

COMISSÃO TEMÁTICA RECURSOS
HÍDRICOS E MINERAIS – CTRHM (2019)

COORDENADOR:
Conselheiro Federal Geólogo Waldir Duarte Costa Filho

COORDENADOR ADJUNTO:
Conselheiro Federal Engenheiro Agrônomo Luiz Antonio Corrêa Lucchesi

ESPECIALISTAS:
Geólogo Celso de Almeida Bairão
Geólogo Iloé Listo de Azevedo
Engenheiro de Minas Julio Cesar de Pontes

ÁGUA

IMPORTÂNCIA DOS RECURSOS
HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
PARA A VIDA

CONFEDA
Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA
Conselhos Regionais de Engenharia
e Agronomia



MUTUA
CASA DE ASSISTÊNCIA DOS PROFISSIONAIS DO CREA

2021

PALAVRA DO PRESIDENTE

Apesar de privilegiado no que diz respeito à quantidade de água, o Brasil deve estar atento aos recursos naturais e à ação humana para preservar a vida de todos com qualidade. Neste contexto, profissionais de Engenharia, Agronomia e Geociências têm papel essencial na gestão sustentável da água em setores da indústria, agricultura e saneamento.



O presente estudo reflete a preocupação do Confea com o uso racional deste bem valioso, demonstrando como o conhecimento técnico-científico colabora para conservação hídrica.

Ações de planejamento, realização de pesquisas, coordenação de planos e projetos, monitoramento de corpos d'água e aquíferos, execução de obras e fiscalização são listadas, nas páginas a seguir, como atividades basilares do gerenciamento eficiente de recursos hídricos.

De forma elucidativa, a publicação elaborada pela Comissão Temática de Recursos Hídricos e Minerais do Conselho detalha ainda soluções de infraestrutura hídrica adequadas às demandas de populações rural e urbana. Tópico esse que é claramente alinhado ao objetivo de ampliar o acesso à água potável e segura para todos, previsto na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, da Organização das Nações Unidas (ONU).

Nas mãos de estudantes, profissionais e gestores, este conteúdo será ponto de partida para viabilizar formas inteligentes de compartilhamento da água e, assim, salvaguardar a saúde desta geração e das que estão por vir.

Boa leitura!

Eng. Civ. Joel Krüger, presidente do Confea

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos têm uma importância tal que sua falta, por meio do fenômeno denominado "seca", pode, muito além de prejuízos e desconfortos, simplesmente destruir as vidas humana, animal e vegetal.

Também a má qualidade das águas, em função de poluição ou contaminação, provoca consequências negativas à vida, causando mortes, doenças ou desequilíbrios em ecossistemas.

Como fonte hídrica segura e barata (em relação às captações superficiais), a utilização das águas subterrâneas tem aumentado muito nos últimos 40 anos em todo o mundo, devido à falta quantitativa e qualitativa das águas superficiais, ao enorme crescimento populacional e ao desenvolvimento industrial e agropecuário.

Além de tudo isso, onde a água se torna cada vez mais escassa, a população ainda abusa com desperdícios, e até mesmo poluindo o pouco de água potável existente na terra. A perfuração descontrolada em algumas regiões, com degradação dos aquíferos, também é um fator muito preocupante, e que já vem ocorrendo corriqueira e até mesmo deliberadamente.

Devido à pouca disponibilidade de águas superficiais, à sua má distribuição e muitas vezes ao seu mau aproveitamento, vem-se tornando cada vez mais escassa a água potável, o que, no extremo, pode até mesmo, segundo apontado por alguns especialistas, desencadear a próxima guerra mundial.

Assim, pretendemos trazer à sociedade conceitos básicos sobre a ocorrência e distribuição da água no planeta, captações de água subterrâneas, cuidados para manutenção e limpeza, entre outros.

De nossa parte, no caso do Sistema Confea/Crea, os profissionais que integram diretamente a área dos recursos hídricos são o Engenheiro de Minas, Geólogo e Engenheiro Geólogo, no tocante às águas subterrâneas, os Engenheiros Civis, no tocante às águas superficiais e os Engenheiros Agrônomos, no tocante às irrigações.

Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

CONSELHO DIRETOR 2021 DO CONFEA

Eng. Civ. JOEL KRÜGER – Presidente
Eng. Civ. JOÃO CARLOS PIMENTA – Vice-Presidente
Eng. Agr. ANNIBAL LACERDA MARGON – Diretor
Eng. Mec. CARLOS DE LAET SIMÕES OLIVEIRA – Diretor
Eng. Agr. LUIZ ANTONIO CORRÊA LUCCHESI – Diretor
Eng. Mec. MICHELE COSTA RAMOS – Diretora
Geol. WALDIR DUARTE COSTA FILHO – Diretor

COMPOSIÇÃO DO PLENÁRIO DO CONFEA – 2021 (CONSELHEIROS)

Eng. Agr. ANDRÉA BRONDANI DA ROCHA – Titular
Eng. Agr. LUIZ CLÁUDIO ZIULKOSKI – Suplente
Eng. Agr. ANNIBAL LACERDA MARGON – Titular
Eng. Agr. JOSÉ AUGUSTO DE TOLEDO FILHO – Suplente
Eng. Mec. CARLOS DE LAET SIMÕES OLIVEIRA – Titular
Eng. Mec. VIRGINIO AUGUSTO DO NASCIMENTO – Suplente
Eng. Civ. CARLOS EDUARDO DE VILHENA PAIVA – Titular
Eng. Civ. CARLOS EDUARDO DE SOUZA – Suplente
Eng. Civ. DALTRO DE DEUS PEREIRA – Titular
Eng. Civ. NIVALDO SAMPAIO PEDROSA – Suplente
Eng. Eletríc. Eletrotec. DANIEL DE OLIVEIRA SOBRINHO – Titular
Eng. Eletríc. MANUEL JOSÉ MENEZES OLIVEIRA – Suplente
Eng. Agr. DANIEL ROBERTO GALAFASSI – Titular
Eng. Agr. MÁRCIA HELENA LAINO – Suplente

Eng. Eletríc. Eletron. GENILSON PAVÃO ALMEIDA – Titular
Eng. Eletríc. FRANCISCO DE ASSIS PERES SOARES – Suplente
Eng. Civ. GILSON DE CARVALHO QUEIROZ FILHO – Titular
Eng. Civ. IVO SILVA DE OLIVEIRA JÚNIOR – Suplente
Eng. Civ. JOÃO CARLOS PIMENTA – Titular
Eng. Civ. MAURÍCIO CANOVAS SEGURA – Suplente
Eng. Eletríc. JORGE LUIZ BITENCOURT DA ROCHA – Titular
Eng. Mec. WILIAM ALVES BARBOSA – Suplente
Eng. Eletríc. JOSÉ MIGUEL DE MELO LIMA – Titular
Eng. Eletríc. ALEXANDRE ROCHA FILGUEIRAS – Suplente
Eng. Agr. LUIZ ANTONIO CORRÊA LUCCHESI – Titular
Eng. Agr. ADRIEL FERREIRA DA FONSECA – Suplente
Eng. Mec. MICHELE COSTA RAMOS – Titular
Geol. MARJORIE CSEKÖ NOLASCO – Suplente
Eng. Eletríc. MODESTO FERREIRA DOS SANTOS FILHO – Titular
Eng. Eletríc. RAILTON DA COSTA SALUSTIO – Suplente
Eng. Minas RENAN GUIMARÃES DE AZEVEDO – Titular
Eng. Minas VICENTE DE PAULA LUCENA DE OLIVEIRA – Suplente
Eng. Ftal. RICARDO LUIZ LUDKE – Titular
Eng. Pesca ALZIRA MIRANDA OLIVEIRA – Suplente
Geol. WALDIR DUARTE COSTA FILHO – Titular
Eng. Mec. ERNANDO ALVES DE CARVALHO FILHO – Suplente

CONTEÚDO

Comissão Temática Recursos Hídricos e Minerais – CTRHM 2019 do Confea

CONSELHEIROS FEDERAIS

Geólogo WALDIR DUARTE COSTA FILHO – Coordenador da CTRHM
Engenheiro Agrônomo LUIZ ANTONIO CORRÊA LUCCHESI – Coordenador Adjunto da CTRHM

ESPECIALISTAS

Geólogo CELSO DE ALMEIDA BAIRÃO
Geólogo ILOÉ LISTO DE AZEVEDO
Engenheiro de Minas JULIO CESAR DE PONTES

Comissão de Articulação Institucional do Sistema – CAIS 2019 do Confea

Engenheiro Civil JOÃO BOSCO DE ANDRADE LIMA FILHO – Coordenador
Engenheiro Mecânico e de Segurança do Trabalho CARLOS DE LAET SIMÕES OLIVEIRA –
Coordenador Adjunto
Geólogo WALDIR DUARTE COSTA FILHO
Engenheiro de Produção – Mecânica ZERISSON DE OLIVEIRA NETO

Conselho Diretor 2019 do Confea

Engenheiro Civil JOEL KRÜGER – Presidente
Engenheiro Eletricista EDSON ALVES DELGADO – Vice-Presidente
Engenheiro Agrônomo EVANDRO JOSÉ MARTINS – Diretor
Engenheiro Civil OSMAR BARROS JÚNIOR – Diretor
Engenheiro Civil RICARDO AUGUSTO MELLO DE ARAÚJO – Diretor
Engenheiro Mecânico RONALD DO MONTE SANTOS – Diretor
Engenheiro de Produção – Mecânica ZERISSON DE OLIVEIRA NETO – Diretor

Apoios Técnicos do Confea

SILVIA AIDA RODRIGUES DA CUNHA – Geóloga e Analista Técnica da CAIS
JOSÉ FERNANDES LEITE – Geólogo e Assistente Técnico da CTRHM
RONALDO BARRETO LEITE FILHO – Analista GCI e Revisor Ortográfico
LIDIANE BARBOSA DE OLIVEIRA – Analista GCO e Revisora Ortográfica
SILVIA MARIA NUNES GIRARDI – Analista GCO e Publicitária
JOÃO ANASTÁCIO DIAS NETO – Analista GCO e Publicitário
Diagramação: DeBRITO BRASIL PROPAGANDA

1. CONCEITUAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

a. O ciclo da água.....	10
b. A acumulação da água.....	10
c. Sustentabilidade hídrica e desperdício da água.....	16
d. A importância da água.....	19
e. A crise mundial da água.....	20

2. A ESCASSEZ DA ÁGUA – SECA

a. O que é a seca.....	25
b. A região semiárida do Brasil.....	26
c. A desertificação.....	28

3. A QUALIDADE DA ÁGUA

a. Poluição versus contaminação.....	29
b. Doenças provocadas por águas contaminadas.....	31

4. OBRAS DE INFRAESTRUTURA HÍDRICA

a. Demandas hídricas: população urbana e rural.....	32
b. Planejamento, execução, operação e manutenção.....	32
c. Obras superficiais.....	33
d. Obras subterrâneas.....	39

5. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

a. Os normativos federais.....	58
b. Os normativos estaduais.....	60

CONCEITUAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

a. O ciclo da água

A água está em contínua movimentação acima da superfície da terra, na própria superfície e abaixo dela.

Esse movimento constitui o ciclo da água e envolve as águas evaporadas tanto do oceano como dos reservatórios superficiais, a condensação em forma de nuvens, a posterior precipitação (chuvas) e o destino da água precipitada na superfície, onde uma parte escoando formando os rios, outra se acumula em lagos naturais ou artificiais (barragens) e, finalmente, uma pequena parcela se infiltra no subsolo, indo alimentar os aquíferos (material poroso e permeável abaixo da superfície da terra, onde as águas são armazenadas). Uma parte das águas subterrâneas retornam à superfície, alimentando rios e lagos, e outra vai para o oceano. Parte da água infiltrada no solo retorna ao exterior por evapotranspiração (processo de eliminação da água pelas plantas).

b. A acumulação da água

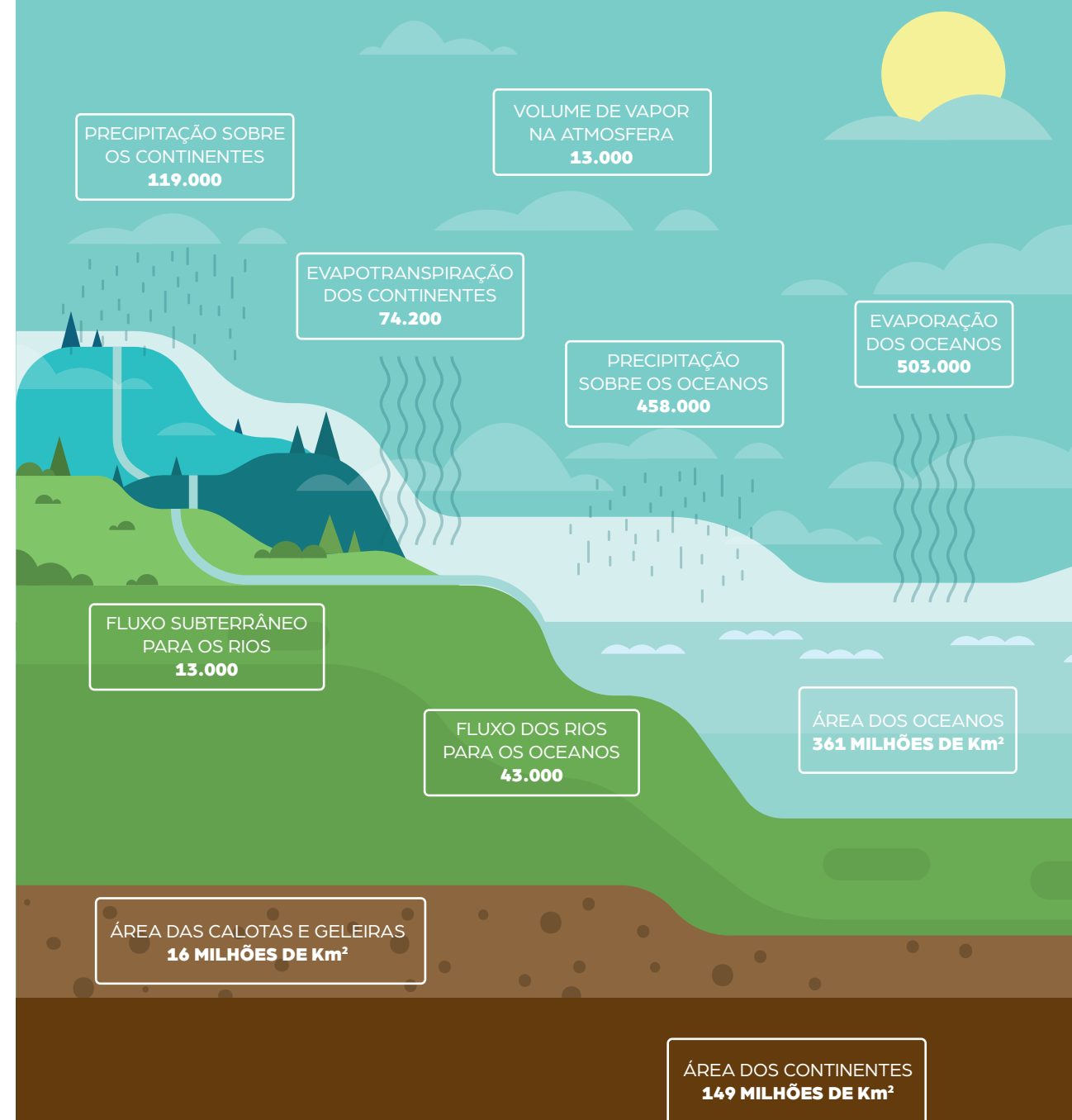
A água pode acumular-se em forma líquida ou sólida. A primeira forma constitui o maior volume, não se considerando a qualidade da água; porém, se tomada apenas a água doce, a acumulação na forma sólida, em geleiras, representa muito maior volume do que as águas doces em geral.

RELAÇÃO ENTRE AS ÁREAS REPRESENTADAS POR TERRAS E ÁGUAS NO GLOBO TERRESTRE

Área total	510.065.000km ²
Área continental	148.032.000km ² (29%)
Área coberta de água	362.033.000km ² (71%)

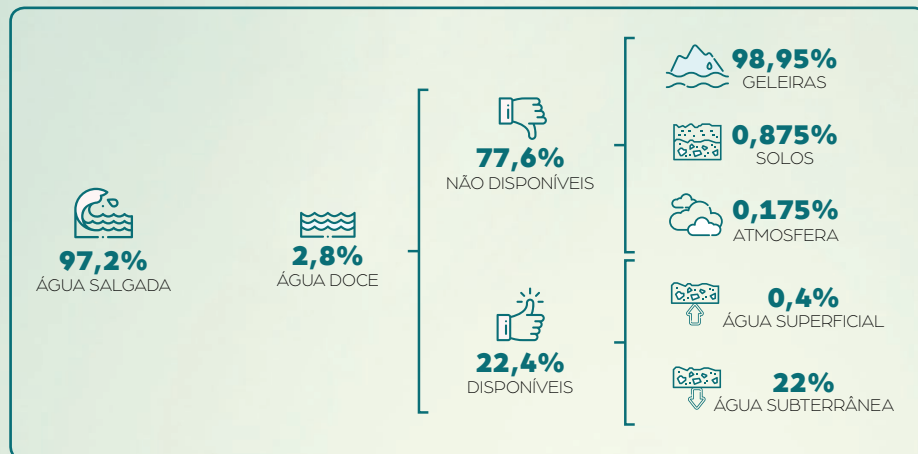


O "CICLO DA ÁGUA", MOSTRANDO EM MILHÕES DE KM³ OS VOLUMES ENVOLVIDOS NA MOVIMENTAÇÃO DA ÁGUA



VOLUMES DE ÁGUA ACUMULADOS NOS DISTINTOS LOCAIS DA TERRA E SOB DIFERENTES FORMAS E QUALIDADE

DO VOLUME TOTAL DE ÁGUA EXISTENTE: 1.360.000.000 Km³



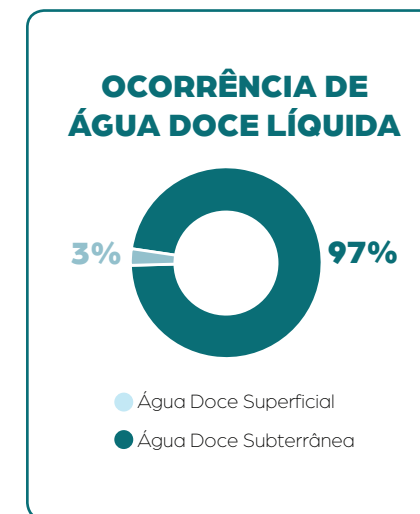
Como se verifica das águas doces disponíveis (cerca de 8.529.920km³), a grande maioria corresponde às águas subterrâneas, enquanto as águas doces na forma sólida, representadas pelas geleiras, constituem a maior parcela das águas indisponíveis.

RELAÇÃO ENTRE AS ÁGUAS DOCES SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

O que interessa à população da Terra é como essa água doce disponível pode ser acumulada para posterior captação e utilização.

A acumulação da água pode ser verificada, de um modo geral, de duas maneiras: em reservatórios superficiais de formas e dimensões variadas (barragens, reservatórios fechados, etc.) e nos aquíferos de rochas porosas e permeáveis.

O detalhamento desses reservatórios será tratado no capítulo seguinte, sobre as obras de armazenamento e captação de água, mas cabe aqui um melhor esclarecimento sobre a forma de acumulação da água subterrânea.

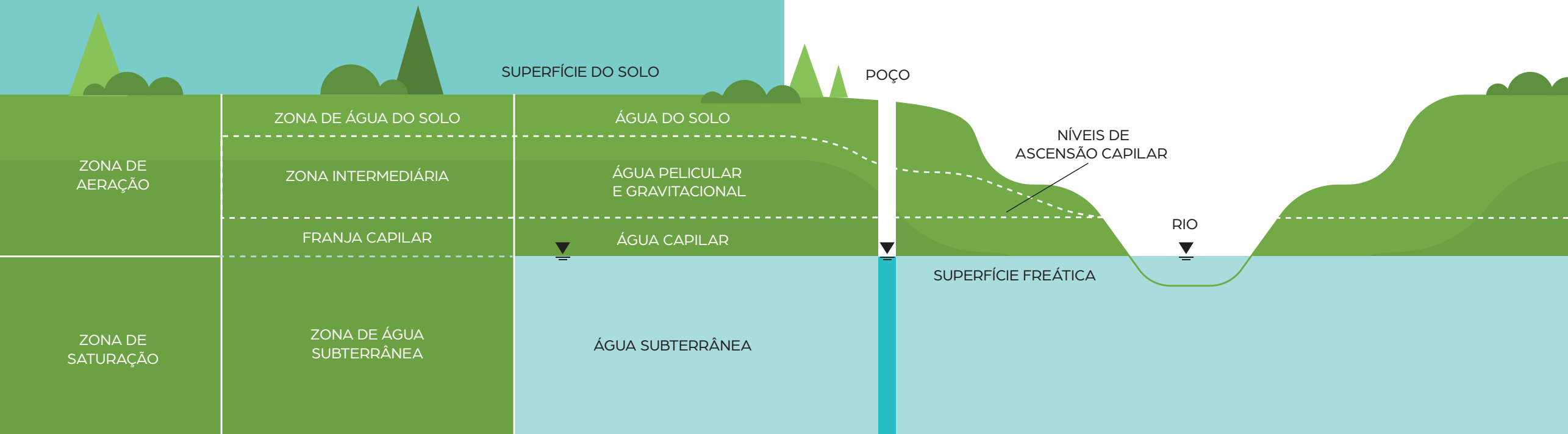


Abaixo da superfície terrestre ocorrem duas zonas distintas denominadas de "zona de aeração" e "zona de saturação". Na primeira, que é capeada por uma camada de solo onde se desenvolvem as atividades agrícolas, os poros entre os grãos constituintes do meio poroso não se encontram saturados e a água pode estar parcialmente aderida à superfície dos grãos (água pelicular) ou se movendo por efeito da gravidade (água gravitacional) para alcançar a zona de saturação, que está com todos os espaços intergranulares completamente cheios de água; na parte basal da zona de aeração, a água procura ascender sob efeito da capilaridade (água capilar).

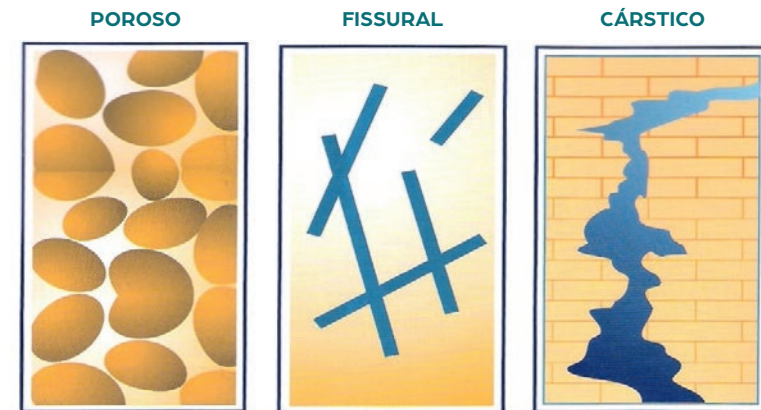
O meio hídrico subterrâneo onde a água se infiltra e se acumula pode ter variadas constituições.

Quando uma camada aquífera do tipo poroso (arenito, por exemplo) está confinada (presa) por camadas impermeáveis (argilito ou similar) e é perfurada por um poço, a água sobe, podendo chegar até a superfície (jorrando). Apenas nesse caso diz-se que o poço é artesianos.

ESQUEMA DAS ZONAS DE OCORRÊNCIA DE ÁGUA NO SUBSOLO



O meio hídrico subterrâneo onde a água se infiltra e se acumula pode ter variadas constituições.



Os diversos meios aquíferos que ocorrem na natureza

Quando uma camada aquífera do tipo poroso (arenito, por exemplo) está confinada (presa) por camadas impermeáveis (argilito ou similar) e é perfurada por um poço, a água sobe, podendo chegar até a superfície (jorrando). Apenas nesse caso diz-se que o poço é artesiano.

c. Sustentabilidade hídrica e desperdício da água

Considera-se como **sustentabilidade hídrica** o uso racional da água pela população atual de modo a não comprometer o seu uso por gerações futuras.

A sustentabilidade hídrica requer, sobretudo, um adequado gerenciamento dos recursos hídricos por meio de ações de:

- Planejamento
- Normatização (aspectos legais)
- Execução de pesquisas e estudos
- Coordenação de planos e projetos
- Monitoramento quantitativo e qualitativo dos corpos d'água e aquíferos
- Execução das obras planejadas
- Fiscalização

Esses itens serão descritos no próximo capítulo sobre "Obras de infraestrutura hídrica", à exceção do monitoramento quantitativo e qualitativo dos corpos d'água e aquíferos.

O monitoramento quantitativo diz respeito aos volumes de água acumulados no reservatório hídrico (superficial ou subterrâneo) enquanto o monitoramento qualitativo corresponde ao acompanhamento da qualidade da água ao longo do tempo.

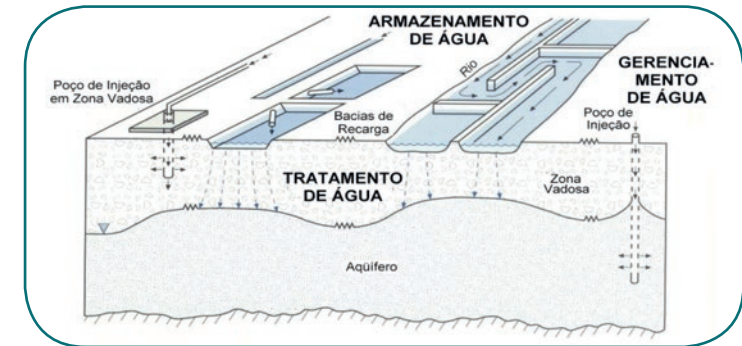
Nas fotos a seguir são mostrados os dois casos de monitoramento, com medição do nível da água dentro do poço (o que traduz a variação de volume) e a coleta de água para realização de análises físico-químicas.



Medição de nível d'água dentro do poço (à esquerda) e coleta de água para análises físico-químicas (à direita)

Quando ocorrerem riscos de sobrevivência hídrica de um manancial (superficial ou subterrâneo) ou degradação da sua qualidade, faz-se necessária a adoção de medidas para corrigir ou compensar esses riscos, tais como:

- Recarga artificial de aquíferos, que corresponde a injetar artificialmente água no meio aquífero, quando a exploração é mais rápida que a recarga natural (pela infiltração de águas de chuva ou de rios);



Diferentes modalidades de recarga artificial de um aquífero

- Reúso da água servida, que corresponde ao tratamento químico ou físico para extração de impurezas da água; essa água servida inclui até mesmo a água de esgoto;



Tratamento de águas servidas para reúso no abastecimento

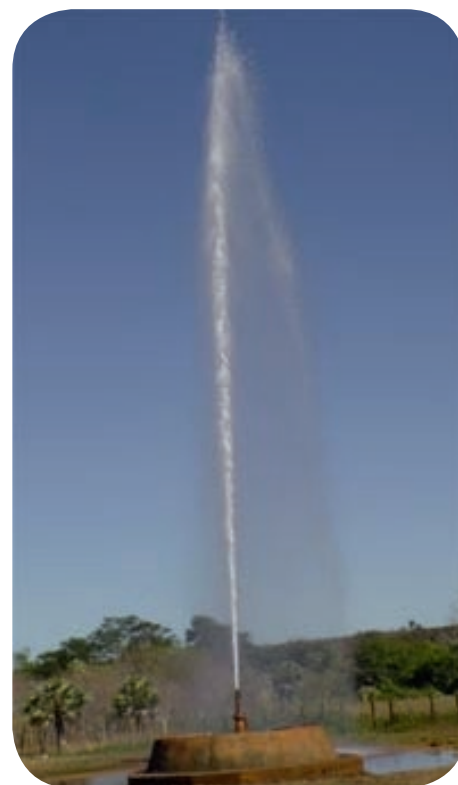
- Dessalinização de águas salobras naturalmente existentes, como no aquífero fissural da região semiárida do Nordeste, ou que venham a se tornar salinizadas por exploração desordenada nos aquíferos localizados em regiões litorâneas.



Dessalinizador (osmose reversa) utilizado em poço no aquífero fissural

O desperdício de água pode ocorrer em larga escala quando, por exemplo, inúmeros poços são perfurados num aquífero sob pressão e a água jorra na superfície, sem qualquer aproveitamento. Isso vem ocorrendo em grande número no estado do Piauí, como pode ser visto na figura ao lado, onde um poço localizado no Vale do Rio Gurguéia, com 1.000m de profundidade, vem jorrando água a uma altura de 30m, sem qualquer aproveitamento há mais de 40 anos.

Além desse poço, centenas de outros de menor profundidade, mas igualmente sob pressão, que jorravam a água a pequenas alturas, hoje já não mais apresentam nível d'água sequer próximo à superfície, como os poços da região de Picos/PI e Mossoró/RN.



Poço Violeta, Gurguéia/Piauí

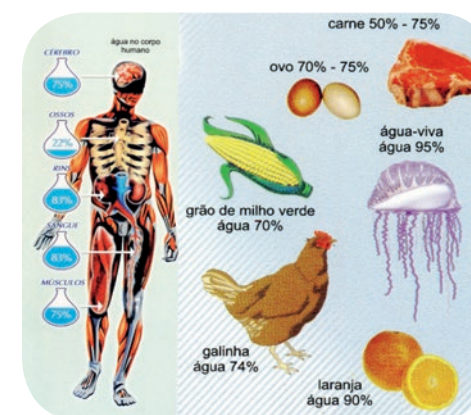
Outros casos de desperdício são frequentemente vistos nas áreas urbanas, como canos de abastecimento d'água estourados, lavagem de ruas e calçadas com água tratada servida para abastecimento público, além do mau uso da água quando em banhos muito demorados, escovação de dentes com a torneira aberta durante todo o processo, dentre outras formas habituais de a população "gerir" esse precioso recurso hídrico.

d. A importância da água

Quando ocorrerem riscos de sobrevivência hídrica de um manancial (superficial ou subterrâneo) ou degradação da sua qualidade, faz-se necessária a adoção de medidas para corrigir ou compensar esses riscos, tais como:

As produções agrícola e industrial também necessitam de água:

PARA OBTER:	QUANTIDADE DE ÁGUA:
1kg de arroz	4.500 litros
1kg de trigo	1.500 litros
1kg de carne bovina	15.000 litros
1kg de pão	150 litros
1kg de aço	300 litros
1kg de papel	250 litros



Teor de água para a vida

e. A crise mundial da água

A situação de escassez absoluta de água já ocorre em onze países, como mostra o quadro a seguir, onde a situação ao final da década 90 era de escassez hídrica absoluta (< 500m³/hab/ano).

O problema só tende a se agravar no futuro, devendo, por volta de 2025, 23 países se enquadrarem na classificação de escassez absoluta.

Os principais problemas relacionados à crise da água são: escassez pelo aumento da demanda, degradação da qualidade da água e conflitos pelo uso da água.

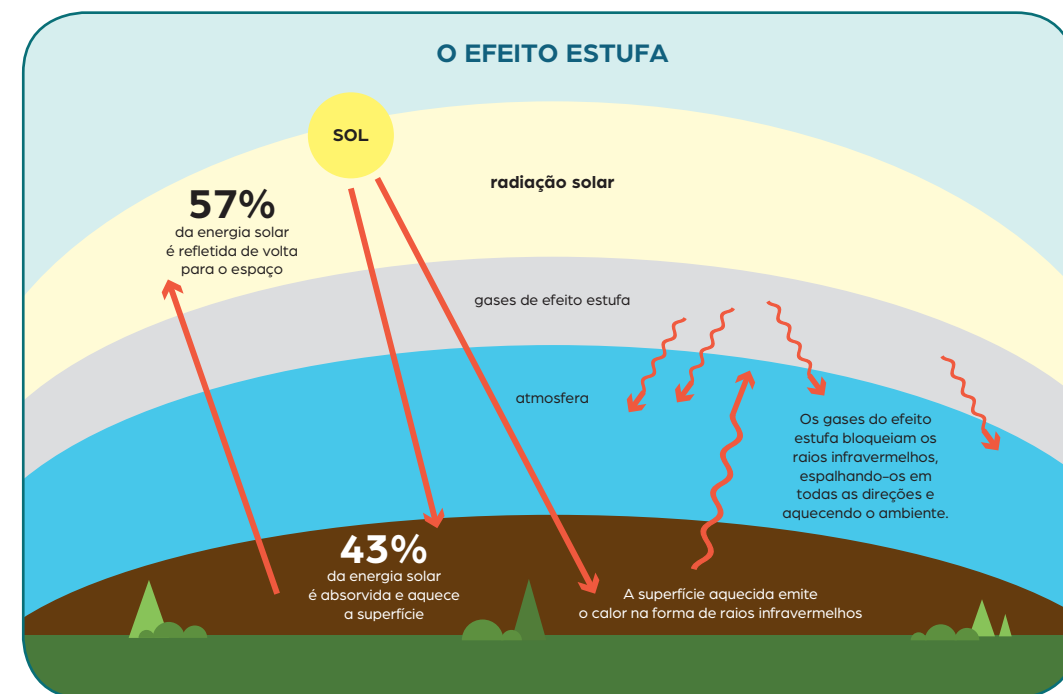
OS ONZE PAÍSES QUE MAIS SOFREM DA FALTA D'ÁGUA NO MUNDO ATUAL

PAÍS	DISPONIBILIDADE (M ³ /HAB/ANO)
Kwait	Praticamente nula
Malta	40
Quatar	54
Gaza	59
Bahamas	75
Arábia Saudita	105
Líbia	111
Bahrain	185
Jordânia	185
Singapura	211
União dos Emirados Árabes	279

Fonte: Margat, 1998.

CONTRIBUEM PARA AUMENTO DA CRISE DA ÁGUA OS SEGUINTE FATORES:

Mudanças climáticas



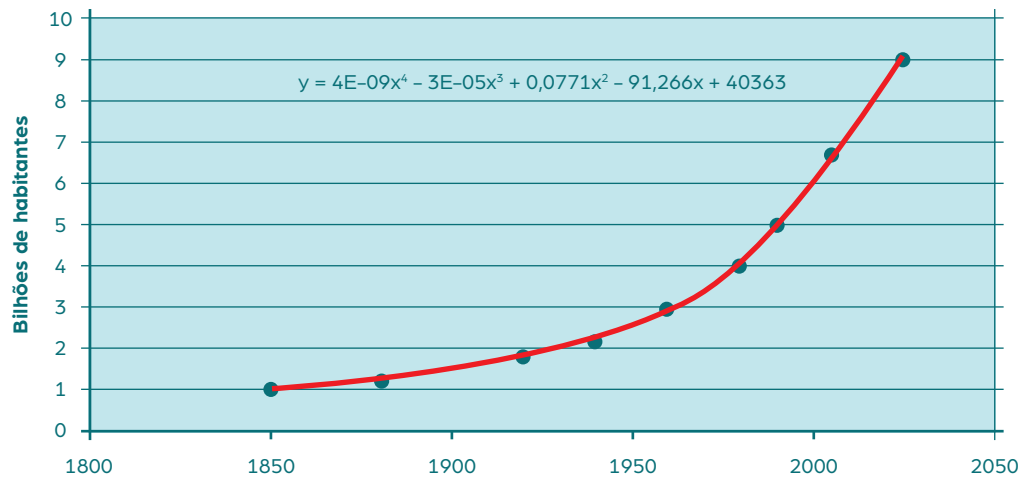
Atuação do efeito estufa provocada pela emissão de gases na atmosfera

Um aumento de 4°C na atmosfera, previsto para ocorrer até o final do século acarretaria:

1. Derretimento de 50% das geleiras da Terra
2. Desabastecimento de água de vários países da Ásia e América do Sul
3. Subida do nível do mar de até 0,6m com inundação de cidades costeiras
4. Comprometimento das reservas florestais
5. Aumento do índice de aridez nas regiões áridas e semiáridas

Crescimento populacional

A ONU projeta uma população de 9,2 bilhões de habitantes em 2025, ou seja, 2,2 bilhões a mais que a atual.



Curva de crescimento populacional desde o ano de 1850 até 2025

Aumento da área irrigada e da produção industrial



A Irrigação consome 70% da água, e a indústria, 20%

Degradação ambiental

A devastação das florestas se constitui numa das principais causas da redução dos mananciais, tendo em vista que a evapotranspiração contribui para a formação de nuvens e a precipitação, e que as nascentes que derivam das áreas de intensa cobertura vegetal alimentam os rios dos continentes.

Poluição dos mananciais

Dois milhões de toneladas de resíduos são jogados diariamente nas fontes receptoras, incluindo componentes industriais, químicos, dejetos humanos e resíduos agrícolas (fertilizantes e herbicidas).



Lixões e agrotóxicos como agentes de poluição de mananciais hídricos



Poluição de águas residuais

Calcula-se que a produção global de águas residuais é de aproximadamente de 1.500 quilômetros cúbicos. Se um litro desse líquido residual pode poluir 8 litros de água doce, a carga mundial de poluição pode ascender, atualmente, a 12.000 quilômetros cúbicos.

Mau uso e desperdício

Os proprietários de poços consomem de duas a três vezes mais água que os habitantes servidos com água pública, com pagamento de contas mensais.

Falta de gestão adequada dos recursos hídricos

Os problemas de gestão da água relacionam-se diretamente com o uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, que nesse aspecto é desordenado especialmente nas regiões mais habitadas. A ocupação desordenada em áreas de mananciais poderá vir a inviabilizá-los, agravando os problemas em algumas regiões metropolitanas.

Falta de conscientização do desenvolvimento sustentável

O desenvolvimento sustentável em escala humana é aquele que se centra na busca da satisfação das necessidades fundamentais da população e na elevação de sua qualidade de vida por meio do manejo racional dos recursos naturais, sua conservação, recuperação, melhoria e uso adequado.

A ESCASSEZ DA ÁGUA – SECA

a. O que é a seca

A seca é um fenômeno natural que corresponde à ausência ou diminuição acentuada de chuva numa região. No Brasil, a seca predomina na região Nordeste, onde incide uma ou mais vezes em cada década, durando de um a quatro anos consecutivos.

Desde o século XVI, há 450 anos, ocorreram na região semiárida do Nordeste do Brasil, 73 secas, sendo 40 secas anuais e 33 plurianuais. O total de número de anos de secas nesse período foi de 116, com média de uma seca a cada 4 anos.

Como resultado da seca, a paisagem se torna desértica com árvores sem folhagem, solo rachado e ausência de água nos reservatórios.



Vegetação despida de folhagem



Reservatório praticamente vazio pela ausência de água de escoamento superficial



Solo rachado pela perda de água

b. A região semiárida do Brasil

A região semiárida do Nordeste caracteriza-se por reduzidas precipitações pluviométricas (chuvas), em médias inferiores a 600mm/ano, e elevada evaporação, que consome uma lâmina d'água de 2,5m de altura.

O regime de chuvas é fortemente concentrado em quatro meses (fevereiro-maio) e uma grande variabilidade interanual, com potencial de água doce de 186,2km³/ano (3% do total das disponibilidades hídricas do País) e um escoamento superficial de apenas 4L/s/km².

As fortes secas que flagelam a região sempre moldaram o comportamento das populações e foram preponderantes para a formulação de políticas públicas regionais.

Essa região denominada Polígono das Secas possui uma área de 969.589km² (11% do território nacional) e envolve total ou parcialmente 1.133 municípios, em nove estados da federação. O potencial médio de água doce é de 186km³/ano, equivalente a apenas 3% das disponibilidades hídricas do país.

O Nordeste do Brasil situa-se entre as latitudes 1° e 18° 30' S, e as longitudes 34° 30' e 40° 20' W, com área de 1.219.000km², que equivale a aproximadamente um quinto do território brasileiro. A região abrange os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, nos quais vivem 18,5 milhões de pessoas, dos quais 8,6 milhões estão na zona rural (CIRILO et al. 2007: 33).

O denominado Polígono das Secas foi criado pela Lei nº 175 de janeiro de 1936, como área a ser objeto das políticas de combate às secas. O Polígono foi alvo de várias modificações, tendo sido, inclusive, inserido na Constituição Federal de 1946. Atualmente, o Polígono foi substituído pela Região Semiárida do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (MMA, 2004). O Ministério da Integração Nacional (10/03/2005) redefiniu os limites da região semiárida do Nordeste conforme imagem a seguir.

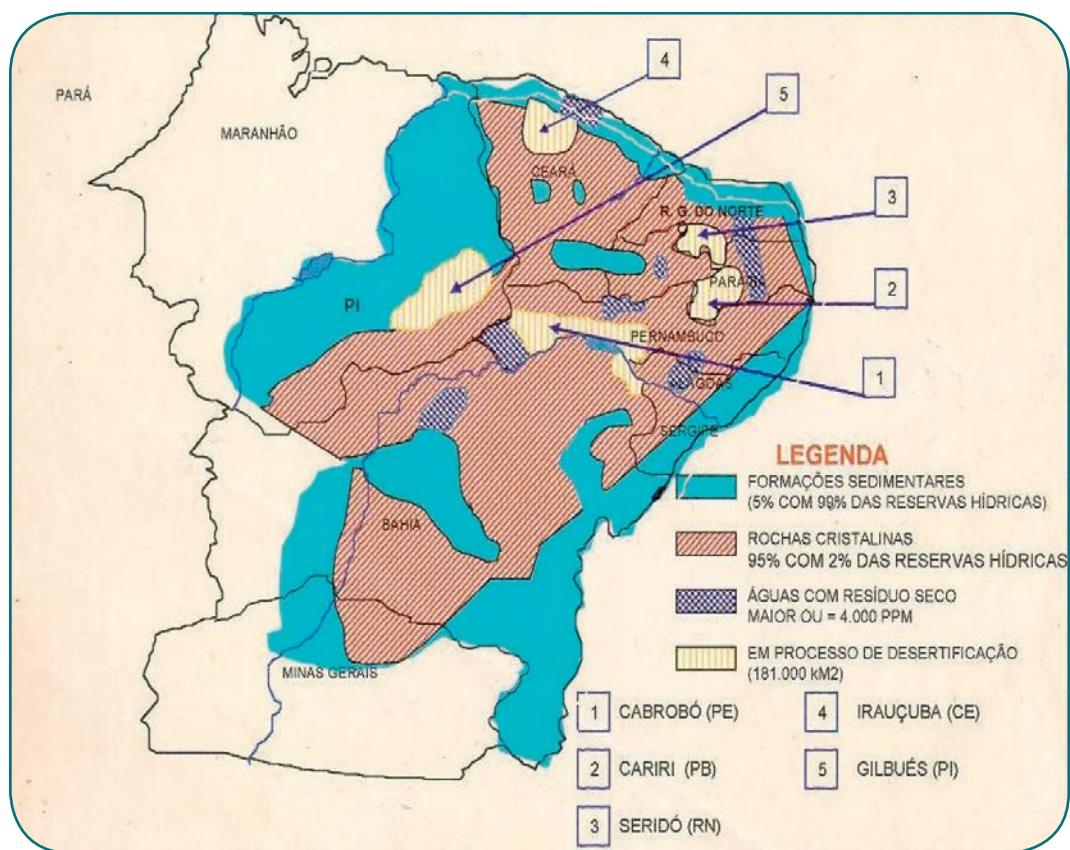


Mapa do Polígono das Secas na região semiárida do Nordeste brasileiro

c. A desertificação

A degradação ambiental de forma continuada dá origem a um processo denominado desertificação, que é caracterizado por extensas áreas desabitadas, sem condições mínimas de sobrevivência.

Apesar de esse processo já se desenvolver em praticamente um terço da região semiárida do Brasil, pode-se caracterizar como avançados processos de desertificação em cinco áreas no Nordeste, mostradas na figura abaixo, uma em cada estado entre o Piauí e Pernambuco, passando por Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.



Áreas do semiárido nordestino com processo mais avançado de desertificação

A QUALIDADE DA ÁGUA

a. Poluição versus contaminação

Uma água, solo ou aquífero podem estar poluídos, mas não estarem contaminados. A **poluição** é uma alteração ambiental provocada pelo ser humano, que prejudica, direta ou indiretamente, sua vida ou seu bem-estar, trazendo danos aos recursos naturais e impedimento a atividades econômicas. A **contaminação** é a presença, em um ambiente, de seres patogênicos ou substâncias em concentração nociva ao ser humano; no entanto, se não resultar em uma alteração das relações ambientais, a contaminação não é uma forma de poluição. Esta diferenciação é fundamental no caso de o ambiente ser a água, superficial ou subterrânea.

Apesar de serem mais protegidas que as superficiais, as águas subterrâneas podem ser poluídas ou contaminadas quando os poluentes atravessam a porção não saturada do solo.

Um indicador de poluição difusa de água subterrânea é o nitrato. Sua origem está relacionada a atividades agrícolas e esgotos sanitários. Sendo o nitrato uma forma estável de nitrogênio em condições anaeróbicas, esta substância pode ser considerada persistente, e sua remoção da água para atender ao padrão de potabilidade é onerosa e, por vezes, tecnicamente inviável, prejudicando o abastecimento público e privado.

As principais fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas são: os lixões; os aterros mal operados; os acidentes com substâncias tóxicas; as atividades inadequadas de armazenamento; o manuseio e descarte de matérias-primas; os produtos, efluentes e resíduos em atividades industriais, como as químicas, as petroquímicas, as metalúrgicas, as eletroeletrônicas, as alimentícias, as de galvanoplastias ou de curtume, etc. As atividades minerárias que expõem o aquífero; os sistemas de saneamento "in situ"; o vazamento das redes coletoras de esgoto; o uso incorreto de agrotóxicos e fertilizantes; bem como a irrigação que pode provocar problemas de salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea; e outras fontes dispersas de poluição.

Segundo a Cetesb, o potencial de poluição da água subterrânea depende:

- Das características, da quantidade e da forma de lançamento do poluente no solo.

Quanto maior a persistência ou menor a capacidade de degradação e maior a mobilidade do poluente no meio solo e água subterrânea, maior o seu potencial de poluição. Aliado a isso, uma pequena quantidade de poluentes em regiões muito chuvosas pode transportar rapidamente as substâncias para as águas subterrâneas, mesmo considerando a capacidade do solo para atenuar os efeitos.

- Da vulnerabilidade intrínseca do aquífero

A vulnerabilidade de um aquífero pode ser entendida como o conjunto de características que determinam o quanto ele poderá ser afetado pela carga de poluentes. São considerados aspectos fundamentais da vulnerabilidade: o tipo de aquífero (livre e confinado), a profundidade do nível d'água, e as características dos estratos acima da zona saturada, em termos de grau de consolidação e litologia (argila a cascalho).

Uma vez poluídas ou contaminadas, as águas subterrâneas demandam um elevado dispêndio de recursos financeiros e humanos para sua remediação, o que de modo geral é atingido somente ao final de vários anos. Desta forma, devem ser tomadas medidas preventivas para sua proteção, associadas ao controle de poluição como um todo, definindo-se critérios de qualidade, iniciando-se pelo estabelecimento de Valores Orientadores.

Os poluentes ou contaminantes podem ser classificados como:

Agentes químicos

- Orgânicos (biodegradáveis ou persistentes): proteínas, gorduras, hidratos de carbono, ceras, solventes, entre outros.
- Inorgânicos: ácidos, álcoois, tóxicos, sais solúveis ou inertes.

Agentes físicos

- Detrito marinho.

- Lixo.

- Radioatividade, calor, modificação do sistema terrestre, por meio de movimentação de terras ou similares.

Agentes biológicos

As coliformes são um bioindicador normalmente utilizado na análise da qualidade microbiológica da água, embora não seja uma real causa de doenças. Outras vezes, agentes biológicos encontrados nas águas de superfície que têm causado problemas para a saúde humana incluem:

- Microscópicos, como Vírus, Bactérias, Protozoários, Helmintos (platelmintos e nematelmintos), Algas;
- Macroscópicos, como animais e plantas não pertencentes ao habitat natural em sobre-exploração.

b. Doenças provocadas por águas contaminadas

Aproximadamente 1,2 bilhão de pessoas não possuem acesso a água potável, segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), além de que 1/3 da população mundial não possui serviços sanitários apropriados. Em decorrência disso, quase 3,8 milhões de crianças morrem anualmente de doenças causadas por águas de má qualidade.

Conforme a OMS (Organização Mundial de Saúde), para cada R\$ 1,00 investido em saneamento básico, economiza-se R\$ 5,00 em gastos com a saúde pública. Assim, preservar a qualidade da água é promover a saúde dos seres humanos e diminuir o peso financeiro sobre o contribuinte.

Doenças de veiculação hídrica: cólera, febre tifoide, diarreia aguda, hepatite infecciosa, amebíase, giárdias e contaminantes químicos e radioativos;

Doenças cujos vetores se relacionam com a água: malária, dengue, febre amarela, poliomielite e filariose;

Doenças cuja origem está na água: esquistossomose;

Doenças relacionadas à falta ou ao mau uso de água: tracoma, escabiose, conjuntivite bacteriana aguda, salmonelose, tricuriase, enterobíase, oncosporíase e ascaridíase.

OBRAS DE INFRAESTRUTURA HÍDRICA

a. Demandas hídricas: população urbana e rural

Para caracterizar as obras de infraestrutura hídrica, convém distinguir que nível de demanda é requerido para atendimento de água de habitantes de uma região. Em princípio, pode-se relacionar essa demanda a duas situações de distribuição dos habitantes, sobretudo na região semiárida do Nordeste:

- a) Aglomerado urbano representado por cidades, vilas e povoados;
- b) Distribuição na zona rural, representada por fazendas, sítios ou residências isoladas.

No primeiro caso, de aglomeração urbana, as demandas são em geral elevadas, uma vez que é requerido um atendimento amplo a toda a população, podendo esse atendimento ser individualizado por uma rede de distribuição domiciliar, ou em nível público por meio de chafarizes distribuídos ao longo da área urbana. Também é comum a situação híbrida em que parte da população possui atendimento domiciliar e outra parte, atendimento coletivo.

Enquanto isso, a distribuição na zona rural onde as residências são difusas, o atendimento passa a ser pontual ou, no máximo, coletivo, quando as casas de um determinado meio se localizam relativamente próximas uma da outra.

b. Planejamento, execução, operação e manutenção

A implantação de obras de infraestrutura hídrica requer uma sequência de ações imprescindíveis ao melhor atendimento da demanda hídrica de determinada população.

O planejamento corresponde à fase de estudos prévios a partir de dados existentes e de dados coligidos na região onde se pretende implantar a(s) obra(s). A partir desses estudos é que se irá definir:

- Que tipo(s) de obra(s) será(ão) mais adequado(s);
- Localização dessa(s) obra(s);
- Características e dimensionamento da(s) obra(s);
- Obras complementares necessárias;
- Custos;
- Tempo de execução;
- Equipe necessária para a implantação.

A execução trata da operação construtiva da(s) obra(s) planejada(s), pela equipe prevista.

A operação refere-se à entidade (pública ou privada) ou pessoa física a se responsabilizar pela operação da(s) obra(s). Para obras públicas de grande porte, como uma barragem, uma adutora, uma estação de tratamento, ou outra similar, a operação será sempre de responsabilidade de uma entidade pública federal, estadual ou municipal, enquanto em obras pontuais, como um poço tubular numa propriedade rural, a operação será de responsabilidade do proprietário da obra.

Finalmente, a responsabilidade pela manutenção deve sempre ser prevista, a fim de evitar que inúmeras pequenas obras fiquem desativadas, como um catavento em que a sola se desgastou, uma pá ou uma bomba de poço quebrou, um dessalinizador cujas membranas precisam ser repostas, dentre outras danificações que possam implicar paralisações ou abandono de obras de captação de água.

c. Obras superficiais

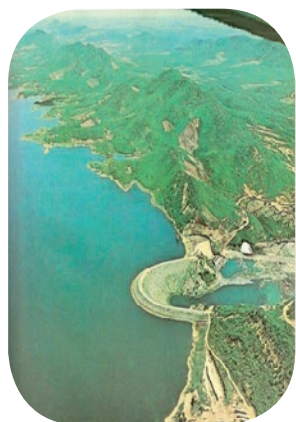
As obras hídricas superficiais podem ser divididas segundo os seguintes critérios:

- a) Obras de armazenamento;
- b) Obras de captação;
- c) Obras de transposição da água;
- d) Obras secundárias de acumulação e distribuição;
- e) Obras complementares.

OBRAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS DE ARMAZENAMENTO

Barragem ou Açude

Corresponde ao barramento do leito de um rio para permitir a acumulação de consideráveis volumes de água destinados ao abastecimento público, irrigação, uso industrial, lazer, geração de energia, dentre outros usos.



Barragem do Açude de Orós/CE

Barreiro ou Barraginha

Pequeno barramento de água de afluentes de rios ou riacho, com capacidade de acumulação de reduzidos volumes de água que, em geral, não conseguem sobreviver ao longo de todo o período de estiagem.



Barreiro logo após o período de chuvas

Implúvio

Obra destinada à captação da água da chuva com reduzido escoamento superficial. O implúvio pode ser uma depressão numa superfície de terreno semi-horizontal, desprovida de escoamento superficial (riacho) ou por meio da captação de telhados ou piso. A coleta dessa água é recolhida num reservatório denominado cisterna.



Implúvio com revestimento de cimento



Implúvio aproveitando a calha do telhado com acumulação numa cisterna



Cisterna de enxurrada, coletando a água que precipita na superfície do terreno

Mandala

Consiste na construção de um tanque em forma de bacia com capacidade em torno de 30.000 litros, sendo abastecida com água de adutora ou açude. Utiliza-se uma bomba para irrigar culturas agrícolas e pode também servir para criação de peixes.



Mandala protegida por tela

OBRAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS DE CAPTAÇÃO

A captação de águas superficiais pode ser efetuada por bombas instaladas dentro do reservatório (açude) ou "a fio d'água", isto é, diretamente no leito do rio.



A foto à esquerda mostra a tomada d'água dentro do açude (ver parede ao fundo) e a foto à direita mostra a tomada d'água no leito do rio

OBRAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS DE TRANSPOSIÇÃO

A água armazenada pode ser transportada até o usuário por meio de:

- Canais;
- Adutoras.

Canais

Os canais, em geral abertos, são utilizados para transporte da água a grandes distâncias, como de uma bacia para outra (transposição de bacias). Um exemplo a ser mostrado é a transposição do Rio São Francisco, a partir da barragem de Sobradinho (entre Pernambuco e Bahia) para os estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.



Canais de transposição das águas do Rio São Francisco



Canal aberto principal de irrigação por gravidade em Ibimirim/PE

Adutoras

As adutoras conduzem em tubulações as águas de açudes para reservatórios de grande capacidade situados em estações de tratamento, onde a água recebe o adequado tratamento químico e passa à rede de distribuição domiciliar.

OBRAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS DE ACUMULAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

A água transportada pelas adutoras pode ser armazenada em caixas d'água enterradas ou suspensas e dali ser distribuída na rede domiciliar ou abastecer chafarizes de uso coletivo.



Chafariz de uso coletivo implantado em caixa d'água de PVC

OBRAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS COMPLEMENTARES

Como obras complementares, podem ser construídos bebedouros de animais, lavanderias públicas, etc.



Lavanderia pública de uso coletivo (à esquerda) e bebedouro de animais (à direita)

d. Obras subterrâneas

As obras de captação de águas subterrâneas podem ser classificadas como estruturadoras e complementares, as quais apresentamos a seguir, assim como as pesquisas e estudos necessários à implantação dessas obras.

OBRAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS ESTRUTURADORAS

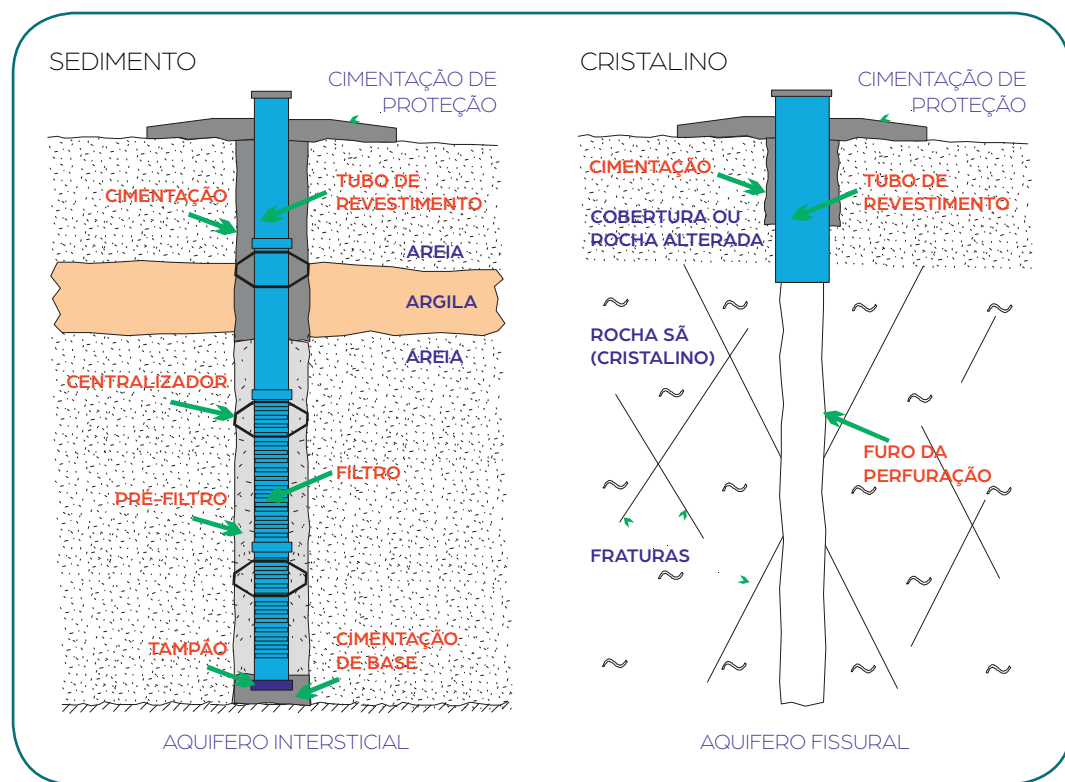
Poço Tubular

Nas regiões representadas geologicamente por rochas sedimentares, que possuem capacidade de acumular e liberar água, os poços são perfurados a profundidades variáveis, que vão desde algumas dezenas até centenas de metros, como ocorre nas denominadas bacias sedimentares.

A grande vantagem da captação de água subterrânea armazenada em aquíferos porosos, à grande profundidade, é a pureza dessas águas, que dispensam um tratamento mais profundo (em geral, recebem apenas uma cloração).

Lamentavelmente na região semiárida nordestina predominam rochas do tipo cristalina (como o granito, o gnaisse e o xisto) que acumulam pouca água e, em grande parte da região, em função do clima regional, concentram sais (principalmente cloretos), o que torna a água armazenada imprestável para consumo humano, exigindo a utilização de dessalinizadores.

Os poços tubulares profundos perfurados no aquífero poroso (rochas sedimentares) e no aquífero fissural (rochas cristalinas) apresentam características completamente diversas. Com efeito, no primeiro, os poços devem ser totalmente revestidos e dotados de filtros nas áreas melhor produtoras de água, enquanto no segundo tipo, o revestimento é reduzido a alguns poucos metros onde exista alguma rocha alterada, ficando no restante do poço totalmente dispensável o revestimento e o uso de filtros. Essa distinção torna um poço no aquífero poroso de cinco a dez vezes mais caro do que no aquífero fissural.



Poços tubulares profundos nos aquíferos poroso e fissural

A metodologia de perfuração em termos de equipamento ou perfuratriz também difere de um tipo para outro. Assim, para um poço no aquífero poroso é utilizada mais frequentemente a perfuratriz do sistema rotativo, onde toda a coluna de perfuração gira com uma broca na extremidade, utilizando um fluido de perfuração (denominado "lama") que conduz os fragmentos cortados até a superfície. Enquanto isso, no aquífero fissural utiliza-se com mais frequência a perfuratriz a ar comprimido. Especificamente para o aquífero do tipo poroso, pode também ser empregada uma perfuratriz do tipo percussora, com batidas constantes de um trépano na extremidade da haste.

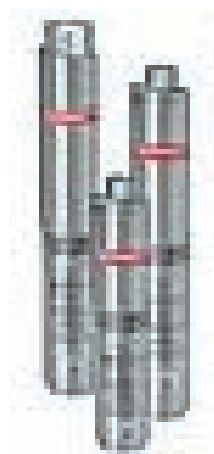
O tempo de perfuração de um poço no sedimento com cerca de 150m de profundidade fica em torno de 5 dias com o equipamento rotativo e de 20 dias com a percussora, enquanto no aquífero fissural, um poço com perfuratriz a ar comprimido pode concluir um poço de 50m em apenas dois dias, chegando até a 30 dias com uma máquina percussora.

Um poço no aquífero fissural, quando possui água salinizada, fica mais caro, pois um dessalinizador para extrair o sal da água de um poço com vazão em torno dos 3m³/h custa em média R\$ 25.000,00 (vinte e cinco mil reais).

A retirada da água dos poços pode ser efetuada através de bombas ou cataventos, sendo aduzida para reservatórios, de onde é distribuída à população por intermédio de chafarizes ou por rede domiciliar.



Perfuratriz a percussão



Catavento, bomba injetora e bomba submersa, na sequência

Poço Amazonas

Os poços amazonas são obras mais elaboradas, podendo ser construídas, em geral, de duas maneiras:

- Com tijolos e argamassa;
- Com tubos de concreto semiporoso.

Os poços amazonas construídos com tijolos, embora demandem maior tempo de construção, permitem maior acumulação interna da água, pois podem ser executados em diâmetros de 2 a 5 metros, enquanto os poços com tubos pré-fabricados possuem diâmetro menor (1 a 1,2m).

Para sua construção, efetua-se inicialmente uma escavação no terreno até ultrapassar o nível da água, podendo-se utilizar uma bomba para rebaixamento do aquífero e permitir a construção da parede do poço; em seguida, constrói-se uma cinta de concreto sobre a qual se erguerá a coluna formada por tijolos furados (com furos dirigidos para o interior do poço); após a sua conclusão, reveste-se a parede externa com uma tela de nylon para impedir a entrada da areia no poço. O espaço entre a parede do poço e a parede de terra deverá ser preenchido com cascalho fino (2 a 3mm) a fim de proporcionar uma maior permeabilidade do fluxo da água para dentro do poço.

A outra modalidade é a de utilizar tubos de concreto semiporoso ou, na ausência desses (poucos fabricantes produzem esse tipo de tubo), deverão os anéis ser devidamente perfurados antes da colocação no local escolhido.

A foto a seguir mostra a colocação de dois poços amazonas justapostos, construídos com anéis de cimento perfurados antecipadamente.



Poço amazonas feito com tijolos

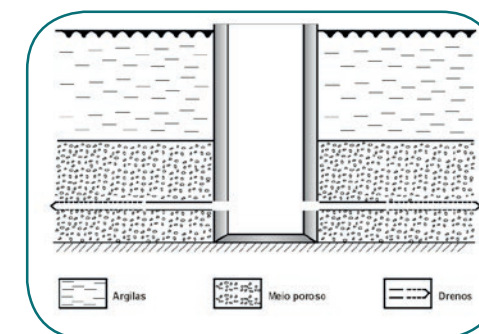


Poço com anéis de concreto

Poço Amazonas com Drenos Radiais

Em comunidades localizadas nas proximidades de grandes rios, que possuem possantes aluviões, mesmo que o escoamento superficial seja suspenso no período de estiagem, podem ser construídos grandes poços amazonas, com diâmetros em torno de 5m, dotados de drenos radiais que, injetados no depósito aluvial, aumentam a captação num raio até dez vezes o raio do poço.

Com esse dispositivo, ilustrado na foto a seguir, um poço amazonas pode fornecer vazões de até 100m³/h.



Corte esquemático num poço amazonas com drenos radiais modelo de Ranney (modificado de Custódio e Llamas, 1987)

A construção desse poço amazonas é feita com placas pré-moldadas que são justapostas e presas por vergalhões de aço. Uma vez construída toda a parede, utiliza-se um dispositivo com macaco hidráulico para injetar cada um dos drenos.

Após a injeção dos drenos, que podem variar de quatro a seis, constrói-se uma tampa, que pode ser de concreto ou madeira, a fim de evitar que venham a entrar animais ou impurezas.



À esquerda, fase da colocação das placas; e à direita, injeção de um dreno por macaco hidráulico.
Fonte: Sá (1999)

A captação, armazenamento e distribuição da água contida nesses poços é feita da mesma forma que nos poços tubulares profundos, ou ainda, retirada manualmente através de baldes, eventualmente dispostos por sarilho e corda.

Fonte (exutório natural)

A maior parte dos exutórios naturais (fontes) que ocorrem na região semiárida nordestina é de muito baixa potencialidade, pois representam a saída de água de fraturas das rochas em locais situados em sopé de elevações. São os conhecidos "olhos d'água". Todavia, alguns exutórios que ocorrem em áreas sedimentares podem apresentar elevadas vazões, como ocorre, por exemplo, na região norte da bacia sedimentar do Araripe, região do Crato e de Juazeiro do Norte, estado do Ceará, onde duas fontes são canalizadas para um pequeno reservatório.



Fontes no cristalino



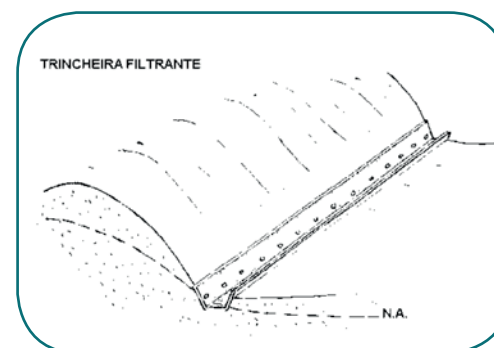
Fontes no sedimento

Os custos de captação de uma fonte são irrisórios, pois basta a colocação de um tubo devidamente encaixado na fonte e direcionado para o ponto de utilização.

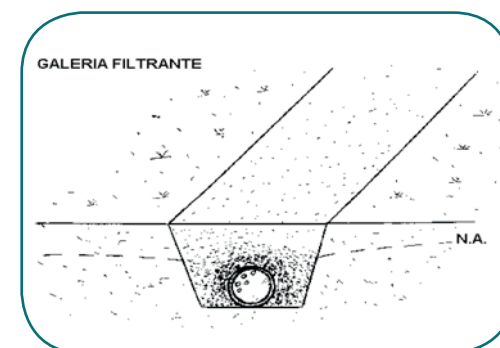
Eventualmente pode ser necessária a construção de reservatórios na superfície para a acumulação da água antes da sua distribuição, principalmente nos casos em que as fontes oferecem vazões mais elevadas.

Obras de captação do nível d'água semiaflorante

Quando o nível da água subterrânea é semiaflorante, podem ser construídas obras de captação como trincheiras ou galerias filtrantes, que, em geral, conduzem a água para um centro de acumulação, podendo ser um poço ou uma caixa d'água. Os desenhos esquemáticos ilustram melhor essas situações. Essas obras são raras na região nordestina.



Trincheira filtrante



Galeria filtrante

Barragem subterrânea

Uma barragem subterrânea constitui uma obra singela, mas de grande aplicação, pois permite acumulação de água subterrânea pela retenção do fluxo subterrâneo dos alúvios dos rios secos. A água acumulada numa barragem subterrânea pode ser captada por poços tubulares ou poços amazonas e ser utilizada para consumo humano, dessedentação de animais e ainda para uma irrigação de culturas de subsistência no próprio leito aluvial por meio de uma subirrigação.

Consiste a obra na escavação de uma vala no depósito aluvial, perpendicularmente à direção de escoamento do rio, alcançando a profundidade suficiente para atingir o embasamento rochoso abaixo da aluvião.

Após a escavação, constrói-se um septo impermeável, que pode ser por intermédio de argila ou uma lona plástica justaposta à parede da vala, que fica oposta ao sentido de escoamento do rio.

Antes de fechar a vala, constrói-se um poço amazonas na zona mais profunda, podendo, para facilitar a entrada d'água, colocarem-se drenos longitudinais ao longo da vala, direcionados para o poço amazonas.

Após fechar a vala, constrói-se um enrocamento de pedras ou sacos de areia para reter um pouco o fluxo das águas subterrâneas e facilitar a infiltração.



Escavação manual da vala



Escavação mecanizada



Septo de argila



Septo de lona



Poço (1º anel) com dreno



Poço de tijolos/alvenaria



Enrocamento de pedras



Enrocamento com sacos de areia

Para que se tenha uma ideia aproximada sobre a disponibilidade de água proporcionada por uma barragem subterrânea, será a seguir apresentado um cálculo hipotético de uma barragem em função das características do depósito aluvial de uma dada região.

Suponha-se que um vale fluvial apresente em determinada localidade as seguintes características, identificadas por um estudo específico:

a) largura média do depósito aluvial no trecho alcançado pelo barramento:

$$L = 50 \text{ m}$$

b) extensão (comprimento) da área a montante do barramento, sob influência da barragem:

$$C = 1 \text{ km}$$

c) espessura saturada média do depósito aluvial:

$$E = 2 \text{ m}$$

d) coeficiente de porosidade eficaz médio do sedimento aluvial:

$$\mu, = 15\%$$

O volume de água disponível "V" será dado por:

$$V = L \times C \times E \times \mu, \text{ ou:}$$
$$V = 50 \times 1.000 \times 2 \times 0,15 = 15.000 \text{ m}^3$$

Considerando um consumo médio de água na base de 60l/hab/dia na zona rural, esse volume daria para abastecer 100 famílias durante um ano, ou ainda irrigar 2ha durante 8 meses (considerando 4 meses chuvosos).

Recarga artificial

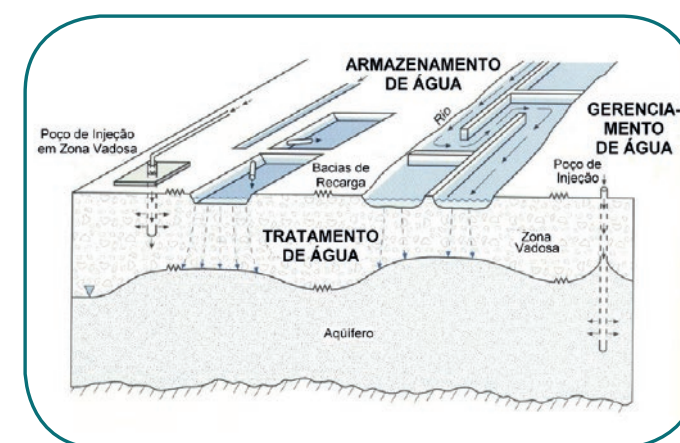
A recarga artificial é uma técnica bastante difundida e utilizada pelo mundo, à exceção daqui do Brasil, onde só existem pequenos e localizados experimentos.

O *Salt River Project* - SRP (Projeto do Rio Salgado), sediado em Tempe, Arizona, mantém um dos mais sofisticados sistemas de água subterrânea no Arizona, com completos serviços de gerenciamento de mais de 260 poços e sistemas associados.

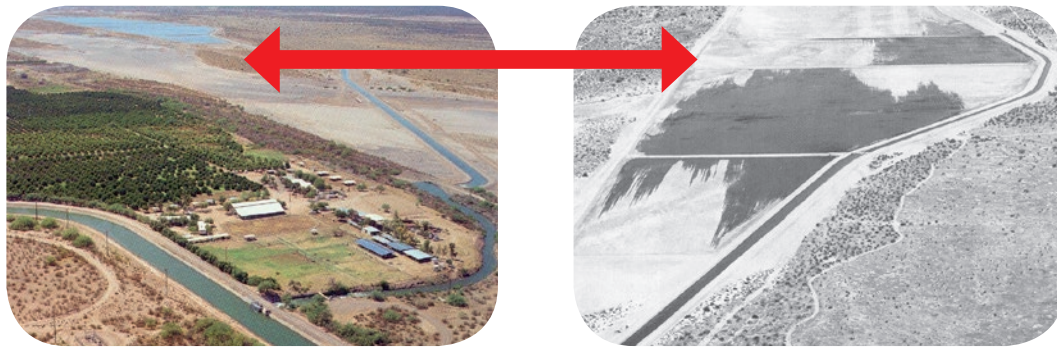
A recarga do aquífero é feita principalmente com o excedente de água superficial, a um custo efetivo baixo, constituindo um método de purificação de água municipal, industrial e efluente agrícola, além do emprego para isolamento de zonas de água subterrânea contaminada, melhorando sua qualidade e controlando a intrusão de água salina.

Duas metodologias para a recarga são comumente utilizadas, por meio de várias técnicas, a saber:

- Método Superficial Direto: utilizando-se de bacias de inundação e da modificação do fluxo de canal;
- Método Subsuperficial Direto: utilizando-se de poços de injeção nas zonas saturada e vadosa do aquífero, e de buracos e aberturas naturais.

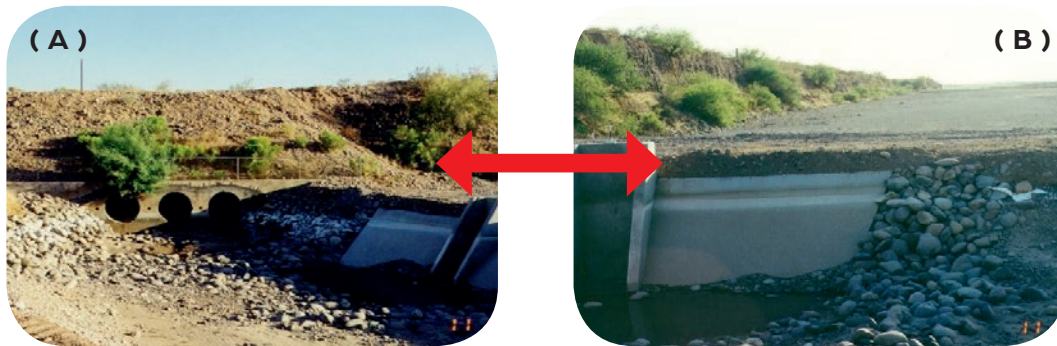


Sistema de Recarga de Água Subterrânea pela SRP, Arizona



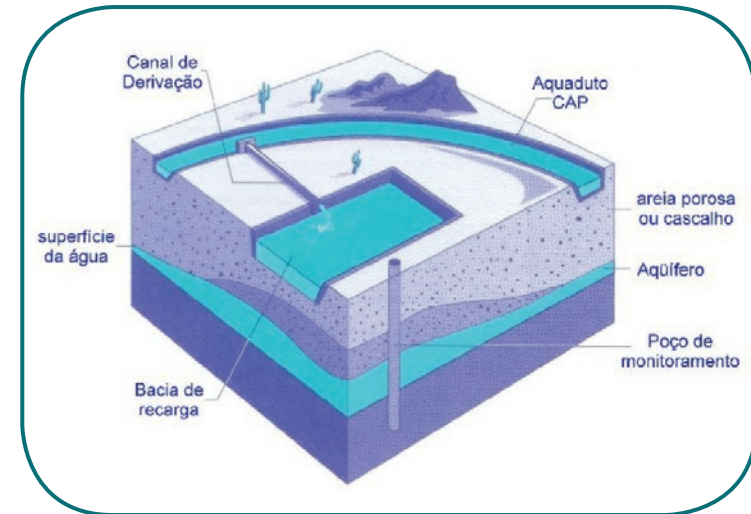
Área de Recarga de Água Subterrânea mostrando os canais principais e secundários e as bacias de inundação, do GRUSP, Arizona

Essas bacias de inundação chegam a receber até 10 (dez) metros de lâmina d'água por dia, que se infiltra diretamente no aquífero, demonstrando, pela excelente capacidade de infiltração do terreno, ser uma ótima metodologia de recarga. As fotografias a seguir mostram (A) o canal principal da bacia de inundação (no momento da fotografia, seco, em manutenção) com uma das comportas que levam água à bacia de inundação (B). Essas comportas são todas acionadas (abrir e fechar) diretamente da sala de controle da SRP por meio de satélite, ou ainda manualmente, no caso de algum problema no sistema automático.

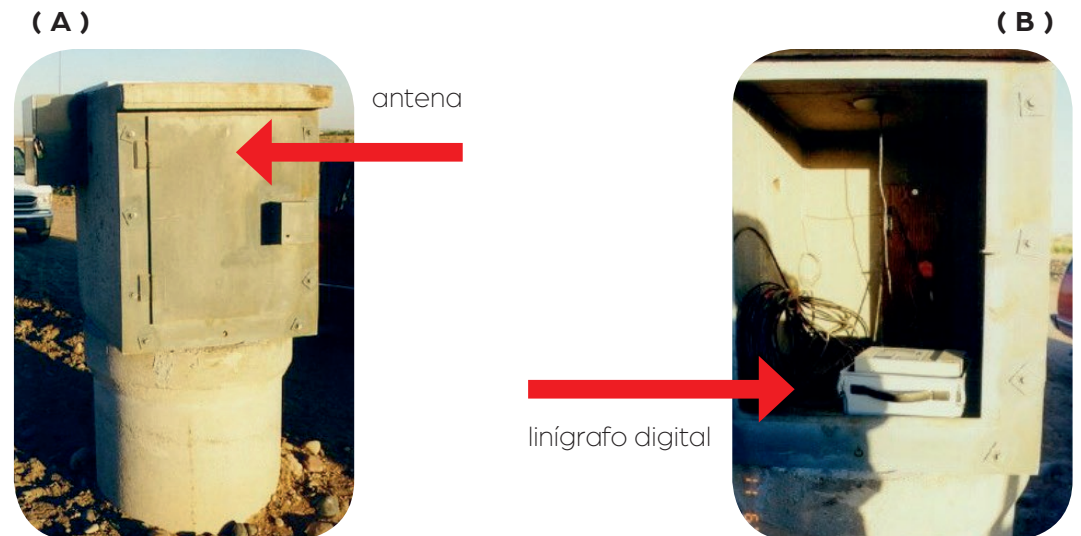


Sistema de Recarga de Água Subterrânea da SRP, Arizona;
(A) canal principal e comporta da bacia de inundação; (B) comporta e bacia de inundação

Os níveis da água no aquífero são medidos por meio de poços de observação, como mostra o esquema. Os poços de observação são equipados com antenas e linígrafos de leitura constante, cujos dados são enviados por satélite pelas antenas.



Sistema da SRP de recarga de água subterrânea por bacia de inundação, mostrando o poço de monitoramento, Arizona



Poço de observação de nível d'água dos aquíferos nas zonas de recarga da SRP, Arizona, mostrando em detalhe a antena (A) e o linígrafo de leitura constante (B)

Os poços de injeção chegam a bombear até 900m³/h, recarregando diretamente o aquífero. Assim como nos períodos de excedente de águas superficiais injetam água, nos períodos de estiagens servem como poços produtores, com a mesma capacidade de injeção. As fotografias abaixo mostram um poço de injeção de água, com um sistema de pré-tratamento e purificação da água a ser injetada.



Sistema de Poço de Injeção/Produção do SRP, Arizona, com detalhe da vazão injetada no canal principal

OBRAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS COMPLEMENTARES

Como obras complementares não devem considerados os sistemas de bombeio da água do poço para um reservatório a fim de ser efetuada a distribuição com a comunidade, visto que, nos preços orçados para a construção do poço é incluído o instrumento de bombeio (bomba submersa, bomba injetora, catavento, etc).

As obras complementares que serão analisadas para cada estado da região semiárida são as seguintes: dessalinizadores, chafarizes, bebedouros para animais e recuperação de poços desativados ou abandonados.

Dessalinizadores

A experiência tem demonstrado que em aproximadamente 40% dos poços perfurados no aquífero fissural, a água possui teor de sais acima do limite de potabilidade para consumo humano, que é de 1.000 mg/L.

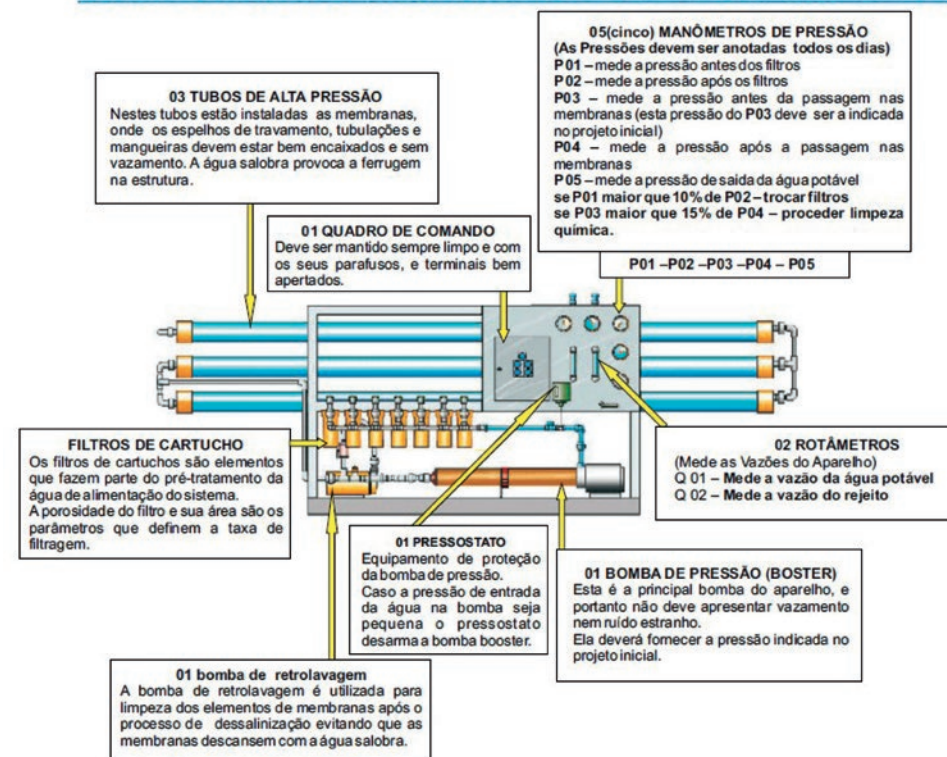
Em função disso, muitos dos poços perfurados foram considerados impróprios para uso e abandonados, o que pode ser revertido com a utilização de dessalinizador.



Dessalinizador

Os componentes de um dessalinizador são mostrados no esquema abaixo.

COMPONENTES PRINCIPAIS DO DESSALINIZADOR



Componentes de um dessalinizador

Em que pesem os dessalinizadores se mostrem eficazes na melhoria da potabilidade da água, alguns problemas precisam ser gerenciados: destinação do rejeito proveniente da salinização, alto custo de manutenção e logística de operação complexa. Para a destinação do rejeito, algumas soluções têm sido adotadas, como: uso de tanques com lâminas d'água delgada para incremento da velocidade de evaporação e a consequente deposição de sais; acumulação em tanques para a criação de peixes como tilápia rosa e camarão marinho; cultivo de *Atriplex nummularia*, planta com grande capacidade de absorção de sais, originária da Austrália e introduzida com sucesso no Chile, apresentando-se como excelente forrageira, que contém entre 16 e 20 % de proteínas e tem uma sobrevida de até 20 anos (MONTENEGRO & MONTENEGRO 2004, PORTO et al. 2006).

Chafariz

Existem vários tipos de chafariz acoplados à caixa d'água, para acumulação e distribuição da água aduzida de poços tubulares ou amazonas. O mais comum é o de fibra de vidro, que já vem pronto para ser instalado, mas em muitas regiões são construídos chafarizes em alvenaria de tijolo e argamassa.

Convém que esses reservatórios sejam mantidos constantemente limpos e, de preferência, com adição de pastilhas de cloro para evitar qualquer contaminação.



Chafariz/caixa d'água com base em alvenaria

Bebedouros para animais

Na maioria dos poços perfurados em comunidades rurais, um dos usuários é o animal (boi, cavalo, porco, etc). Dessa maneira, convém construir bebedouros para animais a fim de evitar que bebam água empossada ou que venha a contaminar o manancial hídrico.

Um modelo simples de bebedouro é apresentado na foto abaixo, podendo, entretanto, ser construído com cobertura e em maior dimensão.



Bebedouro simples para dessedentação de animais

Outras obras complementares como lavanderia, podem ainda ser construídas a depender do interesse e disponibilidade financeira, decorrente de saldos de verbas destinadas ao conjunto de obras a serem implantadas na área em questão.

Recuperação de poços existentes

Estima-se que cerca de 25% dos poços existentes estejam abandonados ou desativados por vários motivos, dentre os quais podem ser citados os seguintes:

- ✓ Desmoronamento das paredes do poço;
- ✓ Entupimento por pedras jogadas dentro do poço por crianças ou vândalos;
- ✓ Danos no equipamento de bombeamento;
- ✓ Ausência de equipamento de bombeamento;
- ✓ Baixa vazão ou poço seco;
- ✓ Má qualidade da água;
- ✓ Desinteresse do proprietário por dispor de outros mananciais.

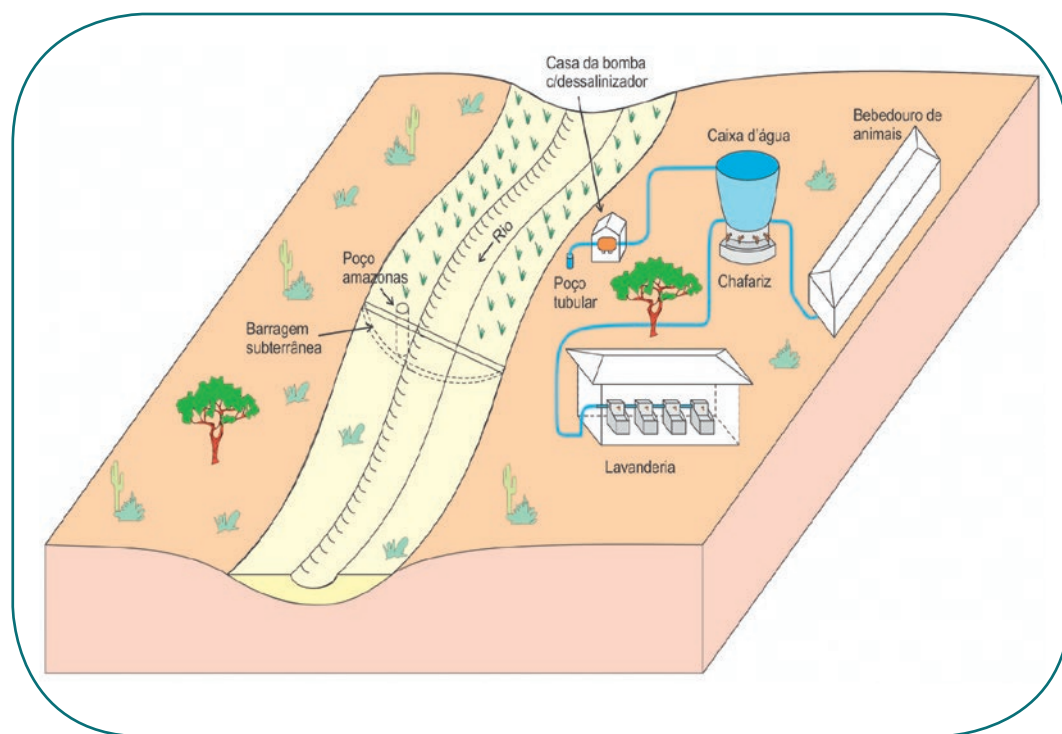
Com exceção do último caso, os demais podem ser objeto de um tratamento com o fim de recuperar a obra para uso da comunidade.

KIT DE SOBREVIVÊNCIA HÍDRICA

Supondo a existência de condições naturais, pode-se efetuar um conjunto de obras para cada conjunto de famílias habitantes num raio de 1km, que venha a atender às perspectivas de uso da água para consumo humano, pequena irrigação familiar e manutenção de animais domésticos e de suprimento animal (vacas, ovelhas, etc.).

Esse kit de sobrevivência constaria de:

- uma barragem subterrânea dotada de um poço amazonas a montante;
- um poço tubular dotado de bomba submersa ou centrífuga;
- uma casa de bomba onde seriam instalados: a bomba para captação da água do poço tubular e do poço amazonas, e um dessalinizador (opcionalmente, se a água for salinizada);
- uma caixa d'água dotada de chafariz na sua base;
- uma lavanderia coletiva;
- um bebedouro para animais;
- área com plantação de culturas de subsistência nos terraços aluviais do rio.



Esquema do kit de sobrevivência hídrica

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

a. Os normativos federais

ITEM	ÓRGÃO	LEGISLAÇÃO	EMENTA
1	Presidência da República	Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934	Decreta o Código de Águas
2	Presidência da República	Lei nº 9.433, de 8 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
3	ANA - Agência Nacional de Águas	Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000	Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências
4	Presidência da República	Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências
5	Presidência da República	Decreto nº 7.217, de 2010	Regulamenta a Lei do Saneamento nº 11.445

ITEM	ÓRGÃO	LEGISLAÇÃO	EMENTA
6	Confea	Decisão Normativa nº 59, de 09 de maio de 1997	Dispõe sobre o registro de pessoas jurídicas que atuam nas atividades de planejamento, pesquisa, locação, perfuração, limpeza e manutenção de poços tubulares para captação de água subterrânea e dá outras providências
7	CONAMA	Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997	Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental
8	CONAMA	Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências
9	CNRH	Resolução CNRH nº 91/2008	Dispõe sobre os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos
10	CNRH	Resolução CNRH nº 92/2008	Dispõe sobre os critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas
11	CNRH	Resolução CNRH nº 107/2010	Dispõe sobre o planejamento, Implantação e a Operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Quantitativo e Qualitativo de águas subterrâneas
12	CNRH	Resolução CNRH nº 91/2008	Dispõe sobre os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos
13	ABNT	Norma ABNT nº 13.604, de 1996	Dispõe sobre filtros e tubos de revestimentos em PVC para poços tubulares profundos – Especificação
14	ABNT	Norma ABNT nº 13.605, de 1996	Dispõe sobre filtros e tubos de revestimento em PVC para poços tubulares profundos - Determinação dimensional - Método de ensaio
15	ABNT	Norma ABNT nº 13.606, de 1996	Dispõe sobre tubos de revestimento em PVC para poços tubulares profundos - Determinação do módulo de elasticidade à flexão - Método de ensaio

ITEM	ÓRGÃO	LEGISLAÇÃO	EMENTA
16	ABNT	Norma ABNT nº 13.607, de 1996	Dispõe sobre tubos de revestimento em PVC para poços tubulares profundos – Verificação da flexão ao impacto
17	ABNT	Norma ABNT nº 13.608, de 1996	Dispõe sobre tubos de revestimento em PVC para poços tubulares profundos – Verificação do desempenho da junta roscável – Método de ensaio
18	ABNT	Norma ABNT nº 13.609, de 1996	Dispõe sobre tubos de revestimento em PVC para poços tubulares profundos – Verificação da resistência à tração das juntas – Método de ensaio
19	ABNT	Norma ABNT nº 12.244, de 2006	Dispõe sobre poço tubular – Construção de poço tubular para captação de água subterrânea
20	ABNT	Norma ABNT nº 15.495 de 2007 – Versão Corrigida 2/2009	Dispõe sobre poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados. Parte 1: Projeto e construção
21	ABNT	Norma ABNT nº 15.847, de 2010	Dispõe sobre amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga
22	ABNT	Norma ABNT nº 12.212, de 2017	Dispõe sobre projeto de poço tubular para captação de água subterrânea – Procedimento

b. Os normativos estaduais

ITEM	ESTADO	LEGISLAÇÃO	EMENTA
1	Acre	Lei nº 1.500, de 15 de julho de 2003	Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Acre, dispõe sobre infrações e penalidades aplicáveis e dá outras providências

ITEM	ESTADO	LEGISLAÇÃO	EMENTA
2	Alagoas	Lei nº 5.965, de 10 de novembro de 1997	Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos. Institui o sistema estadual de gerenciamento integrado de recursos hídricos e dá outras providências
3	Amapá	Lei nº 686, de 7 de julho de 2002	Dispõe sobre a Política de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado do Amapá e dá outras providências
4	Amazonas	Lei nº 3.167, de 28 de agosto de 2007	Reformula as normas disciplinadoras da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e estabelece outras providências
5	Bahia	Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências
6	Ceará	Lei nº 14.844, 28 de dezembro de 2010	Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema integrado de gestão de recursos hídricos – Sigerh, e dá outras providências
7	Distrito Federal	Lei nº 2.725, de 13 de junho de 2001	Institui a Política de Recursos Hídricos e cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal
8	Espírito Santo	Lei nº 10.179, de 07 de março de 2014	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo – SIGERH/ES e dá outras providências
9	Goiás	Lei nº 13.123, de 16 de julho de 1997	Estabelece normas de orientação à política estadual de recursos hídricos, bem como ao sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos e dá outras providências
10	Maranhão	Lei nº 8.149, de 15 de junho de 2004	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, e dá outras providências
11	Mato Grosso	Lei nº 6.945, de 05 de novembro de 1997	Política Estadual de Recursos Hídricos

ITEM	ESTADO	LEGISLAÇÃO	EMENTA
12	Mato Grosso do Sul	Lei nº 2.406, de 29 de janeiro de 2002	Institui a Política Estadual dos Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e dá outras providências
13	Minas Gerais	Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências
14	Pará	Lei nº 6.381, de 25 de julho de 2001	Política Estadual de Recursos Hídricos
15	Paraíba	Lei nº 6.308, de 2 de julho de 1996	Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências
16	Paraná	Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999	Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e adota outras providências
17	Pernambuco	Lei nº 12.984, de 30 de dezembro de 2005. Lei nº 11.427 de 17 de janeiro de 1997. Decreto nº 20.423, de 26 de março de 1998	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Dispõe sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas no Estado de Pernambuco e dá outras providências. Regulamenta a Lei nº 11.427, de 17/01/97 dá outras providências
18	Piauí	Lei nº 5.165, de 17 de agosto de 2000	Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos e dá outras providências
19	Rio de Janeiro	Lei nº 3.239, de 2 de agosto de 1999	Institui a política estadual de recursos hídricos; cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos; regulamenta a constituição estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras providências
20	Rio Grande do Norte	Lei nº 6.908, de 1º de julho de 1996	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH e dá outras providências

ITEM	ESTADO	LEGISLAÇÃO	EMENTA
21	Rio Grande do Sul	Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Decreto nº 42.047, de 26 de dezembro de 2002	Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Regulamenta disposições da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, com alterações, relativas ao gerenciamento e à conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul
22	Rondônia	Lei nº 4.437, de 17 de dezembro de 2018	Institui a Política Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais - PGSA e cria o Sistema Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais - SGSA, no âmbito do Estado de Rondônia e dá outras providências
23	Roraima	Lei nº 547, de 23 de junho de 2006	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências
24	Santa Catarina	Lei nº 9.748, de 30 de novembro de 1994	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências
25	São Paulo	Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988	Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo e dá outras providências
26	Sergipe	Lei nº 3.870, de 25 de setembro de 1997	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências
27	Tocantins	Lei nº 1.307, de 22 de março de 2002	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e adota outras providências



CONFEA

Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA

Conselhos Regionais de Engenharia
e Agronomia



MUTUA

CAIXA DE ASSISTÊNCIA DOS PROFISSIONAIS DO CREA



/Confea



@confeacrea



confea.org.br



/confea_



/Confea10

