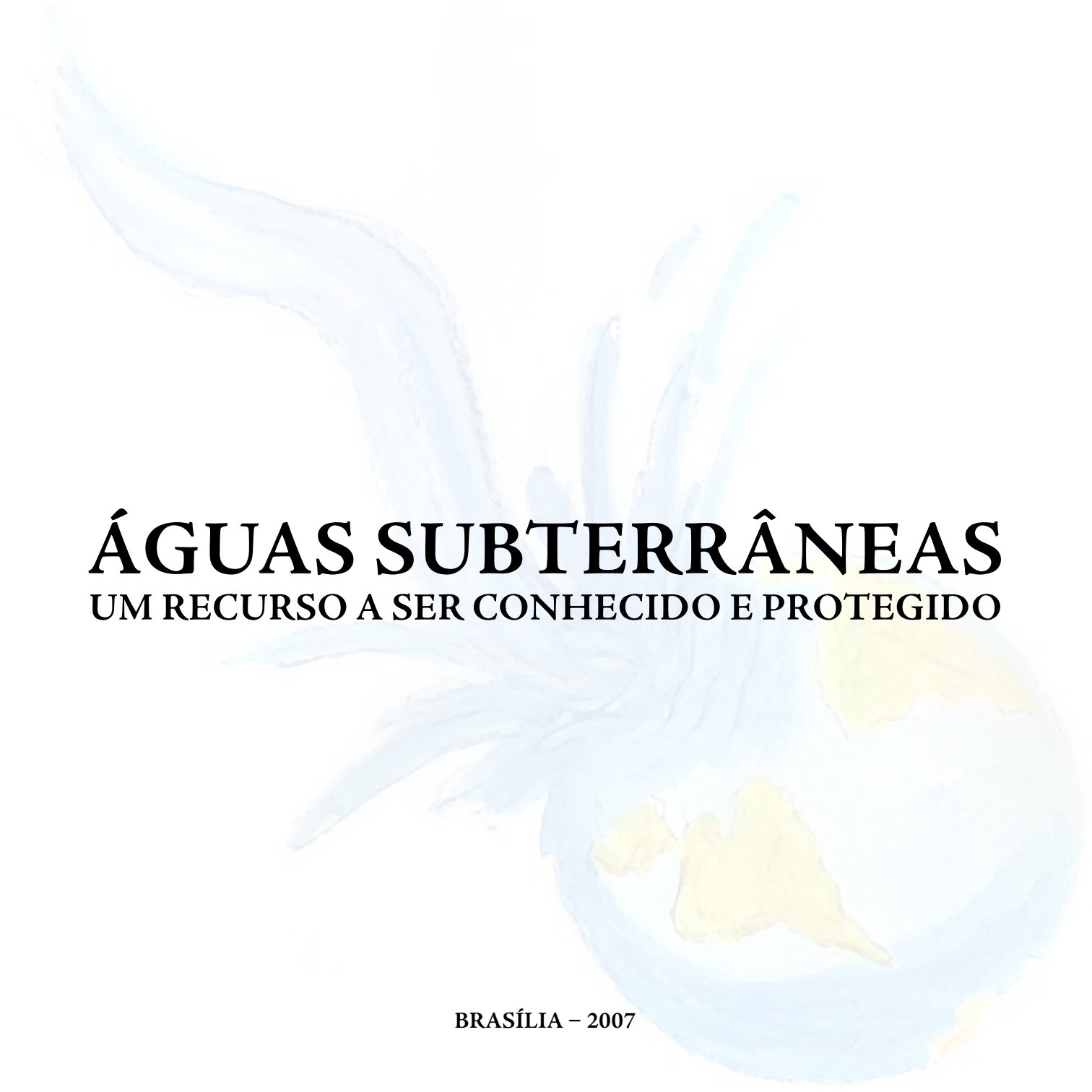
Eustáquio Luciano Zica

Diretor de Recursos Hídricos

João Bosco Senra

**Presidente da Associação Brasileira de
Águas Subterrâneas**

Everton de Oliveira



ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

UM RECURSO A SER CONHECIDO E PROTEGIDO

BRASÍLIA – 2007

EQUIPE DE ELABORAÇÃO

Adriana Niemeyer Pires Ferreira
Claudia Ferreira Lima
Fabrício B. da Fonseca Cardoso
Júlio Thadeu Kettelhut

COLABORAÇÃO

Celso Marcatto
Cristhophe Saldanha Balmant
Ianaê Cassaro
Jaciara A. Rezende
Laestanislaula Sousa da Silva
Ligia Souto Ferreira
Priscila Maria Wanderley Pereira
Renato Saraiva Ferreira

ILUSTRAÇÕES

Gustavo Tomé de Oliveira
Claudia Ferreira Lima

PROJETO GRÁFICO E REVISÃO

Agência Crio – Comunicação e Negócios



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
PETROBRAS**

CONTRATO 6000.0027020.06.2

Contrato de Patrocínio que entre si celebram Petróleo Brasileiro S.A.
– PETROBRAS e a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
– Abas – I Congresso Aquífero Guarani

PREFÁCIO

Quando o Ministério do Meio Ambiente propôs um novo modelo para a política ambiental, pensou em algo compatível com o avançado arcabouço legal brasileiro, mas que fosse muito além da agenda do “não pode” e das medidas de redução de impactos ambientais. Pensou em compartilhar a gestão ambiental com todos os setores do Governo Federal, envolvendo estados, municípios e Agenda Ambiental Integrada, capaz de agregar conceitos socioambientais ao novo ciclo de desenvolvimento econômico do país.

Ao final de quatro anos, o Ministério do Meio Ambiente constata o avanço da implantação dessa política. Articulações e parcerias resultaram na definição de planos, programas e ações que aplicaram princípios e critérios para um conceito moderno e apropriado de desenvolvimento. Essa estratégia de integração e compartilhamento se estendeu da Amazônia ao semi-árido nordestino, dos programas destinados a garantir o acesso e a melhoria da qualidade da água ao controle da poluição, da criação de unidades de conservação ao fortalecimento do licenciamento ambiental. Por meio de iniciativas em diferentes políticas públicas, a Política Ambiental Integrada vem consolidando um direcionamento prioritário: contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável em todo o país.

O Brasil é, neste sentido, um país de dimensões continentais que apresenta grande disponibilidade hídrica, mas com diversos desafios a serem superados e problemas a serem enfrentados. A distribuição dos recursos hídricos não é uniforme, tanto espacial como temporalmente, existindo regiões com graves cenários de escassez, em quantidade, com destaque para o semi-árido nordestino, e em qualidade, no caso das regiões mais industrializadas do sudeste do país.

No caso das águas subterrâneas, quando comparada à gestão das águas superficiais, é notória a defasagem do conhecimento básico, do monitoramento e de estudos hidrogeológicos que indiquem com certo grau de certeza o comportamento destas águas e características dos aquíferos, além da necessidade de implementação de mecanismos legais e capacitação técnica e social.

A Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (SRU/MMA) vem debatendo e promovendo a articulação da questão das águas subterrâneas por meio de alguns programas e projetos, como o Programa Nacional de

Águas Subterrâneas, o Projeto Aquífero Guarani, o Programa ISARM Américas e o Programa Água Doce, assim como no Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos foi desenvolvido mediante um processo que propiciou ampla participação social resultando em importantes contribuições de diversos segmentos, e vem tratando o tema das águas subterrâneas em seu detalhamento, principalmente por meio do Programa VIII – Programa Nacional de Águas Subterrâneas, bem como utilizando abordagens transversais e correlatas nos outros programas.

Para que possamos atribuir às águas subterrâneas seu devido valor como recurso estratégico e importante fonte de abastecimento, são necessárias ações no sentido de ampliar os conhecimentos técnicos, implantar uma rede de monitoramento efetiva, implementar a gestão integrada das águas subterrâneas e superficiais, bem como a capacitação de técnicos, gestores e da sociedade em geral.

Neste sentido, o presente documento apresenta conceitos relevantes para o entendimento das peculiaridades da gestão das águas subterrâneas, suas características básicas, ações de proteção, além de traçar um panorama das principais ações da SRU/MMA relacionadas à questão.

Esperamos que este documento introduza e fortaleça o processo de discussão da inserção das águas subterrâneas na Gestão Integrada de Recursos Hídricos, uma vez que este recurso estratégico precisa ser efetivamente conhecido para ser protegido e utilizado de maneira adequada.

Demonstra-se, assim, por meio do tema das águas subterrâneas, a amplitude que as políticas ambientais assumiram no Brasil nos últimos quatro anos.

O MMA tem procurado apontar claramente para um novo paradigma de desenvolvimento econômico e demonstrar, pelos seus resultados, que este é viável. Temos condições de avançar muito mais porque hoje sabemos que as políticas públicas podem dar respostas aos desafios civilizatórios brasileiros. Penso que este é o recado que estamos recebendo da sociedade e que nos anima a continuar no caminho.

MARINA SILVA

Ministra de Estado do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	DISTRIBUIÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA	8
3	AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO CICLO HIDROLÓGICO	10
4	OS AQUÍFEROS E SUAS CARACTERÍSTICAS	11
	4.1 Tipos de Aquíferos	12
	4.2 A Dinâmica de Reabastecimento dos Aquíferos – As Áreas de Recarga.....	15
5	PROPRIEDADES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	16
6	IMPACTOS SOBRE AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	18
7	PANORAMA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	21
	7.1 Águas Subterrâneas no Mundo.....	21
	7.2 Águas Subterrâneas no Brasil.....	22
8	A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	26
	8.1 Arcabouço Institucional e Legal da Gestão das Águas Subterrâneas	26
	8.2 Algumas Estratégias de Proteção, Conservação e Gestão das Águas Subterrâneas.....	28
9	PRINCIPAIS AÇÕES DA SRU/MMA EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	30
10	BIBLIOGRAFIA	37
11	ONDE OBTER MAIS INFORMAÇÕES	38

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental para a manutenção de todas as formas de vida em nosso planeta. Apesar de dois terços da superfície da Terra ser coberta por água, apenas uma pequena porção dessa água é doce.

De toda a água doce disponível para consumo, 96% é proveniente de água subterrânea. São elas as responsáveis pela garantia da sobrevivência de parte significativa da população mundial. Países como Arábia Saudita, Dinamarca e Malta utilizam exclusivamente dessas águas para todo o abastecimento humano. Enquanto que na Áustria, Alemanha, Bélgica, França, Hungria, Itália, Holanda, Marrocos, Rússia e Suíça, mais de 70% da demanda por água é atendida por manancial hídrico subterrâneo (CPRM, 1997).

No Brasil, segundo dados do IBGE (2000), cerca de 55 % dos distritos são abastecidos por água subterrânea. Cidades como Ribeirão Preto (SP), Maceió (AL), Mossoró (RN) e Manaus (AM), suprem todas as suas necessidades hídricas utilizando esse tipo de abastecimento. Além de atender diretamente à população, esses recursos são utilizados na indústria, agricultura (irrigação), lazer, etc.

Em função dessa crescente demanda, as águas subterrâneas estão sob forte pressão. A superexploração, ou seja, a extração de água em volume maior do que o reposto pela natureza, pode provocar a redução da quantidade de água que abastece os rios, a seca de nascentes, o esgotamento dos reservatórios, entre tantos outros impactos negativos.

Somam-se a esses os problemas relacionados com a contaminação das águas pelas atividades humanas (ação antrópica), sendo as principais fontes de poluição: as fossas, os esgotos domésticos e industriais, os vazamentos em postos de gasolina, os lixões, os agrotóxicos utilizados na agricultura, os poços profundos mal instalados ou abandonados, entre outros.

A poluição provocada pelas atividades humanas, o aumento da população mundial, o consumo excessivo e o alto grau de desperdício são fatores que colocam em risco a disponibilidade de água doce. Por sua importância estratégica para as gerações presentes e futuras, nossas reservas de água subterrânea necessitam de um cuidado especial, para sua preservação e utilização de forma sustentável.

A maior parte da população brasileira tem pouca informação sobre as águas subterrâneas, sua dinâmica, os possíveis impactos e suas potencialidades de uso. Considerando que o conhecimento é fundamental no processo de preservação dos recursos naturais, a Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (SRU/MMA) e a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (Abas) produziram este documento, com o intuito de facilitar o acesso às informações necessárias à conservação e ao uso sustentável desse bem natural.

Ao longo deste documento, serão apresentadas noções básicas e as particularidades das águas subterrâneas, com uma contextualização sobre sua ocorrência e a indicação das normas legais federais relacionadas à sua gestão. O objetivo é o de disseminar informações relativas às águas subterrâneas para aos atores do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos a fim de ampliar o conhecimento para dar base à Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH). Também serão apresentadas de forma sintética as ações da SRU/MMA relacionadas ao tema, como o Plano Nacional de Recursos Hídricos, o Programa de Águas Subterrâneas, o Programa ISARM Américas, o Projeto Aquífero Guarani e o Programa Água Doce. Por fim, são recomendados alguns sítios eletrônicos, livros e documentos destinados a um maior aprofundamento sobre os conhecimentos referentes às águas subterrâneas.

2 DISTRIBUIÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

A maior parte da superfície da Terra está coberta por água (70%), por isso a chamamos de Planeta Azul. Do volume total de água do planeta, 97,5% é salgada, compondo os mares e oceanos, e apenas 2,5% é doce.

Porém, da água doce existente na Terra, 68,9% formam as calotas polares, geleiras e neves eternas (que cobrem os cumes das montanhas), 0,9% corresponde à umidade do solo e pântanos, 0,3% aos rios e lagos, e os 29,9% restantes são águas subterrâneas.

Desta maneira, do total de água doce disponível para consumo, descontando-se aquela presente nas calotas polares, geleiras e neves eternas, as águas subterrâneas representam um total de 96%, conforme apresentado na Figura 1.

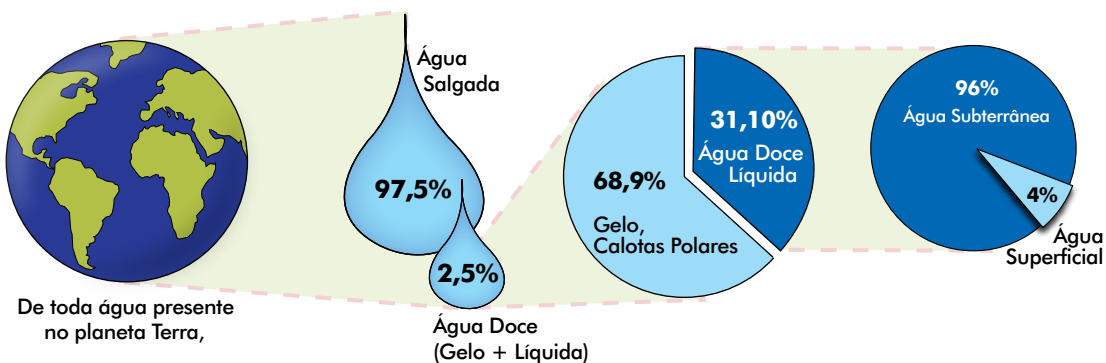


Figura 1 – Distribuição da água na Terra.

A água doce não está uniformemente distribuída pela superfície do planeta, ocorrendo regiões de extrema escassez e outras com relativa abundância. No Brasil, um dos países com maior disponibilidade hídrica da Terra (13,8%), existem regiões extremamente ricas, como a Amazônica, e outras com baixa disponibilidade (Tabela 1).

Com relação à abundância e à distribuição das águas subterrâneas, a situação não é diferente. O país como um todo possui uma

reserva de águas subterrâneas estimada em cerca de 112.000 km³, considerando uma profundidade de até 1000 metros, com um volume de reabastecimento (recarga) de 3.500 km³ anuais (Rebouças, 1997).

Há regiões com grande disponibilidade hídrica subterrânea, como aquelas abrangidas pelo Aquífero Guarani e regiões sedimentares em geral, e outras pobres, como aquelas de ocorrência das rochas cristalinas no semi-árido brasileiro.

Tabela 1 – Disponibilidade de água superficial e subterrânea.
Considerou-se apenas a produção hídrica em território nacional. IBGE (2003)

DISPONIBILIDADE HÍDRICA PER CAPITA M³/HAB/ANO	ESTADO	DISPONIBILIDADE HÍDRICA PER CAPITA M³/HAB/ANO	POTENCIAL HÍDRICO (KM³/ANO)	POTENCIAL HÍDRICO (% DO TOTAL)
ABUNDÂNCIA > 20.000	RORAIMA	1.147.668	372.3	6.49
	AMAZONAS	657.160	1.848.30	32.24
	AMAPÁ	410.874	196	3.42
	ACRE	276.220	154	2.69
	MATO GROSSO	208.557	522.3	9.11
	PARÁ	181.629	1.124.70	19.62
	RONDÔNIA	108.857	150.2	2.62
	TOCANTINS	106.128	122.8	2.14
MUITO RICO 10.000 A 20.000	GOIÁS	56.743	283.9	4.95
	MATO GROSSO DO SUL	33.542	69.7	1.22
	RIO GRANDE DO SUL	18.650	190	3.31
	MARANHÃO	14.987	84.7	1.48
	PARANÁ	11.858	113.4	1.98
RICO 3.000 A 10.000	SANTA CATARINA	11.575	62	1.08
	MINAS GERAIS	10.838	193.9	3.38
POBRES < 3.000	PIAUÍ	8.722	24.8	0.43
	ESPÍRITO SANTO	6.070	18	0.33
	BAHIA	2.747	35.9	0.67
	SÃO PAULO	2.482	91.9	1.6
	CEARÁ	2.086	15.5	0.27
	RIO DE JANEIRO	2.057	29.6	0.52
CRÍTICA < 1.500	ALAGOAS	1.559	4.4	0.08
	RIO GRANDE DO NORTE	1.549	4.3	0.08
	SERGIPE	1.457	2.6	0.05
	DISTRITO FEDERAL	1.365	2.8	0.05
	PARAÍBA	1.336	4.6	0.08
	PERNAMBUCO	1.187	9.4	0.16

Fonte: Borghetti et alli, 2004

3 AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E O CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico, ou ciclo da água, é o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes (superfície, solo e rocha) e na atmosfera (Figura 2). Esse movimento é alimentado pela força da gravidade e pela energia do Sol, que provocam a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes. Na atmosfera, forma as nuvens que, quando carregadas, provocam precipitações, na forma de chuva, granizo, orvalho e neve.

Nos continentes, a água precipitada pode seguir os diferentes caminhos:

- + Infiltra e percola (passagem lenta de um líquido através de um meio) no solo ou nas rochas, podendo formar aquíferos, ressurgir na superfície na forma de nascentes, fontes, pântanos, ou alimentar rios e lagos.

- + Flui lentamente entre as partículas e espaços vazios dos solos e das rochas, podendo ficar armazenada por um período muito variável, formando os aquíferos.

- + Escoa sobre a superfície, nos casos em que a precipitação é maior do que a capacidade de absorção do solo.

- + Evapora retornando à atmosfera. Em adição a essa evaporação da água dos solos, rios e lagos, uma parte da água é absorvida pelas plantas. Essas, por sua vez, liberam a água para a atmosfera através da transpiração. A esse conjunto, evaporação mais transpiração, dá-se o nome de evapotranspiração.

- + Congela formando as camadas de gelo nos cumes de montanha e geleiras.

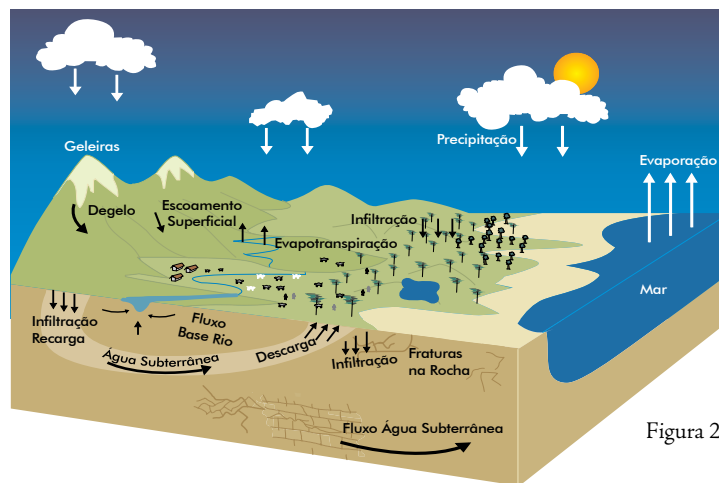


Figura 2 – Ciclo Hidrológico

Apesar das denominações água superficial, subterrânea e atmosférica, é importante salientar que, na realidade, a água é uma só e está sempre mudando de condição. A água que precipita na forma de chuva, neve ou granizo,

já esteve no subsolo, em icebergs e passou pelos rios e oceanos. A água está sempre em movimento; é graças a isto que ocorrem: a chuva, a neve, os rios, lagos, oceanos, as nuvens e as águas subterrâneas.

4 OS AQUÍFEROS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Para entendermos melhor o que são os aquíferos e suas características, serão apresentadas algumas definições que ajudarão a compreender o tema.

As águas subterrâneas são aquelas que se encontram sob a superfície da Terra, preenchendo os espaços vazios existentes entre os grãos do solo, rochas e fissuras (rachaduras, quebras, descontinuidades e espaços vazios).

A Figura 3 mostra o caminho percorrido pelas águas, desde a superfície, passando pela:

- + zona não saturada, onde a água e o ar preenchem os espaços vazios entre os grânulos;
- + zona saturada, onde a maioria dos espaços vazios é preenchida por água.

No limite entre as duas zonas, ocorre o nível freático, que demarca o contato entre estas, conhecido popularmente como lençol freático.

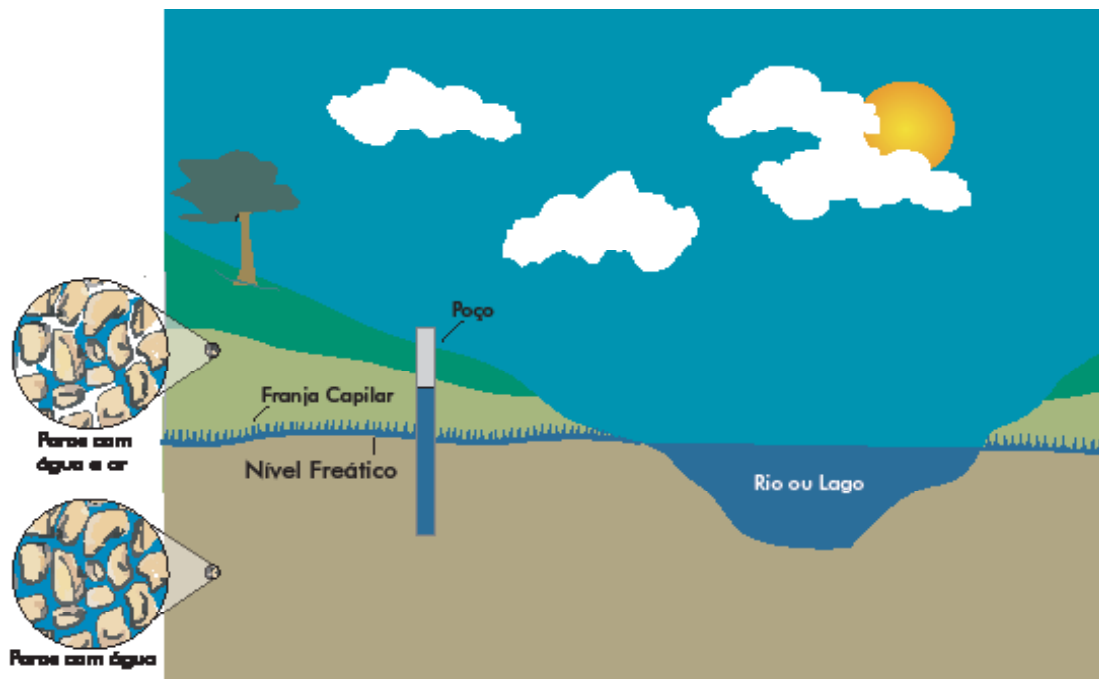


Figura 3 – Caracterização esquemática das zonas saturadas e não saturadas no subsolo

HIDROGEOLOGIA é a ciência que estuda as águas subterrâneas (aqüíferos), seu movimento, ocorrência, propriedades, interações com o meio físico e biológico, bem como os impactos das ações dos seres humanos na qualidade e quantidade nessas águas (poluição, contaminação e superexploração).

As rochas saturadas que permitem a circulação, armazenamento e extração de água são chamadas de aqüíferos. Geralmente os aqüíferos possuem a capacidade de armazenar grande quantidade de água.

Neste contexto, é importante observar que as rochas podem ser classificadas em sedimentares, ígneas ou metamórficas:

- ígneas (granitos, basaltos, diabásio e piroclásticas) são aquelas formadas diretamente pelo magma, material similar aquele lançado pelos vulcões. São também chamadas rochas cristalinas ou embasamento cristalino, onde a água subterrânea ocorre nas fraturas e fissuras.

- sedimentares (conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos, pelitos, folhelhos, sedimentos calcários, lentes, entre outras) são formadas por fragmentos de rochas pré-existentes, desagregados pela erosão, transportados e acumulados em locais propícios à deposição. São as rochas que compõem as bacias sedimentares, formando os melhores aqüíferos.

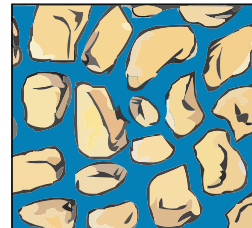
- metamórficas (metassedimentos, metacalcários, mármore, gnaisses, xistos, milonitos, etc) são formadas pela transformação de outras rochas, sob ação da pressão ou temperatura.

(Adaptado de Abas,1999)

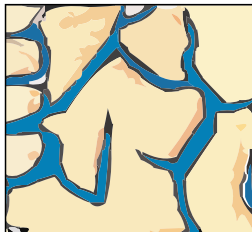
4.1 TIPOS DE AQÜÍFEROS

Os aqüíferos podem ser classificados quanto aos tipos de espaços vazios em (Figura 4):

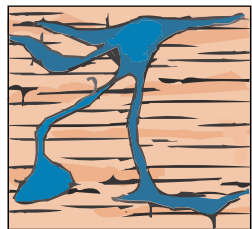
Figura 4 – Classificação dos tipos de aqüíferos, quanto a porosidade



POROSO



FISSURAL



CÁRSTICO

(a) **Poroso** – com água armazenada nos espaços entre os grãos criados durante a formação da rocha; é o caso das rochas sedimentares, como os arenitos do Sistema Aqüífero Guarani. Os aqüíferos porosos funcionam com esponjas onde os espaços vazios são ocupados por água.

(b) **Fissural (cristalino/embasamento cristalino)** – a água circula pelas fissuras resultantes do fraturamento das rochas relativamente impermeáveis (ígneas ou metamórficas), como os basaltos, que estão sobre arenitos do Guarani.

(c) **Cársticos** – São os aqüíferos formados em rochas carbonáticas (sedimentares, ígneas ou metamórficas). Constituem um tipo peculiar de aqüífero fraturado, onde as fraturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grandes, criando, neste caso, verdadeiros rios subterrâneos. São exemplos destes, as regiões da Gruta de

Maquiné, São Domingos, Vale do Ribeira e Bonito.

Pode-se também classificar os aquíferos segundo a sua posição e estrutura (Figura 5):

(a) **Livres** – aquíferos que se localizam mais próximos à superfície. Como no caso do aquífero Pantanal.

(b) **Confinados** – presença de uma camada de menor permeabilidade (confinante) que submete as águas a uma pressão superior à

atmosférica, caso da porção central do Sistema Aquífero Guarani. Nos aquíferos confinados os poços tubulares profundos podem apresentar artesianismo, isto é, a água jorra do poço sem necessidade de equipamento de bombeamento.

(c) **Semi-confinados** – situação intermediária entre os dois.

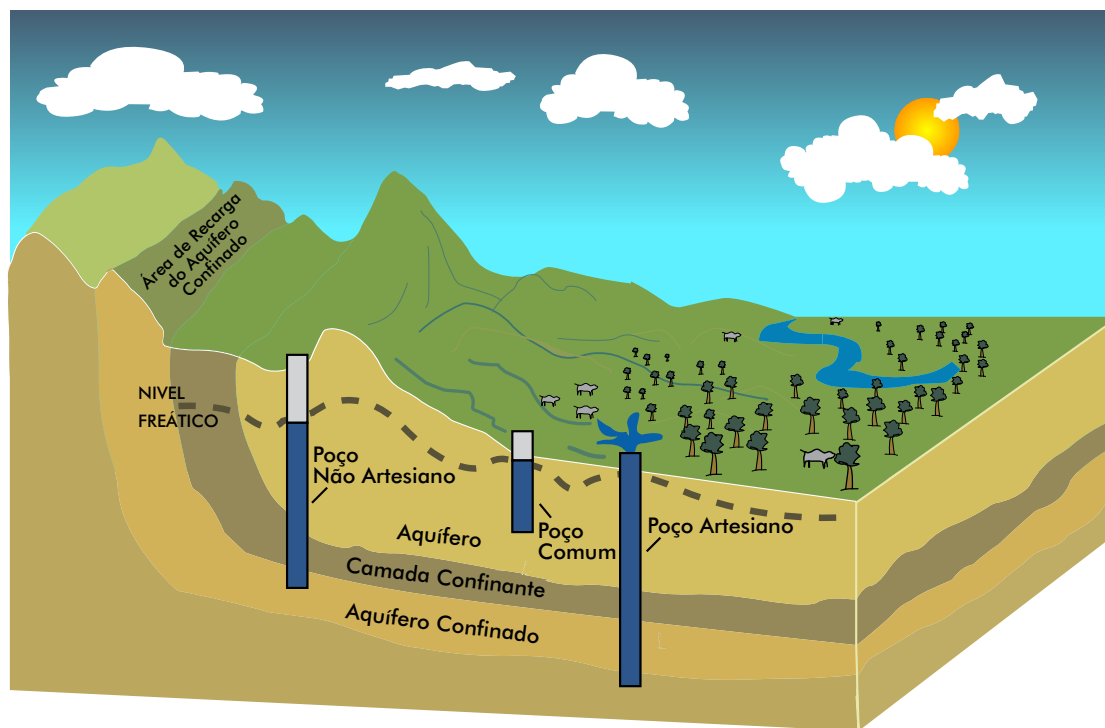


Figura 5 – Classificação dos aquíferos, com respectivos níveis de pressão.

O acesso dos seres humanos às águas subterrâneas normalmente se dá por meio da perfuração de poços. Estes podem ser escavados manualmente, como as cacimbas, poços amazonas e cisternas ou perfurados com equipamentos, caso dos poços tubulares profundos. (Figura 6)

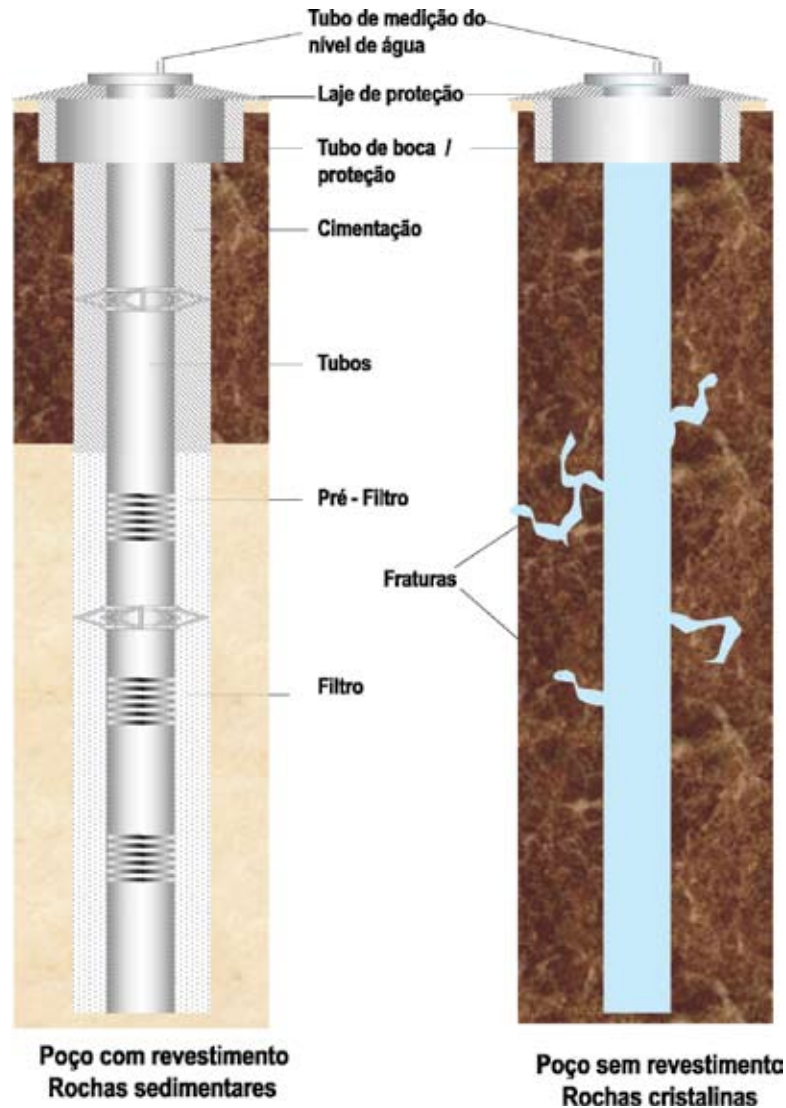


Figura 6 – Perfil esquemático de poços tubulares profundos em rochas sedimentares e cristalinas

4. 2 A DINÂMICA DE REABASTECIMENTO DOS AQUIFÉROS – AS ÁREAS DE RECARGA

A maioria dos aquíferos são constantemente reabastecidos. O processo por meio do qual um aquífero recebe água é chamado de recarga.

A recarga natural depende fundamentalmente do regime pluviométrico (quantidade de chuvas) e do equilíbrio que se estabelece entre a infiltração, escoamento e evaporação. Sendo assim, a topografia da área, a natureza do solo e a situação atual da cobertura vegetal, têm papel fundamental na recarga dos aquíferos.

Os aquíferos são reabastecidos por meio de infiltração direta das águas na superfície do solo/rocha (recarga direta). Esta infiltração ocorre em toda superfície dos aquíferos livres

ou, no caso dos aquíferos confinados, nas áreas de afloramento (áreas onde a rocha “aparece” na superfície).

Porém, existem locais em que os aquíferos não estão em contato direto com as águas superficiais, mas continuam a ser recarregados. Nesse caso, os aquíferos recebem água através de outras rochas (recarga indireta). Vide figura 5.

As áreas de recarga direta geralmente estão localizadas em altos topográficos (morros, serras, etc) e afloramentos de rochas sedimentares. São áreas extremamente importantes para a manutenção da qualidade e quantidade das águas subterrâneas. Portanto, é fundamental que estas áreas sejam protegidas, evitando-se o desmatamento, o uso incorreto dos solos e a instalação de atividades potencialmente poluidoras.



5 PROPRIEDADES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Com a crescente degradação da qualidade das águas superficiais, as águas subterrâneas tendem a assumir uma posição de maior importância. Devido às suas características e propriedades podem exercer diferentes funções que são apresentadas na Figura 7.

PRINCIPAIS FUNÇÕES DOS AQUÍFEROS
PRODUÇÃO Fornecem água em quantidade e qualidade adequadas para os usos múltiplos
ESTOCAGEM E REGULARIZAÇÃO Armazenam água em períodos de chuva e cedem em épocas de estiagem para rios e lagos
FILTRAGEM Atuam como filtros naturais, minimizando os custos de tratamento para consumo
TRANSPORTE Conduzem água de uma área de recarga (onde a água infiltra) para as áreas de bombeamento, onde estão situados os poços
ESTRATÉGICA Protegem a água armazenada tanto da evaporação, como das consequências das guerras e sabotagens
ENERGÉTICA Permitem a utilização da água subterrânea aquecida pelo gradiente geotermal, como fonte de energia elétrica ou termal
AMBIENTAL Fornecem água para a manutenção dos ecossistemas e da biodiversidade

Figura 7– Principais funções dos aquíferos (Adaptado de Rebouças,1997 e Rebouças et al., 2002).

Além disso, estas características e propriedades conferem às águas subterrâneas diversas vantagens entre elas:

- **Qualidade** – As águas subterrâneas possuem elevado padrão de qualidade físico-química e bacteriológica. Por serem naturalmente protegidas (mas não imunes) dos agentes de poluição e contaminação, essas águas

dispensam, na maioria dos casos, tratamento físico-químico.

- **Quantidade** – Os volumes são superiores aos das águas superficiais. Sua vazão (quantidade de água/tempo) é menos afetada por períodos de estiagem prolongada e não apresenta perdas por evaporação, como nos reservatórios de superfície.

• **Distribuição** – As águas subterrâneas ocupam áreas muito maiores do que a calha de um rio ou lagoa, o que permite a perfuração de poços nos locais onde as demandas ocorrem. Nesse sentido, as águas subterrâneas facilitam a distribuição setorizada, visto que a distância dos poços até o reservatório ou caixa de água é, em geral, de pequena extensão.

• **Usos** – Além dos diversos usos das águas subterrâneas (por exemplo, abastecimento, indústria, agricultura, entre outros), aquelas que apresentam temperaturas elevadas também podem ser exploradas economicamente em atividades relacionadas com o turismo termal (estâncias termais) e na indústria.

• **Custos** – O valor de perfuração dos poços, assim como os prazos de execução, são geralmente inferiores aos necessários para as obras de captação e transporte de águas de superfície. Outro fator a ser destacado é a facilidade da perfuração de poços que permite planejar a implantação gradual do sistema de abastecimento à medida que cresce a demanda, e os custos de manutenção e operação são mais baixos. Além disso, não há custo de armazenamento primário, como nas barragens e açudes, e não requer a desapropriação de grandes áreas.

• **Meio ambiente** – Os impactos ambientais relacionados com as instalações para o aproveitamento das águas subterrâneas são consideravelmente pequenos, quando instalados e operados adequadamente, ficando restritos a área de captação (poço tubular). Para efeito de comparação citam-se os impactos causados pelas barragens, que envolvem grandes áreas e alteram o equilíbrio dos ecossistemas.

Por outro lado, devido às suas peculiaridades as águas subterrâneas exigem certos cuidados:

• A renovação (recarga) das águas retiradas dos aquíferos nem sempre ocorre na mesma velocidade da extração, o que pode provocar a superexploração ou sua exaustão. Nesse sentido, a exploração das águas subterrâneas exige um monitoramento constante dos volumes extraídos.

• Por estarem “escondidas” no subsolo, as águas subterrâneas são mais difíceis de serem avaliadas, exigindo metodologias complexas.

• A baixa circulação da água nas fraturas (aquíferos fissurais), principalmente em áreas com índice elevado de evaporação, pode provocar a salinização (aumento do teor de sal) do aquífero.

• A exploração dos aquíferos de forma inadequada, principalmente em áreas carbonáticas, pode causar subsidência (afundamentos) de terrenos como, por exemplo, o que ocorre na região de Sete Lagoas (MG).

• No caso de poluição ou contaminação os custos e a complexidade técnica de remediação (processo de despoluição e minimização dos impactos negativos) e recuperação podem ser extremamente elevados, demandando longos períodos.

Além disso, a falta de monitoramento, conhecimento e pessoal técnico especializado em águas subterrâneas são desafios a serem superados na gestão integrada e sistêmica de recursos hídricos.

Fonte: Adaptado de Feitosa – CPRM (1997) e Abeas (1999).

6 IMPACTOS SOBRE AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Com o crescimento das cidades e aumento da demanda por água, tanto em ambiente urbano quanto rural, os problemas envolvendo a manutenção da qualidade e da quantidade das águas superficiais e subterrâneas tendem a se agravar. Neste contexto, é importante lembrar que tudo que afeta as águas subterrâneas pode também afetar as águas superficiais, já que estas possuem uma forte relação.

No Brasil, os problemas mais comuns das águas subterrâneas estão relacionados com a superexploração, impermeabilização do solo e com a poluição.

A) SUPEREXPLORAÇÃO

A superexploração, ou seja, quando a extração de água ultrapassa o volume infiltrado, pode afetar o escoamento básico dos rios, secar nascentes, influenciar os níveis mínimos dos reservatórios, provocar subsidência (afundamento) dos terrenos, induzir o deslocamento de água contaminada, salinizar, provocar impactos negativos na biodiversidade e até mesmo a exaurir completamente o aquífero.

Em áreas litorâneas, a superexploração de aquíferos pode provocar a movimentação da água do mar no sentido do continente, ocupando os espaços deixados pela água doce (processo conhecido como intrusão da cunha salina).

(Adaptado de Feitosa – CPRM, 1997)

B) POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Devido às baixas velocidades de infiltração e aos processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem no solo e na zona não saturada, os aquíferos são naturalmente mais protegidos da poluição. Porém, ao contrário das águas superficiais, uma vez ocorrida a poluição, as baixas velocidades de fluxo tendem a promover uma recuperação muito lenta da qualidade. Dependendo do tipo de contaminante, essa recuperação pode levar anos, com custos muito elevados, não raro, proibitivos.

O risco potencial de um determinado aquífero ser contaminado está relacionado ao tipo de contaminante e suas características, como: litologia (tipo de rocha), hidrogeologia, gradientes hidráulicos (diferença de pressão entre dois pontos), entre outros. A maior ou menor susceptibilidade de um aquífero à contaminação e poluição é chamada de vulnerabilidade.

A poluição/contaminação da água subterrânea pode ser direta ou indireta. Ambas podem estar relacionadas com as atividades humanas e/ou por processos naturais.

As fontes mais comuns de poluição e contaminação direta das águas subterrâneas são:

- ♦ **Deposição de resíduos sólidos no solo:** descarte de resíduos provenientes das atividades industriais, comerciais ou domésticas em depósitos a céu aberto, conhecidos como lixões. Nessas áreas, a água de chuva e o líquido resultante do processo de degradação dos

resíduos orgânicos (denominado chorume), tendem a se infiltrar no solo, carreando substâncias potencialmente poluidoras, metais pesados e organismos patogênicos (que provocam doenças).

♦ **Esgotos e fossas:** o lançamento de esgotos diretamente sobre o solo ou na água, os vazamentos em coletores de esgotos e a utilização de fossas construídas de forma inadequada constituem as principais causas de contaminação da água subterrânea.

♦ **Atividades agrícolas:** fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura podem contaminar as águas subterrâneas com substâncias como compostos orgânicos, nitratos, sais e metais pesados. A contaminação pode ser facilitada pelos processos de irrigação mal manejados que, ao aplicarem água em excesso, tendem a facilitar que estes contaminantes atinjam os aquíferos.

♦ **Mineração:** a exploração de alguns minérios, com ou sem utilização de substâncias químicas em sua extração, produz rejeitos líquidos e/ou sólidos que podem contaminar os aquíferos.

♦ **Vazamento de substâncias tóxicas:** vazamentos de tanques em postos de combustíveis, oleodutos e gasodutos, além de acidentes no transporte de substâncias tóxicas, combustíveis e lubrificantes.

♦ **Cemitérios:** fontes potenciais de contaminação da água, principalmente por microorganismos.

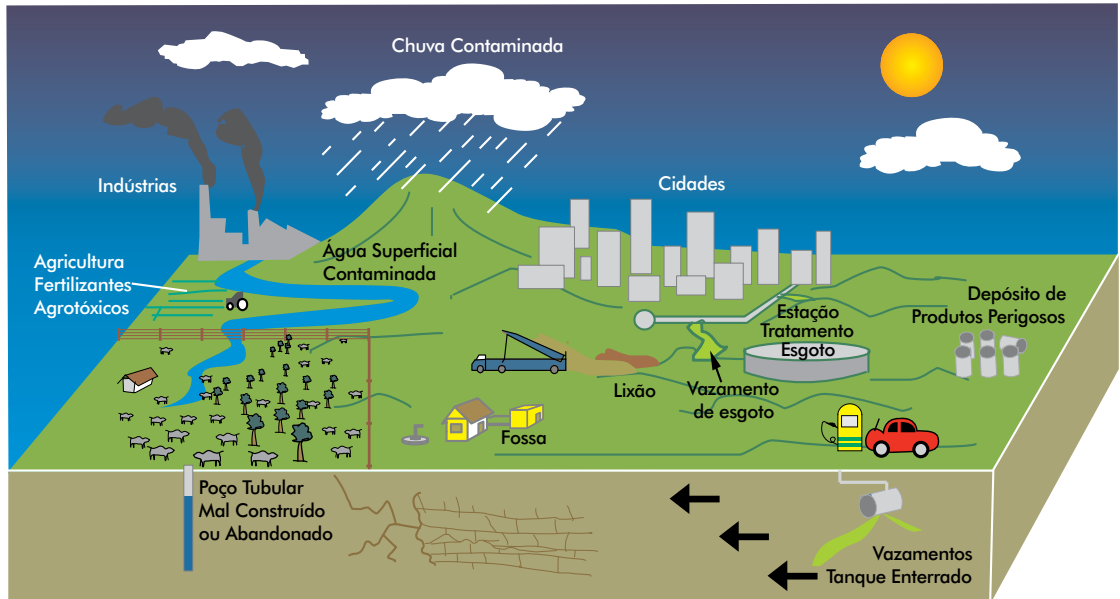
As formas mais comuns de poluição/contaminação indireta são:

♦ **Filtragem vertical descendente:** poluição de um aquífero mais profundo pelas águas de um aquífero livre superior (que ocorre acima do primeiro).

♦ **Contaminação Natural:** provocada pela transformação química e dissolução de minerais, podendo ser agravada pela ação antrópica (aquela provocada pelos seres humanos), por exemplo, a salinização, presença de ferro, manganês, carbonatos e outros minerais associados a formação rochosa.

♦ **Poços mal construídos e/ou abandonados:** poços construídos sem critérios técnicos, com revestimento corroído/rachado, sem manutenção e abandonados sem o fechamento adequado (tamponamento), podem constituir vias importantes de contaminação das águas subterrâneas.

Figura 8 – Principais fontes de contaminação de águas subterrâneas



C) IMPERMEABILIZAÇÃO

O crescimento das cidades causa diversos impactos ao meio ambiente, com reflexos diretos na qualidade e quantidade da água. A impermeabilização do solo a partir da construção de casas, prédios, asfaltamento de ruas, ausência de jardins e parques, entre outros, reduz a capacidade de infiltração da água no solo.

Como a água não encontra locais para infiltrar, acaba escoando pela superfície, adquirindo velocidade nas áreas de declive acentuado, em direção às partes baixas do relevo. Os resultados desse processo são bastante conhecidos: redução do volume de água na recarga dos aquíferos, erosão dos solos, enchentes e assoreamento dos cursos de água.

Normalmente os rios possuem dois leitos, o menor (onde a água escoar na maior parte do tempo), e o maior, que é naturalmente inundado em períodos de chuvas intensas. A ocupação do leito maior pelos seres humanos potencializa os impactos das enchentes.

As enchentes causam grandes prejuízos à população, não só materiais, como de saúde (doenças de veiculação hídrica). Em locais sem redes pluviais e/ou coleta de lixo, o escoamento superficial tende a carregar grande quantidade de sedimentos e de lixo para os rios, aumentando o risco de enchente e comprometendo ainda mais a qualidade destas águas.

7 PANORAMA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

7.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNDO

Nas últimas décadas, em diversos países, tem-se tornado evidente a importância das águas subterrâneas, tanto para o abastecimento das populações, como para outros usos. O mapa a seguir procura ilustrar esquematicamente os recursos hídricos subterrâneos do planeta e a tabela apresenta alguns dos principais aquíferos distribuídos nos diversos continentes.

Tabela 2 - A tabela ao lado mostra os principais aquíferos apresentados por continente.

	NOME	PAÍSES	ÁREA (MILHÕES KM²)	VOLUME ESTIMADO (BILHÕES M³)
1	SISTEMA AQUIFERO AMAZONAS (Solimões, Iça, Alter do Chão)	BOLÍVIA, BRASIL, COLÔMBIA, EQUADOR, PERU, VENEZUELA	3.95	----
2	NÚBIA	LÍBIA, EGITO, CHAD, SUDÃO	2	75
3	NORTE SAHARA	ALGÉRIA, LÍBIA E TUNÍSIA	1.03	60
4	SISTEMA AQUIFERO GUARANI	ARGENTINA, BRASIL, PARAGUAI, URUGUAI	1.2	37
5	GRANDE BACIA ARTESIANA	AUSTRÁLIA	1.7	20
6	HIGH PLAIN (Aquifero Ogallala)	ESTADOS UNIDOS	0.45	15
7	NORTH CHINA PLAIN	CHINA	0.14	5
8	VECHT	ALEMANHA E HOLANDA	0.38	----
9	KALAHARI/KAROO BASIN	NAMÍBIA, BOSTWANA, ÁFRICA DO SUL	0.144	----
10	ÍNDIA RIVER PLAIN	ÍNDIA E PAQUISTÃO	0,560	
11	LESTE PRÚSSIA	RÚSSIA, POLÔNIA E LITUÂNIA	----	----
12	AQUIFERO RIO GRANDE	ESTADOS UNIDOS E MÉXICO	0,108	----

(Adaptado de BGR/UNESCO, 2006 e UNESCO, 2001)



LEGENDA

- Principais bacias hidrogeológicas com aquíferos altamente produtivos
- Área com estrutura complexa incluindo alguns aquíferos importantes
- Área com aquíferos geralmente pobres, localmente coberto por aquíferos aluvionares
- Gelo permanente
- Lagos grandes

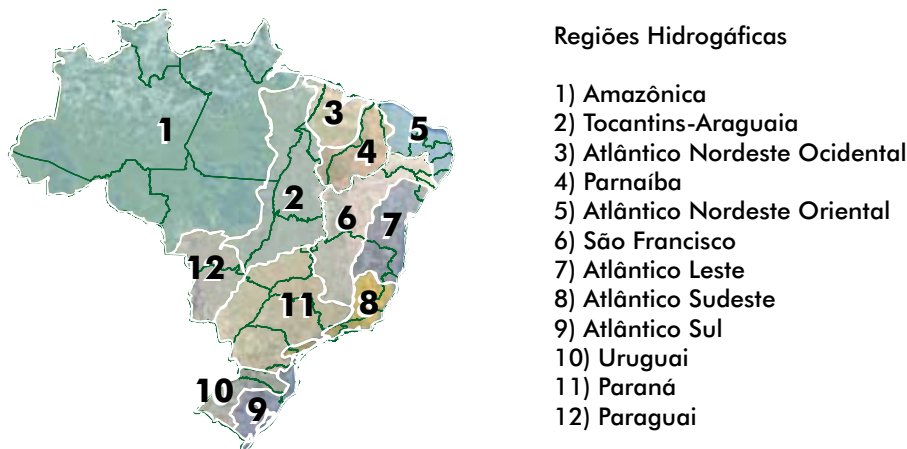
Figura 9 – Mapa dos recursos hídricos subterrâneos do mundo
Adaptado de UNESCO, 2003

7.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL

Para facilitar o estudo das águas subterrâneas, o Brasil foi dividido em regiões homogêneas, formando 10 províncias hidrogeológicas (Figura 10). Estas províncias são regiões onde os sistemas aquíferos apresentam condições semelhantes de armazenamento, circulação e qualidade de água.



Figura 10 – Representação Esquemática das Províncias Hidrogeológicas do Brasil X Bacias Hidrográficas



Divisão Hidrográfica Nacional

Tabela 3 – Descrição das províncias hidrogeológicas e principais aquíferos do Brasil

1	Província Escudo Setentrional – caracterizada pela ausência quase total de informações hidrogeológicas, estima-se que os aquíferos Boa Vista, Tacatu, e Grupo Roraima e Beneficente são os mais promissores, sendo formados de areias, arenitos finos, médios e grosseiros. O Aquífero Boa Vista constitui-se de arenitos com intercalações de níveis conglomeráticos e camadas pelíticas (argila), com poços apresentando vazão média de 30 m³/h.
2	Província Amazonas – os melhores aquíferos conhecidos são os depósitos arenosos correspondentes às Formações Solimões, Içá e Alter do Chão, que apresentam bons índices de produtividade em diversas áreas, como Belém, Ilha de Marajó, Santarém e Manaus (Alter do Chão), além de Rio Branco e Porto Velho (Solimões). Os depósitos que compõem o Sistema Aquífero Solimões são arenitos, conglomerados, siltitos, argilitos e calcários síltico-argilosos, localizados no topo da seqüência sedimentar da Bacia Sedimentar Amazônica, apresentando espessura máxima total de 2.200 m. A vazão média dos poços é de 28 m³/h e profundidade média de 60 m. O Sistema Aquífero Alter do Chão ocorre abaixo da Formação Solimões, sendo constituído por arenitos e argilitos, compondo uma espessura máxima de 1.250 m. A vazão média dos poços é de 54 m³/h e profundidade média de 130 m.
3	Província Escudo Central – estima-se que os aquíferos mais promissores correspondem aos arenitos das Formações Beneficente e Pacaás Novos.
4	Província Parnaíba – apresenta três sistemas aquíferos principais de extensão regional, Poti-Piauí, Cabeças e Serra Grande, além de outros menores tais como: Codó, Sambaíba, Corda e Itapecuru pertencentes à bacia sedimentar Parnaíba, que apresentam águas de boa qualidade química. O poço jorrante do Vale do Gurguéia – o Violeta – antes de ser tamponado, captava diretamente dos sistemas Cabeças e Serra Grande, com vazão de 1000 m³/h. O Aquífero Poti-Piauí é constituído por arenitos, siltitos e folhelhos, localmente calcários, apresentando espessura média de 400 m. As vazões médias nas porções livre e semi-confinada são respectivamente 18 e 40 m³/h. O Sistema Aquífero Cabeças apresenta o melhor potencial hidrogeológico da bacia sedimentar, apesar da espessura menor (300 m). Compõe-se de arenitos apresentando vazões médias na porção livre e confinada, respectivamente de 12 e 50 m³/h. O Sistema Aquífero Serra Grande engloba arenitos finos a grossos, níveis de conglomerados e intercalações de siltitos, apresentando vazões médias de 6,0 e 14 m³/h, para as porções livres e confinadas.
5	Província São Francisco – predominam aquíferos fraturados cársticos (Chapada Diamantina e Bambuí). O Bambuí ocorre na região da bacia do rio Verde Grande, e na região de Sete Lagoas-Lagoa Santa. O Sistema Aquífero Bambuí compreende os metassedimentos, em sua maioria de natureza carbonática dos Grupos Bambuí e Una, além dos carbonatos da Formação Caatinga. Os poços apresentam vazão média de 10 m³/h para uma profundidade média de 90 metros.

	Outro importante sistema aquífero é a Formação Urucuia, que abastece diversas cidades da Bahia e Goiás. Este aquífero tem uma função reguladora para o escoamento de trecho médio do rio São Francisco. 5 O Sistema Aquífero Urucuia-Areado engloba sedimentos (arenitos muito finos a médios, com intercalações de conglomerados, folhelhos e siltitos) apresentando espessura máxima de 1.500 m. A vazão dos poços na camada superior é de até 60 m³/h, enquanto na inferior pode atingir mais de 600 m³/h. Além destes, vale citar a existência de aquíferos de menor expressão tais como: Salitre, Jacaré, Uruçuí, Mata da Corda e Paranoá.
	Província Escudo Oriental (6) – ocorrem duas subprovíncias, a nordeste com potencial hidrogeológico muito fraco e a sudeste, fraco a médio. Na primeira, normalmente às vazões médias dos poços são baixas (1 a 3 m³/h) e com ocorrência de sal, já na segunda as vazões são médias (10 m³/h), com boa qualidade química. 6 Na subprovíncia nordeste (6a) o reduzido potencial hidrogeológico (disponibilidade de água) está relacionada às condições deficientes de circulação das águas subterrâneas, aliadas às condições do clima semi-árido e à presença de rochas cristalinas, que resultam nas taxas excessivas de salinidade. Porém, há ocorrência de pequenas bacias sedimentares, que apresentam maior potencial, com destaque para a do Araripe, que cobre uma área de 11.000 Km², com poços de vazões da faixa de 5 a 150 m³/h para profundidade de 50 a 300 m. Na subprovíncia sudeste (6b) as condições climáticas propiciam um manto de alteração das rochas cristalinas que podem atingir várias centenas de metros de espessura, favorecendo melhores condições hídricas subterrâneas, tanto no aspecto quantitativo como qualitativo. Há a ocorrência de pequenas bacias como a de São Paulo, Taubaté e Resende, que têm sua importância associada à presença na área metropolitana de São Paulo e adjacências.
	Província Paraná – possui os aquíferos mais promissores do país, tais como o Sistema Aquífero Guarani, Bauru-Caiuá e Serra Geral e, com menor expressão, o Furnas, Ponta Grossa e Aquidauana. O Sistema Aquífero Bauru-Caiuá ocorre no topo da sequência sedimentar da bacia do Paraná, sendo constituído por arenitos finos a médios com intercalações de argilitos e siltitos. Em algumas regiões é intensamente explorado, com vazões dos poços variando de 10 a 80 m³/h, constituindo-se importante fonte de abastecimento público. 7 O Sistema Aquífero Serra Geral é formado pelas rochas basálticas que recobrem o Sistema Aquífero Guarani, tratando-se de rochas cristalinas onde a água está associada à presença de fraturas, fissuras e zonas vesiculares (espaços vazios). Apresenta vazões variáveis, podendo chegar a 150 m³/h, sendo muito utilizado para o abastecimento nas regiões sul e sudeste. O Sistema Aquífero Guarani é, provavelmente, o maior aquífero transfronteiriço das Américas, possuindo uma área aproximada de 1,2 milhões de Km² e estendendo-se desde a Bacia Sedimentar do Paraná (Brasil, Paraguai e Uruguai) até a Bacia do Chaco (Argentina). No Brasil ocorre nos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

7	Este manancial dispõe de um volume de água de aproximadamente 37.000 km³, em grande parte de boa qualidade, porém, existem áreas com a presença de sais, o que pode inviabilizar alguns usos. Em alguns pontos do sistema (porções confinadas) ocorrem águas com temperaturas superiores a 30°C, que podem ser utilizadas para o turismo termal e até mesmo pela indústria. Suas vazões variam de 50 a 100 m³/h, com predominância entre 100 e 500 m³/h. Estudos recentes têm sugerido que o Guarani tem partes compartimentadas (compartimentação em blocos) e levantado dúvidas acerca de seus limites reais, especialmente na porção oriental. Neste sistema ocorrem os dois tipos de recarga: a direta nas áreas de afloramento, onde os arenitos estão em contato com a superfície; e a indireta por meio de água proveniente das fraturas das rochas da Formação Serra Geral.
8	Província Escudo Meridional – Localiza-se no extremo sul do país e apresenta alguns aquíferos, de pouca expressão, restritos às zonas fraturadas cristalinas.
9	Província Centro-Oeste – subdivida em quatro sub-províncias: Ilha do Bananal (9a), Alto Xingú (9b), Chapada dos Parecis (9c) e Alto Paraguai (9d), com a presença de diversos tipos de rochas, tais como: metamórficas, calcários, sedimentos, etc. O Sistema Aquífero Parecis é constituído por arenitos com intercalações de níveis de conglomerado e camadas de argila, tendo espessura média de 150 m. Poços tubulares construídos neste Sistema apresentam vazão média de 147 m³/h e atendem a todo o sistema de abastecimento de Vilhena – RO (ANA, 2005). O Sistema Aquífero Pantanal, é formado por sedimentos arenosos recentes, com espessuras que podem atingir mais de 600 metros. Este sistema é responsável pela manutenção do ecossistema pantaneiro.
10	Província Costeira – Está dividida em nove subprovíncias: Amapá (a); Barreirinhas (b); Ceará e Piauí (c); Potiguar (d); Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte (e); Alagoas e Sergipe (f); Recôncavo, Tucano e Jatobá (g); Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (h), Rio Grande do Sul (i). Trata-se de bacias sedimentares de pequenas dimensões, com espessuras muito variáveis. Comparativamente, é a província mais ameaçada pela forma de extração das águas subterrâneas no Brasil (Rebouças, 2002). Os aquíferos mais promissores e bem distribuídos são os sedimentos do Grupo Barreiras, presentes em diversas subprovíncias, que abastecem Belém, Recife, São Luiz, Fortaleza e Natal. Destaca-se, ainda, na subprovíncia Barreirinhas o Marituba, que junto ao Barreiras, respondem por 80% do abastecimento público de Maceió. Na subprovíncia Ceará e Piauí ocorrem os aquíferos Beberibe e Dunas. Na Potiguar destacam-se o Jandaíra e Açu; na Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte os aquíferos Beberibe, Maria Farinha e Gramame; na Recôncavo, Tucano e Jatobá, Marizal, São Sebastião (que abastece Salvador e Camaçari), Ilhas e Tacarutu.

Fonte: Adaptado de Feitosa – CPRM (1997), ANA (2005), Rebouças et al (2002) e SRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos (2006).

É importante ressaltar que os limites destas províncias não coincidem, necessariamente, com os das bacias hidrográficas. Desta forma, os aquíferos ou sistemas aquíferos, em geral, não guardam relação com estas, podendo abranger mais de uma bacia hidrográfica, se comportar como nascente ou divisor de bacias ou ainda constituir o baixo curso (mais próximo da foz) de uma ou mais bacias.

8 A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



8.1. ARCABOUÇO INSTITUCIONAL E LEGAL DA GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A primeira lei que dispôs sobre águas no Brasil foi o Decreto Lei nº 22.643/34 chamado Código das Águas que constitui um marco no gerenciamento de recursos hídricos no Brasil, onde as águas podiam ser públicas ou privadas.

Na Constituição Federal de 1988 as águas passaram a ser de domínio público, isto é, todos têm direito ao seu uso. Nesta nova visão, foram estabelecidos dois domínios: da União (corpos de água que atravessam mais de um estado e/ou país) e dos Estados. Esta norma legal estabelece, ainda, que as águas subterrâneas são de domínio estadual.

A Lei de Águas (Lei nº 9433/97) estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e

o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, tendo os seguintes fundamentos: a água é um bem de domínio público; um recurso natural e limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e dessedentação animal; uso múltiplo das águas deve ser proporcionado e a gestão descentralizada e participativa. Entre os objetivos da política destaca-se a utilização racional e integrada das águas, tendo como unidade de gerenciamento a bacia hidrográfica.

Alguns estados possuem, além das leis estaduais de recursos hídricos, regulamentações dos instrumentos de outorga de direito de uso e cobrança pelo uso da água, bem como, normas que tratam da proteção das águas subterrâneas e da sua gestão.

A fim de coordenar a gestão integrada de recursos hídricos entre os estados, Distrito Federal, municípios e a União, foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cujos objetivos são: coordenar, arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos. Este é constituído pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH); Agência Nacional de Águas; conselhos de Recursos Hídricos dos estados e do Distrito Federal; Comitês de Bacias Hidrográficas; os órgãos públicos dos poderes federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; e as agências de Água.

O CNRH, principal instância do SINGREH, possui caráter normativo e deliberativo, tendo importante papel no estabelecimento de diretrizes complementares para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e dos instrumentos de gestão nela previstos. Ressalta-se que sua Secretaria Executiva é exercida pela SRU/MMA. (www.cnrh-srh.gov.br).

Nas questões relativas às águas subterrâneas, o CNRH é assessorado pela Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (CTAS), que possui entre suas atribuições: compatibilizar as legislações relativas à exploração e utilização destes recursos, propor mecanismos institucionais de integração das águas superficiais e subterrâneas, além de mecanismos de proteção e gerenciamento das águas subterrâneas (Resolução CNRH nº 09/00).

Uma vez que os órgãos estaduais de recursos hídricos são responsáveis pela gestão das águas subterrâneas e, portanto, da outorga, apresentando leis diferenciadas, e que os limites dos aquíferos não coincidem, necessariamente, com os das bacias hidrográficas (vide Figura 10), nem com os limites administrativos, torna-se necessária a gestão conjunta e articulada entre estes, intermediada pela União.

Para promover esta articulação, foram atribuídas à SRH/MMA (atual SRU/MMA), pelo Decreto nº 5.776/06, diversas competências, entre as quais se destacam: a proposição de políticas, planos, normas e a definição de estratégias de gestão de águas transfronteiriças; a promoção, em articulação com órgãos e entidades estaduais, federais e internacionais, de estudos técnicos relacionados aos recursos hídricos; a proposição de encaminhamento de soluções; a coordenação, em sua esfera de competência, da elaboração de planos, programas e projetos nacionais referentes às águas subterrâneas e o monitoramento do desenvolvimento de suas ações, dentro do princípio da gestão integrada de recursos hídricos.

Existem outras regulamentações relacionadas às águas subterrâneas, como a relativa à fiscalização da qualidade para água potável, pela Agência Nacional Vigilância Sanitária (Anvisa) além do disciplinamento do uso das águas minerais, potáveis de mesa, balneárias e geotermiais que, segundo o Código de Águas Minerais (Decreto-Lei nº 7.841/45), são consideradas um bem mineral e cuja concessão é disciplinada pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

8.2 ALGUMAS ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO, CONSERVAÇÃO E GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



Pelo exposto, observa-se que a Lei de Águas, bem como outros diplomas legais visam o estabelecimento da gestão de recursos hídricos de forma mais integrada possível.

Uma abordagem integrada pressupõe a utilização e gestão coordenada da água, solo e recursos relacionados, a fim de maximizar o bem estar econômico e social resultante, de maneira equitativa sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas vitais, incluindo o desenvolvimento coordenado e o gerenciamento das águas superficiais e subterrâneas, bacias hidrográficas, seus ambientes adjacentes costeiros e marítimos e os interesses a montante e a jusante (GWP, 2006). Neste sentido, uma efetiva gestão integrada e proteção dos aquíferos compreende:

- A confecção e atualização de mapas de vulnerabilidade de aquíferos, com identificação das fontes poluidoras potenciais, integrados à gestão de uso e ocupação do solo.
- A inserção das águas subterrâneas nas políticas federal e estaduais de recursos hídricos.
- O estabelecimento de legislação de proteção das águas subterrâneas e inserção na gestão integrada dos recursos hídricos.
- A educação ambiental voltada para a proteção das águas subterrâneas.
- O estabelecimento de perímetros de proteção, normas construtivas para poços tubulares profundos e fiscalização da construção e operação dos mesmos.
- O monitoramento da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas.
- O acompanhamento das áreas contaminadas e o cadastramento de fontes poluidoras.
- A remediação (processo de despoluição e minimização dos impactos negativos) das áreas contaminadas.

- A fiscalização e o acompanhamento dos lançamentos de efluentes e da disposição de resíduos.

- O reconhecimento da água subterrânea como um recurso estratégico, incentivando sistemas de abastecimento mistos.

Além disso, este processo deve contar com a participação de toda a sociedade, que pode ajudar a proteger as águas subterrâneas com atitudes simples, como:

- Antes de perfurar um poço deve-se procurar o órgão estadual de recursos hídricos, visando obter informações sobre normas técnicas para a perfuração e exigências para a regularização de poços tubulares (autorização para perfuração, licença ambiental e outorga de direito de uso).

- Contratar empresas idôneas de perfuração, que possuam: Responsável Técnico, Registro no CREA e Atestado de Capacidade Técnica.

- Exigir que a empresa de perfuração apresente a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e realize: teste de bombeamento de 24 horas, análise físico-química-bacteriológica, desinfecção e devidas medidas de proteção sanitária do poço, além de Relatório Técnico Detalhado (contendo, no mínimo: descrição das amostras, interpretação do teste de vazão e descrição dos materiais aplicados e quantidades). Esses documentos são necessários para solicitar a licença e outorga do poço tubular profundo.

- Perfurar poços tubulares profundos somente em casos de extrema necessidade.

- Destinar a água proveniente dos poços tubulares profundos para fins mais nobres (por exemplo, consumo humano) utilizando esse recurso com racionalidade.

- Realizar, periodicamente, as análises da qualidade da água e a manutenção de rotina dos poços.

- Lançar esgoto somente na rede pública de esgotamento sanitário, não na rede de águas pluviais.

- Perfurar poços somente em locais com boas condições sanitárias, longe de fossas, lixões, criadouros de animais e áreas de cultivo.

- Respeitar sempre a legislação e as normas municipais de uso e ocupação do solo, procurando participar da sua elaboração (Plano Diretor, Zoneamento Ambiental, Econômico-Ecológico, Lei de Uso e Ocupação do Solo, Código de Posturas Urbanas e Estatuto da Cidade).

- Evitar a impermeabilização das áreas externas, optando-se, sempre que possível, por jardins, gramados ou hortas (como forma de facilitar a infiltração da água de chuva no solo).

- Coletar e armazenar a água de chuva das calhas dos telhados; essa água pode ser utilizada para os mais diversos fins (irrigação de jardins, limpeza de pisos, etc.).

- Aproveitar as águas já utilizadas, destinando-as para fins menos nobres (por exemplo, a água da máquina de lavar para limpeza de pisos, descarga sanitária, entre outros).

- Participar ou indicar seus representantes no Sistema Estadual de Recursos Hídricos, por meio dos comitês de bacias ou conselhos estaduais de recursos hídricos.

9 PRINCIPAIS AÇÕES DA SRU/MMA EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é um dos instrumentos da Lei nº 9433/97, sendo sua elaboração coordenada pela SRU/MMA. Este documento é um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento estruturante para a implementação de políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social. Seus objetivos finalísticos são: a melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em quantidade e qualidade; a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos; a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante (SRH/MMA, 2006).

Entre as seis metas de curto prazo do Plano está a elaboração do Programa VIII – Programa Nacional de Águas Subterrâneas (SRH/MMA, 2006), cujo escopo foi discutido e

acordado na Oficina de Detalhamento dos Programas do Plano Nacional de Recursos Hídricos, de março de 2007, com participação de todas as Câmaras Técnicas do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, incluindo a de Águas Subterrâneas, além de técnicos de vários estados.

O Programa Nacional de Águas Subterrâneas tem como objetivo a ampliação dos conhecimentos técnicos relacionados às águas subterrâneas em todo o país, bem como o desenvolvimento da base legal e institucional para a sua adequada gestão, considerando o princípio da gestão sistêmica, integrada e participativa das águas, além do fomento às ações de capacitação para a gestão racional e equitativa destes recursos.

Além disso, a SRU/MMA tem tratado do tema em diversos programas e projetos nacionais e internacionais, conforme apresentado a seguir.



PROJETO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE AQUÍFEROS TRANSFRONTEIRIÇOS DAS AMÉRICAS (ISARM AMÉRICAS)

O International Shared (Transboundary) Aquifer Resources Management – ISARM Américas é uma iniciativa conjunta da UNESCO e da Secretaria Geral dos Estados Americanos (Unidade de Meio Ambiente), com o objetivo de elaborar diretrizes para a gestão de aquíferos transfronteiriços por meio de levantamentos de experiências internacionais e dos países das Américas, bem como identificar e caracterizar os mesmos, e procurar fontes de financiamento para desenvolvimento de projetos conjuntos com outros países.

Com base em levantamento bibliográfico, em informações recolhidas e consenso entre os técnicos representantes dos diversos países, foram, de forma preliminar, identificados, caracterizados e elaborados esboços geológicos e dos limites dos onze principais aquíferos transfronteiriços do Brasil com os países vizinhos. Esta identificação e definição foram baseadas, em sua maioria, nos limites das formações geológicas e em alguns casos com base em aspectos como estrutura geológica e geomorfologia da região.

Os aquíferos preliminarmente identificados no Brasil, no escopo deste programa, foram o Amazonas, Pantanal, Boa Vista-Serra do Tucano/North Savanna, Grupo Roraima, Costeiro, Aquidauana/Aquidabán, Litorâneo/Chuy, Permo-Carbonífero, Serra Geral, Guarani e Caiuá-Bauru/Acaray.





Mapa Localização

Principais Aquíferos Transfronteiriços do Brasil - preliminarmente identificados

Legenda

 Pantanal	 Caiuá - Bauru
 Costeiro	 Serra Geral
 Litorâneo	 Permo - carbonífero
 Amazonas	 Aquidauana
 Boa Vista	 Roraima

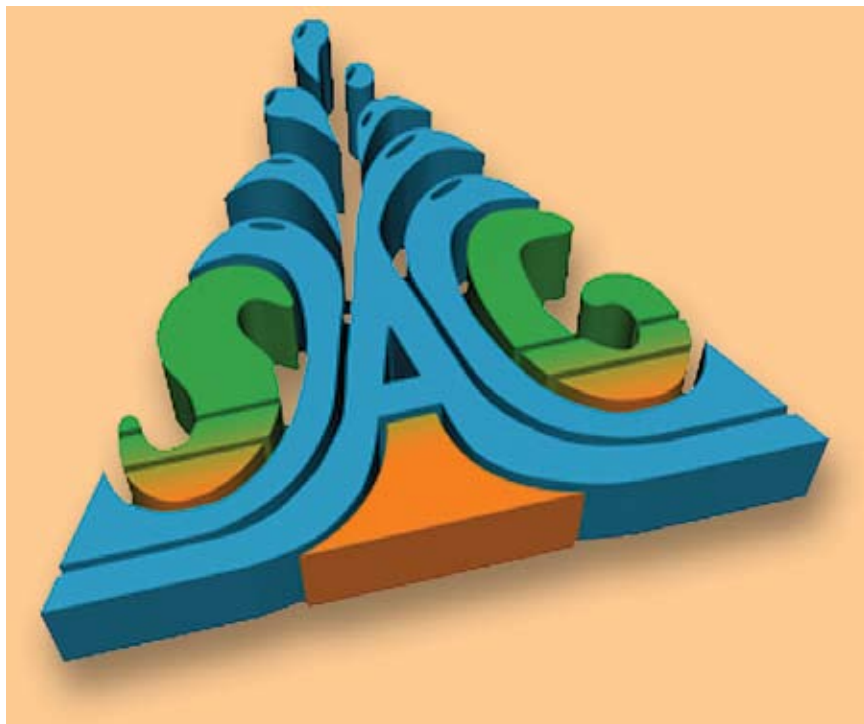
Figura 14 – Mapa dos principais aquíferos transfronteiriços identificados preliminarmente pelo projeto ISARM – Américas

Obs.: O Aquífero Guarani está representado na Figura 15

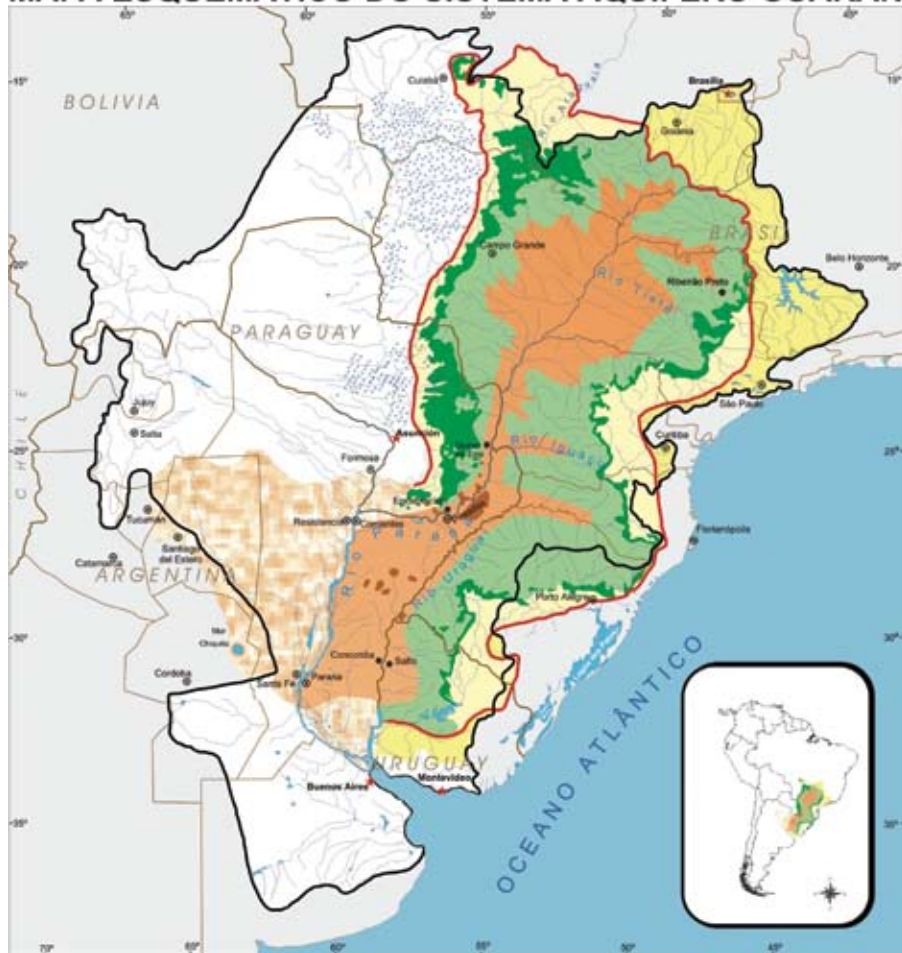
PROJETO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

O Brasil participa de um projeto de abrangência transfronteiriça que contempla o estudo das águas subterrâneas, o Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani (PSAG), que objetiva a ampliação do conhecimento hidrogeológico básico, visando dar maior eficiência ao gerenciamento e à preservação do Sistema Aquífero Guarani pelos quatro países: Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Este projeto ainda prevê a implantação de rede de monitoramento, sistema de informações, além de capacitação, divulgação de sua importância e educação ambiental.

Este projeto é financiado com recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF – Global Environment Facility) sendo o Banco Mundial a agência implementadora dos recursos e a Organização dos Estados Americanos (OEA), a agência executora internacional do Projeto. O PSAG é executado por meio da Secretaria Geral do Projeto, em estreita coordenação com as quatro agências executoras nacionais. No Brasil, o papel de Agência Executora Nacional do projeto é desempenhado pela Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (SRU / MMA).



MAPA ESQUEMÁTICO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI



LEGENDA

- Drenagens não relacionadas ao Aquífero Guarani (não integram o Sistema)
- Área potencial de recarga indireta
 - a partir da drenagem superficial
 - a partir do fluxo subterrâneo
- Área potencial de recarga direta
 - regime poroso: afluente do Guarani
 - regime fraturado (poros): fissuras e artefatos
- Área potencial de descarga
 - regime fraturado (poros): fissuras e artefatos (inteiros)
 - regime poroso: afluente do Guarani
 - regime fraturado (poros): relação com o Guarani e debruado
- Limite bacia hidrográfica do Prata
- Limite bacia sedimentar do Paraná
- Rios
- Áreas alagadas
- Limite político de País
- Limite político de Estados/Provincias
- Cidade
- Capitais Estados/Provincias
- ★ Capital dos Países

Escala Aproximada 1: 13.600.000

0 100 200 300 km

Notas:

- Figura ilustrativa elaborada pela CAS/SRH/MMA (UNPP/Brasil) aprovada pelo Conselho Superior de Preparação do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani (Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai - GEF/Banco Mundial - OEA).
- As porções coloridas representam as áreas que, em potencial, compõem o Sistema Aquífero Guarani. As áreas em branco e cinza não integram o Guarani. Os limites do Aquífero Guarani não estão totalmente definidos na Argentina e no Paraguai, tampouco se as áreas de descarga associadas estão a ele relacionadas.

Fontes:

- Mapa Hidrogeológico de América del Sur, 1998, DNP/CPRM/Unesco.
- Mapa Hidrogeológico do Aquífero Guarani, 1999, Campos H.C.
- Mapa de Integração Geológica da Bacia do Prata, 1998, MERCOSUL/SGT2.
- Mapa de Integração Hidrogeológica da Bacia do Prata, em elaboração, MERCOSUL/SGT2.
- Mapa Geológico do Brasil, 2ª Ed., 1995, MMA/DNPM.
- Mapa Geológico de la Cuenca del Rio de la Plata, 1870, OEA.

Figura 15 – Representação Esquemática do Aquífero Guarani

PROGRAMA ÁGUA DOCE

O Programa Água Doce (PAD) é uma ação do Governo Federal coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente, por meio da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRU/MMA) em parceria com instituições federais, estaduais, municipais e da sociedade civil.

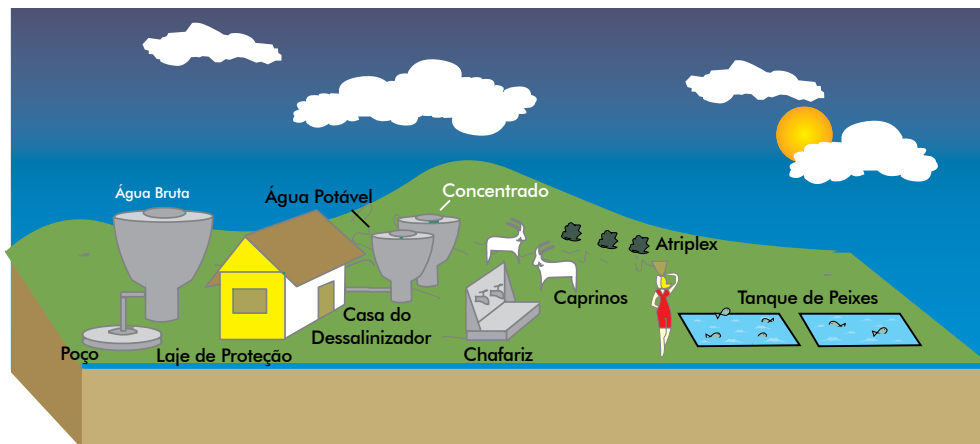
Sua área de abrangência é o Semi-árido, que abrange porções dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe, Maranhão, Minas Gerais e Espírito Santo, e onde grande parte das águas subterrâneas captadas estão salinizadas, impróprias para consumo humano.

Assim, o PAD visa ao estabelecimento de uma política pública permanente de acesso à água de boa qualidade para consumo humano, promovendo e disciplinando a implantação, a recuperação e a gestão de sistemas de dessalinização ambiental e socialmente sustentáveis, usando essa ou outras tecnologias alternativas, para atender, prioritariamente, as populações de baixa renda residentes em

localidades difusas do semi-árido brasileiro.

Para o desenvolvimento do Programa, em cada estado há um Núcleo Estadual, instância máxima de decisão, e uma Coordenação Estadual, com seu respectivo Grupo Executivo composto por técnicos capacitados pelo Programa em cada um dos componentes, coordenados pelo órgão de recursos hídricos estadual. Nas localidades atendidas, a gestão dos sistemas é realizada pelo Núcleo Local, a partir de um acordo celebrado entre todos, com participação do estado e do município.

O programa prevê a recuperação e a implantação de dessalinizadores em poços tubulares, com a disposição do efluente (concentrado) em de leitos de evaporação para a produção de sal ou, nas comunidades que atendam aos requisitos técnicos estabelecidos pelo programa, sua utilização em um sistema produtivo integrado sustentável, que compreende o aproveitamento na aquicultura e, sequencialmente, na irrigação de plantas que absorvam grande quantidade de sal e serão utilizadas na alimentação de caprinos e ovinos.



10 BIBLIOGRAFIA



ABEAS. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. Águas Subterrâneas: Conceitos, reservas, usos e mitos – Brasília, 1999.

ANA. Agência Nacional de Águas. Disponibilidades e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. Estudo Técnico Preliminar, 2005.

BGR/UNESCO. Groundwater Resources of the World: Transboundary Aquifer Systems. 1:50.000.000. Special Edition for the 4 th World Water Fórum, México City, Março de 2006.

BORGHETTI, N. B.; BORGGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. Aquífero Guarani: A Verdadeira Integração dos Países do Mercosul. Curitiba: Ed. Roberto Marinho, 2004.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990 que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Decreto 5.776 de 12 de maio de 2006. Aprova a estrutura regimental e o quadro demonstrativo dos cargos em comissão e das funções gratificadas do Ministério do Meio Ambiente e dá outras providências.

BRASIL. Conjunto de Normas Legais: recursos hídricos. Resoluções do CNRH. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos hídricos, 4 ed. , Brasília: MMA, 2006.

FEITOSA, Fernando A. C. et al. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil (CPRM, LABHID–UFPE), 1997.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Volume VIII. Recursos Hídricos na Bacia do Rio Paraguai. Brasília: SRH/FGV, 1998.

GWP. Global Water Partnership. Police Brief. Versão em Português. Comitê Científico (TEC). Autora: Sarah Carriger, 2006.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000.

Nations World Water Development Report. World Water Assistent Programme, 576p.

11 ONDE OBTER MAIS INFORMAÇÕES

SÍTIOS ELETRÔNICOS

www.mma.gov.br/recursos_hidricos

www.ana.gov.br

www.cprm.gov.br

www.abas.org.br

www.sg-guarani.org

www.oas.org/dsd/isarm/ISARM_index.htm

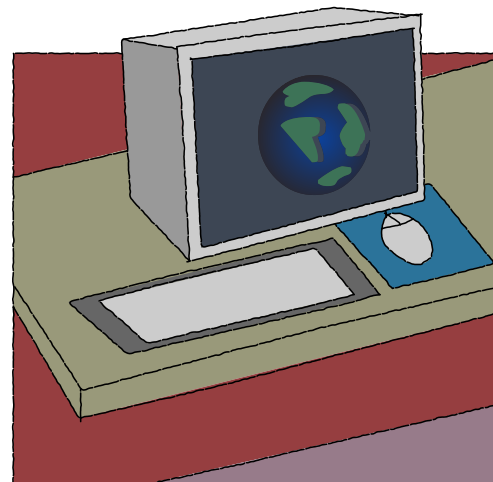
LIVROS

BORGHETTI, N. B.; BORGGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. Aquífero Guarani: A Verdadeira Integração dos Países do Mercosul. Curitiba: Ed. Roberto Marinho, 2004.

TEXEIRA, W., TOLEDO, M. C. M., FAIRCHILD, T. R. e TAIOLI, F. (Org.) Decifrando a Terra. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2000.

FEITOSA, F. A. C. et al. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil (CPRM, LABHID-UFPE), 1997.

REBOUÇAS, A. C., BENEDITO, B. TUNDISI, J. G. Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. São Paulo: Ed. Escrituras, 1999.





DÉCADA BRASILEIRA DA ÁGUA

2005-2015

2007 - 10 ANOS DA LEI DE ÁGUAS



Ministério do
Meio Ambiente

