

Prof. Aldo da Cunha Rebouças

Águas Subterrâneas

Fator para o desenvolvimento

1 - INTRODUÇÃO

Água subterrânea é água contida nos espaços vazios das rochas (poros, fraturas, falhas principalmente) por forças naturais.

Todas as rochas da crosta terrestre encerram proporções mais ou menos importantes de água. A questão é: Entrará água suficientemente ligeiro para tornar a captação útil ao suprimento desejado?

O hidrogeólogo aprendeu por experiência própria e pela experiência de muitos outros hidrogeólogos que vêm estudando água subterrânea por todo mundo, quais os tipos de rochas nas quais a água pode ser encontrada e onde procurá-las.

A este respeito é interessante mencionar a classificação dos terrenos, proposta por Vitruvius (50 a.C.). Indicava, por exemplo, que nos terrenos argilosos as quantidades de águas subterrâneas, captáveis através de escavações, são mínimas e a qualidade é geralmente imprópria. Ao contrário, nos terrenos arenosos, as quantidades são geralmente abundantes e o gosto é saudável.

Quando se fala em água subterrânea, pensa-se logo em poço e no abastecimento humano, animal, industrial ou irrigação. Ocorre, porém, que se por um lado o poço é apenas um dos tipos mais comuns de obra de captação das águas subterrâneas, por outro lado, as utilizações são muito variadas, em função das suas características físicas e químicas. Com efeito, dependendo das profundidades em que ocorrem ou circulam, as águas subterrâneas vem se constituindo em importantes fontes alternativas de energia de origem geotermal. Dependendo de suas características químicas, as águas subterrâneas podem proporcionar com postos minerais de valor comercial elevado, ou apresentar propriedades fisioterápicas apreciadas. As águas termominerais constituem fator de melhoria da qualidade da vida, desde os primórdios da civilização. Os projetos de uso múltiplo das águas subterrâneas termominerais encon-

tram-se em franco desenvolvimento em muitos países.

Em termos de abastecimento humano, animal ou industrial, dentre as razões da crescente demanda de águas subterrâneas destacam-se, em geral, a sua melhor qualidade e o menor custo de produção do metro cúbico, quando comparadas a qualidade ou custo das águas superficiais (rios, lagos, etc).

2 - NATUREZA E IMPORTÂNCIA DOS RECURSOS

A água é a matéria prima mais importante da Terra. Leonardo da Vinci já definia a água como "o motor da natureza". Não obstante, os progressos técnicos e econômicos sem precedentes, realizados pela humanidade sobretudo durante este século, não tem conseguido obter uma utilização razoável dos grandes potenciais disponíveis.

Nas condições técnicas e econômicas atuais, admite-se que apenas uma pequena parcela da água dos rios, lagos e reservatórios subterrâneos de água doce é praticamente explorada.

As águas subterrâneas utilizadas pelo homem, para atendimento das suas necessidades vitais e daquelas decorrentes de suas atividades socio-econômicas, tem três origens distintas:

- a) Origem meteórica, formadas pelas infiltrações no sub-solo de águas precipitadas da atmosfera sob as formas de chuva, gelo, neve, neblina, etc.
- b) Águas conatas (congênitas), isto é, águas aprisionadas nas rochas sedimentares desde a época da formação dos depósitos.
- c) Origem juvenil, ou seja, produzidas pelas emanações gasosas liberadas pelo magma terrestre. Experiências em laboratório indicam que a cristalização de 1 km³ de magma granítico deve liberar uma vazão de 12 litros de água por dia, durante um milhão de anos.

As águas subterrâneas de origem meteórica constituem os mananciais normalmente explorados para consumo dos seres vivos (inclusive o homem) e para o desenvolvimento da maioria das atividades agrícolas e industriais. Elas se encontram, em geral, à profundidades inferiores a 1000 metros e representam cerca de 50% do volume total de águas subterrâneas do globo. Ademais, integram o gigantesco mecanismo de circulação das águas do globo, o ciclo hidrológico, o que lhes confere a característica especial de recurso natural renovável.

As águas subterrâneas de origem conata e juvenil são encontradas, em geral, nas profundidades superiores a 1000 metros. Devido ao longo contato com os componentes minerais das rochas ou por serem originalmente muito mineralizadas, apresentam altos teores em sais. Neste particular vale salientar que a maior parte dos terrenos aquíferos do Brasil foram afogados pelo mar sucessivas vezes. A última maior fase de afogamento ocorreu no cretáceo, isto é, há cerca de

60 milhões de anos. Desta forma, as nossas reservas de água doce subterrânea mais importantes ocorrem nas camadas de sedimentos que foram lavados pelas infiltrações de água de origem meteórica, na medida em que as estruturas geológicas e permeabilidades dos terrenos permitiram a sua infiltração e circulação mais ou menos profunda.

As águas de origem conata e juvenil representam, contudo, importantes fontes de energia geotermal, de produção de compostos minerais de valor comercial elevado e para desenvolvimento de centros de lazer e/ou de cura, em função das temperaturas ou de apreciadas propriedades químicas que geralmente apresentam.

As quantidades de águas existentes na terra podem ser consideradas como constantes, durante o lapso de tempo correspondente à presença do Homem. Em outras palavras, há um milhão de anos existia tanta água no globo como existe hoje e como, provavelmente, haverá igual daqui a um outro milhão de anos.

O volume total de água no Globo é estimado em 1,4 bilhão de km^3 , dos quais perto de 97% são de águas salgadas.

A repartição das águas da Terra é ilustrada na fig. 1. Os volumes presentes nos principais reservatórios naturais são representados em termos de volumes comparativos de esferas. Os valores sob cada uma destas figuras indicam os volumes, em quilômetros cúbicos, dos respectivos reservatórios.

Neste quadro destaca-se a importância das águas subterrâneas, mormente por constituírem reservas cuja exploração é relativamente viável, através dos meios técnicos e econômicos disponíveis hoje.

As calotas polares representam reservas ainda relativamente inviáveis, salvo raras exceções, representadas pelos casos onde a escassez de mananciais tradicionais (rios e aquíferos) já ameaça a sobrevivência de povos como nação.

As reservas de águas subterrâneas do Brasil são estimadas em cerca de 100 mil quilômetros cúbicos, dos quais perto de 50% estão situados a menos de 1000 metros de profundidade, conforme mostra o quadro 1.

Infelizmente, esta riqueza hídrica é mal distribuída a nível nacional, regional e mesmo estadual ou local.

Enquanto só a bacia hidrogeológica do Paraná é responsável por cerca de 43% do volume total de água doce subterrânea, extensas regiões do Brasil apresentam recursos limitados, conforme ilustra a figura 2.

As rochas aquíferas por excelência ocupam cerca de 60% do território nacional. São representadas por arenitos ou misturas, em

proporções variadas, de arenitos, siltitos e argilas, formando extensas coberturas, camadas ou intercalações lenticulares em sequência predominantemente argilosas. Os poços já perfurados nesses domínios têm proporcionado vazões que variam de centenas de milhares de litros por dia a dezenas de milhões, isto é, suficiente para abastecer entre 500 e 500.000 pessoas, considerando um consumo per capita de 200 litros - por dia. No restante do país predominam as rochas cristalinas, cujos poros são muito pequenos e as interligações não possibilitam uma circulação fácil. As condições aquíferas ficam restritas as zonas fraturadas e/ou muito alteradas. Os poços e as captações diversas que exploram as zonas aquíferas das rochas cristalinas têm logrado vazões que variam de dezenas de milhares de litros por dia à poucas centenas de milhares.

Não há, necessariamente, uma relação entre qualidade aquífera das rochas e sua profundidade. A rocha aquífera tanto pode se encontrar constituindo a superfície do solo como a centenas ou milhares de metros de profundidade. Não obstante, sendo mais rasas, são mais acessíveis aos meios de captação e mais francamente recarregadas. Este é um dos aspectos fundamentais a considerar na avaliação das reservas exploráveis.

Para obtenção de bons resultados, é preciso que as obras de captação sejam locadas, projetadas, construídas e utilizadas segundo técnicos adequados.

3 - A EXPLORAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O homem primitivo foi levado a escavar o chão em busca de água, certamente ao observar a ação do cavalo selvagem ou do lobo.

Tão logo ele conseguiu domesticar alguns animais e praticar técnicas de cultivo, na tentativa de domínio das forças naturais, a água subterrânea tornou-se uma de suas possessões. Essas condições e a adaptabilidade aos mais variados climas, irão lhe permitir sobreviver nas regiões áridas e semi áridas do planeta, desde a pré-história.

Segundo os documentos encontrados, os centros neolíticos - de cultura agrícola localizaram-se no Oriente Próximo, onde se desenvolveram posteriormente as grandes civilizações do mundo antigo, tais como a Egípcia e a Mesopotâmica.

QUADRO 1 - AS RESERVAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL

UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	ÁREA (km ²)	AQUÍFEROS PRINCIPAIS	VOLUME ARMAZENADO-km ³
ROCHAS CRISTALINAS	5.346.000	ZONAS DE FRATURAS E/OU ALTERAÇÃO	1.650
BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS	1.300.000	SEDIMENTOS TERCIÁRIOS E PALEOZOÍCOS	19.500

BACIA SEDIMENTAR DO MARANHÃO	700.000	F. CORDA-GRAJAU F. SAMAMBAIBA F. POTI-PIAUÍ F. CABEÇAS F. S. GRANDE	10.500
BACIA SEDIMENTAR ARARIPE	11.000	F. EXU	
BACIA SEDIMENTAR POTIGUAR-RECIFE	23.000	F. MISSÃO VELHA F. BARREIRAS F. JANDAIRA F. AÇU-BEBERIBE	110 230
BACIA SEDIMENTAR ALAGOAS-SERGIPE	10.000	F. BARREIRAS F. MARITUBA	100
BACIA SEDIMENTAR DA BAHIA	56.000	F. MARIZAL F. SÃO SEBASTIÃO	840
BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ	1.000.000	F. BAURU BASALTOS F. BOTUCATU	25.000
DEPÓSITOS DIVERSOS	66.000	ALUVIÕES DUNAS TERCIÁRIOS	66
TOTAIS	8.512.000		57.997

As primeiras captações através de poços escavados e galerias são atribuídas aos Sumérios que, provavelmente, originários das montanhas da Armênia, teriam percorrido toda a árida planície mesopotâmica, antes de se fixarem, há 6.000 anos, na região pantanosa onde o Tigre e Eufrates desembocam no Golfo Pérsico.

A arte de perfurar poços e revestir foi inventada, aperfeiçoada e extensivamente utilizada pelos chineses 3.000 a.C.. A perfuração avançava por agitação de varas e eram revestidos com bambú. A história cita poços com até 650 metros de profundidade.

No velho testamento encontramos várias passagens que bem ilustram a importância das águas subterrâneas para suprimento das tribos de Israel: Gen. 26-17-23... e Isaac cavou novamente poços que tinham sido feitos na época do seu pai Abraão. Durante os quarenta anos de travessia dos desertos da Arábia e Egito, os judeus escavaram vários poços e a terra prometida compreendia casa cheia de comida e poços cavados com muita água.

Com respeito aos Romanos, a história indica que antes das construções do primeiro aquaduto em 312 a.C., Roma se abastecia de poços escavados. O subsolo era tão rico em água que se podia obter bons poços a uma profundidade de apenas 5 metros.

Na Grécia do século sexto a.C., muitas casas eram abastecidas por poços com profundidade de várias dezenas de metros. Nas ruas mais largas e praças, poços públicos eram construídos dispostos inclusive de formas de proteção contra as contaminações diretas. Muitas dessas obras ainda podem ser vistas em Atenas.

Nas zonas semi-áridas do mediterrâneo os poços constituíam a base de atividades rurais e das concentrações urbanas.

Muitos poços eram de grande profundidade e engenhosamente construídos, como por exemplo o Poço de São Patrício em Orvieto-Itália, iniciado em 1527 e concluído em 1540. O poço tem 66 metros de profundidade, 14 metros de diâmetro e dispõe de duas escadas superpostas com 248 degraus. Os coletores de água desciam por uma e subiam por outra.

Os poços artesanais de Artois, na França, e Modena, na Itália, construídos em 1126, centralizaram as atenções populares e científicas da época, pelo fato de serem jorrantes e terem sido perfurados ao invés de escavados.

No Brasil os primeiros poços foram perfurados no início do século XIX. Em 1831, a Regência Trina autorizou a abertura de "fontes artesanais profundas" como medida de combate ao problema das secas do Nordeste. Na região sudeste os primeiros poços foram perfurados em busca de água de qualidade especial para fabricação de cerveja e uísque.

Indiscutivelmente, os vestígios mais espetaculares das captações realizadas encontram-se atualmente na Pérsia. Os canates (qanat, Kanaut, Khanate) são galerias subterrâneas que ligam poços escavados de grande diâmetro. Os túneis persas atingem 10-15 km, em média, de extensão e apresentam uma inclinação de 1 a 3%. Este tipo de captação de águas subterrâneas destinava-se fundamentalmente ao abastecimento humano e irrigação.

O sistema de Negube foi construído em 800 antes de Cristo para abastecer a cidade de Nineveh. Em 626 a.C., os Medas capturaram a cidade de Hamad destruindo os canates que abasteciam a população, diz a história.

Esta forma de captação foi introduzida no Egito cerca de 500 a.C., Ela chegou a permitir a irrigação de 4680 km² de terras férteis. Estes canates captam, com frequência, arenitos, calcários compactos e rochas vulcânicas, todos com permeabilidade de fraturas.

Durante mais de 200 anos, trinta e seis túneis abasteciam uma população de 275.000 pessoas e eram utilizados na irrigação de extensas áreas nos arredores de Teerã. O sistema compreendia 256 km de túneis situados alguns a profundidade de até 165 m. Um dos túneis que abastecia a área suburbana de Teerã passava a 66m de profundidade abaixo da cidade.

Nos primórdios da civilização, as águas subterrâneas termominerais também eram muito utilizadas para fins terapêuticos e de lazer.

Na Idade Média chegava-se mesmo a aplicar a dietética das águas termominerais com uma severidade desconhecida em outras eras. Na época Romana seu emprego em balneários e piscinas foi muito grande, po

dendo-se dizer que os romanos conheceram e exploraram grande parte das ocorrências existentes em seus domínios.

Nos séculos dezessete e dezenove da nossa era, assiste-se a uma nova fase de esplendor em toda Europa, a quem pertence, ainda hoje sem dúvida, a hegemonia termomineral no mundo.

A utilização da energia de origem hidrotermal apresenta as vantagens de ter custos competitivos, não poluir a atmosfera com produtos de combustão e produzir impacto mínimo no meio ambiente.

A primeira usina para produção de energia elétrica a partir de águas subterrâneas ou vapores de águas quentes foi instalada em 1904, em Ladarello, Itália. Atualmente explora-se no Japão, Hungria, Rússia, Irlanda, Nova Zelândia, México, Estados Unidos, Chile, dentre outros. A maioria das instalações visa o uso múltiplo dos mananciais, conforme ilustra a fig. 3. Este projeto está sendo desenvolvido no Chile com ajuda das Nações Unidas.

O potencial dos reservatórios localizados no "Cinturão de Fogo" é avaliado em centenas de milhões de kw.

Os mananciais mais abundantes são, contudo, aqueles ditos de baixa temperatura, isto é, águas subterrâneas aquecidas entre 40 e 80°C.

Estes recursos vem sendo explorados em várias partes do mundo, para aquecimento de prédios de apartamento, conjuntos hoteleiros, desenvolvimento de culturas em estufas, indústrias de refrigeração, ar condicionado, abastecimento de piscinas e outros equipamentos ligados ao turismo, lazer e terapias. Fig. 4.

No Brasil, os potenciais de energia geotermal de baixa temperatura são muito importantes. Dentre as regiões mais promissoras destaca-se a Bacia do Paraná, abrangendo a maior parte dos Estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

4 - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA SOCIEDADE INDUSTRIAL

O vertiginoso aumento da população urbana e das atividades industriais, sobretudo sensível após a II Guerra Mundial, vem incrementando, a elevadas taxas, a demanda de água para abastecimento público e outros usos. A estes fatos deve-se adicionar a gradativa deteriorização da qualidade das águas superficiais que, quase sempre, vem recebendo despejos industriais e esgotos domésticos.

Por outro lado, o ritmo de crescimento da capacidade das estações de tratamento dessas águas, aliado aos altos custos de processos de purificação e dos problemas de escassez de recursos hídricos, não possibilitam o atendimento das demandas.

Devido a esses fatos a importância das águas subterrâneas

vem crescendo de forma acelerada. Esta importância como fonte de abastecimento, nos tempos atuais, pode ser melhor aprendida através da análise de sua participação como fonte de suprimento de água, no mundo em geral e no Brasil.

O quadro 2 mostra que, na Europa de hoje, a água subterrânea é o recurso mais importante para o abastecimento público. A percentagem de água varia de 99% em países como a Austrália e Dinamarca à 34% na Inglaterra. Uma posição especial é ocupada pela Noruega com 5%.

No que se refere ao abastecimento das indústrias, os valores são muito influenciados pelos importantes volumes de águas superficiais para resfriamento de centrais elétricas e outros processos industriais. Em termos de consumo propriamente dito, vale salientar que as indústrias, por razões de economia e qualidade, preferem captar água subterrânea.

Nos Estados Unidos, as águas subterrâneas contribuem com 20% do consumo total, o qual, em 1975 atingia 1,5 bilhões de metros cúbicos/dia. Conforme mostra o quadro 3, as águas subterrâneas participam com 36% no abastecimento urbano, 40% na irrigação, 5% no uso industrial e com 79% do consumo do meio rural.

Vale salientar que no período de 1955-1975, verificou-se um incremento de 122% no consumo de águas subterrâneas no meio urbano e 88% no meio rural. O primeiro poço dotado de revestimento foi perfurado em 1817 e, em 1975, estimava-se em 700.000 o seu número total. O incremento dos volumes explorados (1955-1975) foi de 78% para as águas subterrâneas contra 70% para as outras fontes.

PAÍS	CONSUMO DOMÉSTICO		CONSUMO INDUSTRIAL	
	Água Subt.	Água (1) Superf.	Água Subt.	Água (2) Superf.
Alemanha Fed.	67	33	33	67
Austrália	99	01	34	66
Bélgica	75	25	03	97
Dinamarca	99	01	11	89
França	50	50	15	85
Holanda	61	39	06	94
Inglaterra	34	66	09	91
Itália	91	09	-	-
Noruega	05	95	06	94
Suécia	26	74	-	100

Quadro 2 - Relação percentual entre águas subterrâneas e superficiais no abastecimento público e industrial na Europa (CRAMER 78)
(1) inclui recarga artificial de aquíferos. (2) inclui água de resfriamento de centrais elétricas.

USOS	TIPOS	1955		1975		1955 - 1975 Inc. %
		%	total 10 ⁶ m ³ /dia	%	total 10 ⁶ m ³ /dia	
URBANO	Subt.	28	62	36	107	122
	Supf.	72		64		54
RURAL	Subt.	72	9	79	18	116
	Supf.	28		21		43
IRRIGAÇÃO	Subt.	27	407	40	518	88
	Supf.	73		60		4
INDL. AUTÔNOMO	Subt.	11	343	5	881	19
	Supf.	89		95		124
TOTAL USA	Subt.	19	1.258	20	1.524	78
	Supf.	81		80		70

Quadro 3 - Participação das Águas Subterrâneas no Abastecimento nos Estados Unidos (ZAPOROZEC, 1979).

No Brasil, as estatísticas ainda são incompletas e o que se fez é pouco divulgado.

Considerando, contudo, o panorama geral de nossos serviços públicos de água e formas de ocupação do território, podemos chegar a uma ordem de grandeza da participação das águas subterrâneas no abastecimento das comunidades urbanas, das indústrias e das necessidades mais tradicionais do meio rural.

No conjunto, o território brasileiro estará habitado, conforme estimativa do IBGE para 1979, por aproximadamente 120 milhões de pessoas. Isso significa que para cada quilometro quadrado de território haverá em média 14 habitantes e portanto abastecível por poços com apenas 4,5m³/dia de vazão. No entanto, a simples observação dos elementos da fig. 5 nos conduz à verificação de que esse número significa pouco, tal o grau de desigualdade na distribuição espacial da população.

Essas medidas relativas do grau de irregularidade de ocupação do espaço territorial do Brasil tornam-se acentuadamente mais graves quando verificamos o intenso processo de urbanização em marcha. Em termos globais teremos 63% de nossa população localizadas no meio urbano, sendo que, em alguns estados, São Paulo por exemplo, teremos 91% dos habitantes morando nas cidades. O Estado mais rural será o Maranhão com apenas 31% da sua população localizada no meio urbano.

Consequentemente, a pressão da demanda de água potável para abastecimento público tenderá a crescer, principalmente devido às mudanças nos conceitos de higiene e bem estar. Além desse fato, deve-se considerar o uso industrial também cada vez maior. O uso para irriga-

ção é até o momento, relativamente insignificante, mas que certamente, com o crescimento da demanda mundial de alimentos, aliado a necessidade de desenvolvimento de uma tecnologia de cultivos superior à atual, exigirá também volumes cada vez maiores de água de boa qualidade.

Por outro lado, o crescimento natural da população brasileira, situado em torno de 28% no período de 1961-1970 (é quase o mesmo da década de 1951-1960), posiciona o país entre os de maior índice de crescimento demográfico do mundo. Mantendo-se o ritmo atual, teremos duplicada nossa população antes do fim deste século. Consequentemente, a água subterrânea, com um recurso natural essencial, tendo na potabilização uma de suas principais qualidades, deverá assumir um papel cada vez mais importante como fonte de abastecimento.

Os intensos processos de urbanização e industrialização em marcha que gerarão grande parte da riqueza serão também fontes poluidoras das águas superficiais, do ar e até das águas subterrâneas, naturalmente melhor protegidas. Via de regra, todos os rios nacionais que atravessam os centros urbanos estão poluídos, por serem o caminho natural dos esgotos domésticos e despejos industriais não tratados, ou por aí serem depositados o lixo doméstico e os resíduos industriais. Os problemas criados só recentemente começam a ser delineados e para os quais morosamente são tentadas providências.

As águas subterrâneas podem, local e ocasionalmente, receber contribuições provenientes destes rios e são, portanto, ameaçadas de poluição. Além disso, os sistemas de esgotos sendo bastante precários, obriga a população a construir fossas negras ou mesmo lançar os despejos a céu aberto.

Guardadas as devidas proporções, os problemas advindos da relação qualidade-quantidade dos recursos hídricos disponíveis e utilizáveis são semelhantes para quase todas as nossas concentrações urbanas.

Em termos de abastecimento, o Banco Nacional da Habitação BNH estimava, até abril de 1978, em 48,5 milhões o número de pessoas servidas por alguma forma de rede de abastecimento de água. Isto significa 41% da população total estimada e 67% da população urbana.

Vale salientar que 63% das cidades brasileiras tem menos de 2000 habitantes e que mais de 50% da população urbana se encontra nas nove grandes áreas metropolitanas.

As águas subterrâneas constituem o manancial por excelência para abastecimento dessas pequenas e médias cidades, e recurso complementar para atendimento das grandes demandas. Nas áreas metropolitanas mais importantes elas são usadas para atender demandas de pico, abastecer indústrias, prédios públicos e loteamentos importantes situados fora do alcance econômico das redes de abastecimento. Muitas indústrias, prédios de apartamento, empresas de serviço, mesmo quando situadas nas áreas servidas por rede de abastecimento de água, utilizam

água subterrânea como fonte complementar ou de regularização do sistema público. Na Grande São Paulo, por exemplo, conforme o Plano Diretor de Esgotos, verifica-se que já há uma demanda reprimida de cerca de 15 metros cúbicos por segundo, ou seja 44%. Esta demanda é suprida pelas águas subterrâneas. Guardadas as devidas proporções, os problemas são semelhantes nos demais grandes centros urbanos.

Assim, estimamos em 60% a parcela da população urbana abastecida através de poços e cerca de 90% da população do meio rural.

No total, podemos admitir que 75% da população utiliza as águas subterrâneas para atendimento de suas necessidades vitais, das indústrias e outras formas de uso.

Em termos econômicos, as alternativas favoráveis às águas subterrâneas vem se multiplicando a tal ponto que já se aconselha utilizar somente águas de superfície na impossibilidade de água subterrânea.

Na região amazônica, não obstante a abundância de águas de superfície, a alternativa referente às subterrâneas poderia livrar os sistemas locais dos elevados custos de tratamento, agravados pela ausência de pessoal capacitado, distância e problemático fornecimento dos produtos químicos.

5 - AS VANTAGENS REALTIVAS

Água de boa qualidade é um dos elementos essenciais à sobrevivência da humanidade bem como da maior parte das suas atividades.

De modo geral, as águas subterrâneas vêm sendo preferidas às superficiais pelo menos por sete razões principais:

- 1º - Apresentam-se comumente isentas de organismos patógenos, de turbidez e cor, dispensando os caríssimos processos de purificação exigidos pelas águas superficiais para uso das populações e indústrias.
- 2º - Encontram-se naturalmente mais bem protegidas dos agentes de contaminação ou poluição.
- 3º - A velocidade de circulação sendo muito lenta e os volumes armazenados muito grandes, em relação aos mananciais de superfície, constituem meios de estocagem a longo prazo.
- 4º - Os reservatórios subterrâneos não perdem grandes quantidades de água por evaporação, acusam a influência de períodos de seca com grande atraso e não se enchem de sedimentos.
- 5º - De difícil contaminação radioquímica, constituem mananciais de grande importância estratégica na moderna problemática de segurança nacional.

- 6º - Embora os reservatórios subterrâneos tenham a mesma função dos rios, ao nível do abastecimento público, a alternativa referente às águas subterrâneas permite um parcelamento dos investimentos, na medida em que evolui a demanda.
- 7º - Constituem fonte isolada ou complementar de abastecimento doméstico ou industrial nos grandes centros urbanos. Neste caso, atendem os períodos de pico de demanda ou os setores situados fora do alcance físico ou econômico das redes de distribuição dos sistemas principais.
- 8º - Por não necessitarem de tratamento e, em geral, também de grandes aduções, apresentam custos muito competitivos; regra geral estes se situam entre um a dois terços daqueles exigidos para utilização de águas de rios, lagos e barragens.

O armazenamento de águas subterrâneas é função das condições geológicas da área e sua circulação verifica-se segundo leis físicas diretamente relacionadas com a mecânica dos fluídos.

Assim, uma providência razoável quando se pretende captar água subterrânea para um abastecimento garantido, é consultar um especialista que possa dizer quais as perspectivas para obtenção das quantidades desejadas e que defina as características técnicas da obra de captação mais adequada aos tipos de aquíferos da área; e, depois disso, contratar uma firma de perfuração que possa executar um bom serviço.

Finalmente, explorar o poço de forma eficiente e sem descuidar das medidas de proteção contra os riscos de poluição ou contaminação do aquífero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNEA, J. (1972) - Geothermal Power, in Planetary Earth Sciences. - p.26,34.N.Y.
- BISWAS, A. K. (1972) - History of Hydrology - McGrawhill - N.Y.
- CRAMER, W. (1978) - L'importance de l'eau souterraine comme source d'approvisionnement en eau potable - La Technique de L'eau n° 374 p. 21-36 - Belgique.
- IBGE - Anuário Estatístico do Brasil 1977 - Rio.
- REBOUÇAS, A.C. (1978) - Águas Subterrâneas no Brasil - Proj. 3 Recursos Hídricos - Cons. Nac. de Desenvol. Cient. e Tecn. p. 46-56 - Brasília
- TARIFA, J. R. e ROSA E. R. (1978) - Recursos Hídricos e População no Brasil - Projeto 3 - Recursos Hídricos - pp. 27-45 - Rev. Cons. Nac. Desenvol. Cient. e Tecn. Brasil.
- ZAPOROZEC, A. (1979) - Changing Patterns of Ground-Water Use in the United States - Ground Water, vol. 17 n° 2 - NWWA - pp. 199-205 - Special Issue - USA.

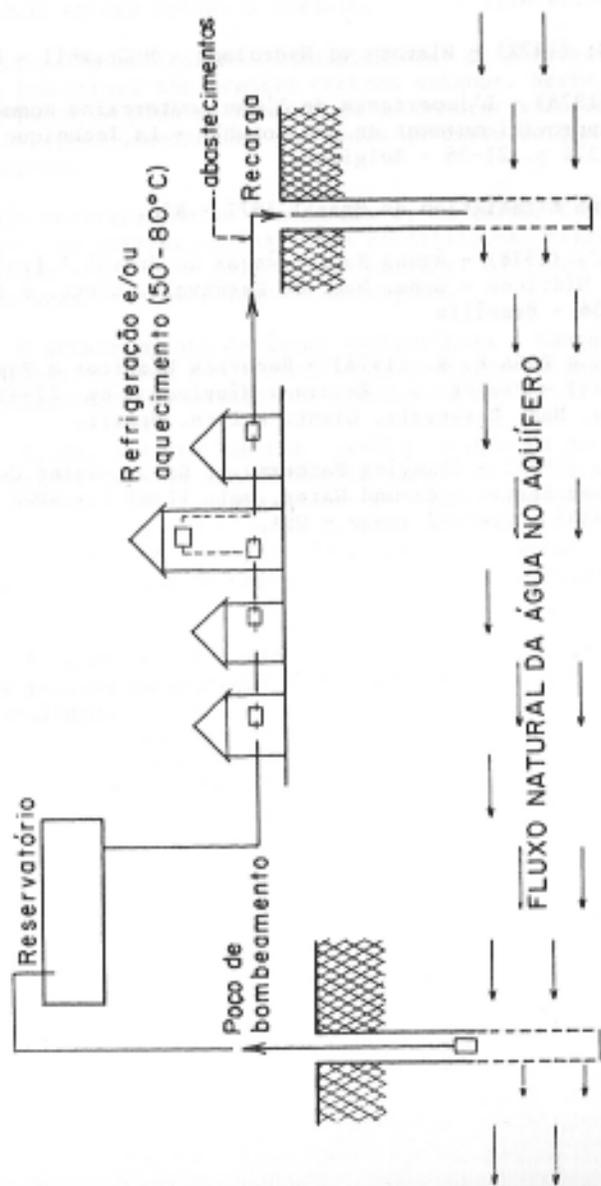


Fig. 4 - ESQUEMA DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA GEOTERMAL

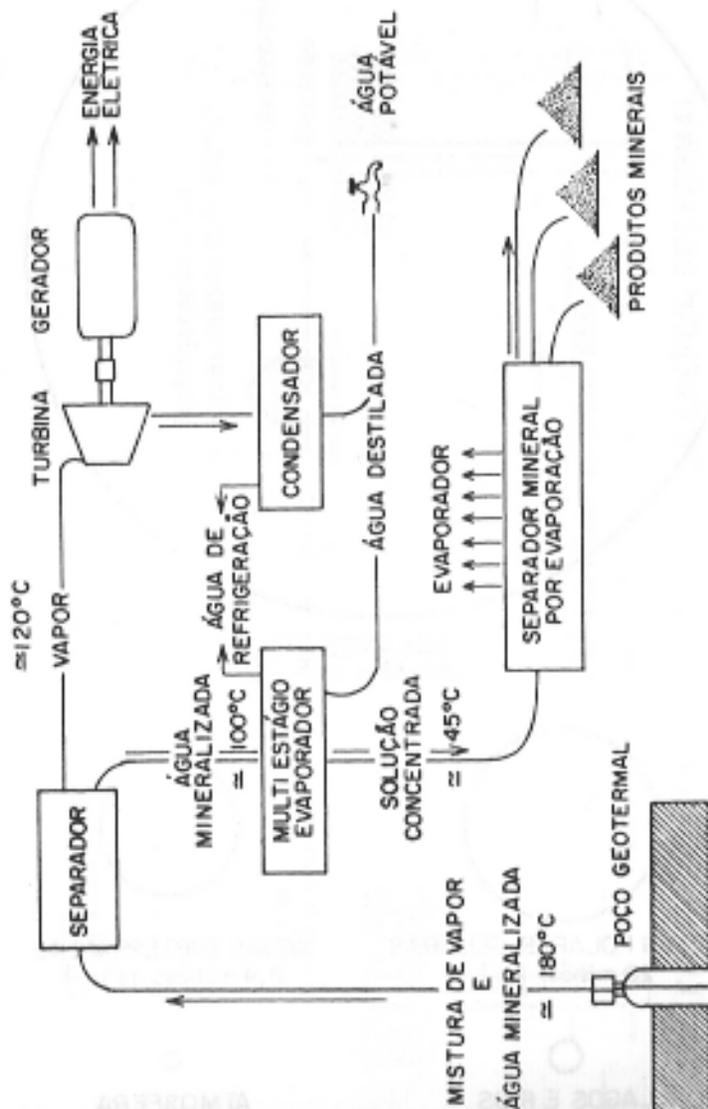


Fig. 3 - USO MÚLTIPLO DAS ÁGUAS TERMOMINERAIS

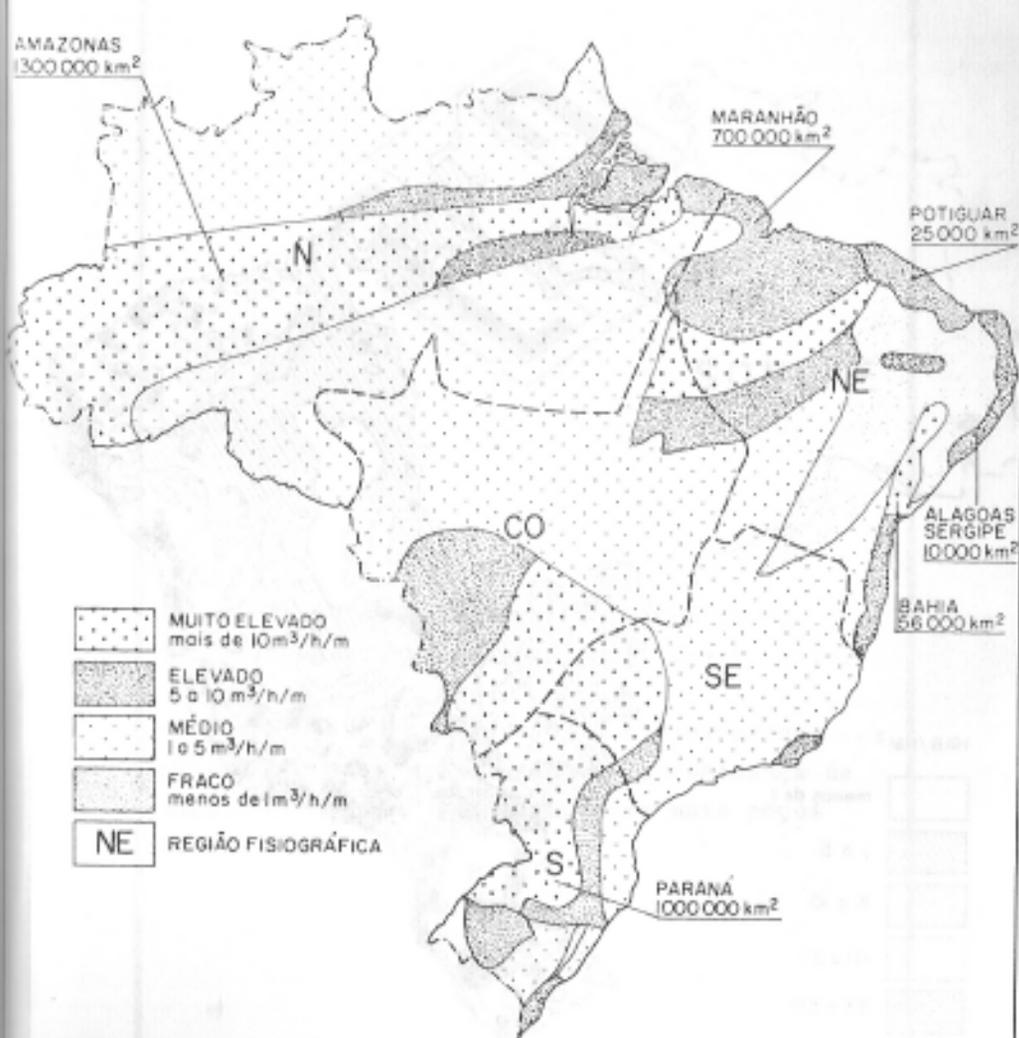


Fig 2 - POTENCIALIDADES MÉDIAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO BRASIL.

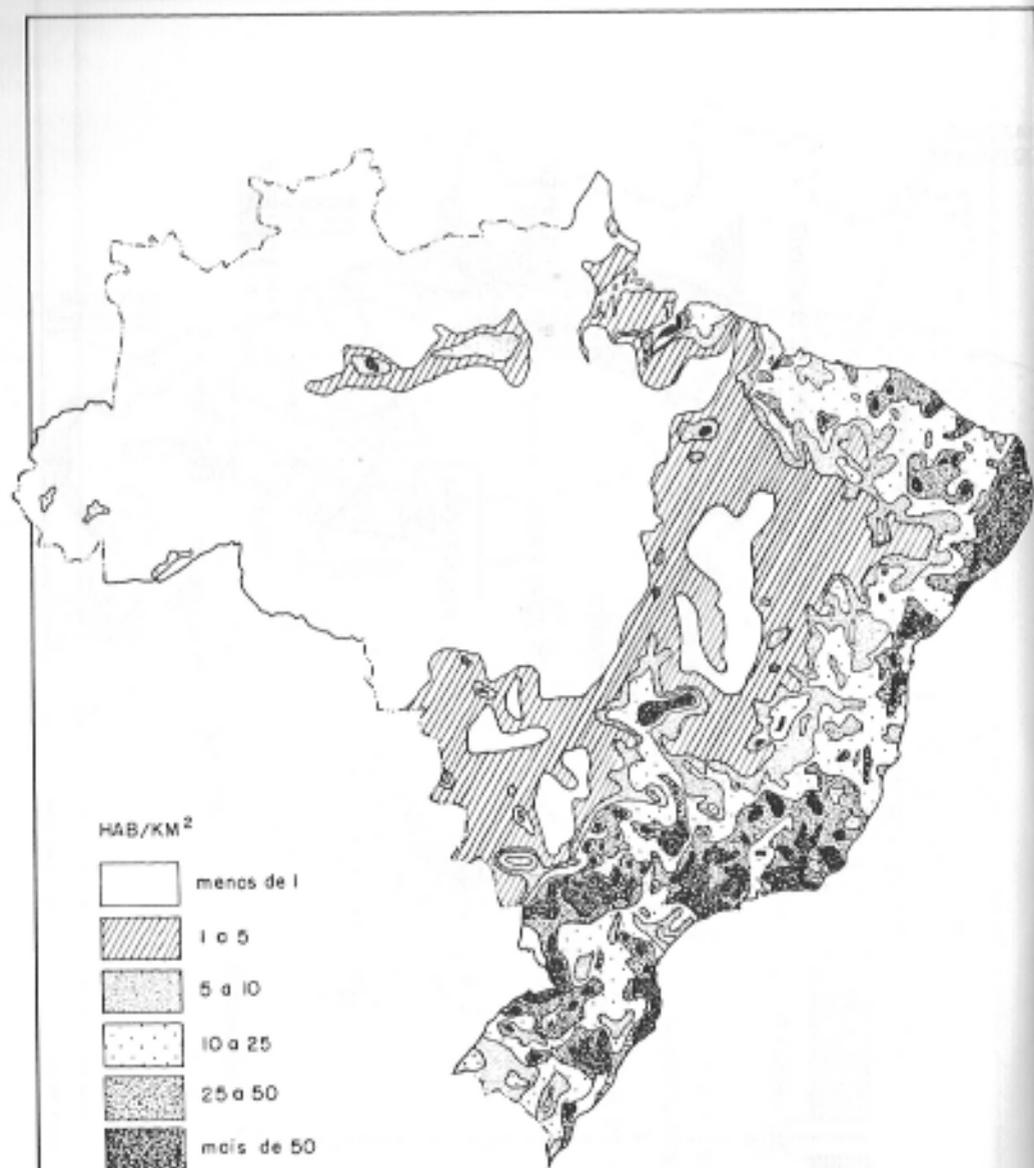


Fig. 5 - BRASIL, POPULAÇÃO DENSIDADE DEMOGRÁFICA
(IBGE - 1977)