

Título: PROBLEMÁTICA DOS POÇOS ESCAVADOS NO BRASIL (uma reflexão crítica).
ou

POÇOS ESCAVADOS: uma alternativa para captação de água potável em benefício das populações mais carentes.

Autor: Jacyro Piuçú *

data: 1986

SUMÁRIO

RESUMO

INTRODUÇÃO

1. BREVE HISTÓRIA DO USO DE POÇOS

2. ESCAVAÇÃO

3. REVESTIMENTO

3.1. Tijolo

3.2. Pedra

3.3. Concreto

4. ACABAMENTO E INSTALAÇÃO

5. LIMPEZA E DESINFECÇÃO

CONCLUSÕES

Agradecimentos

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*Geólogo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo, SP.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA

RESUMO

A questão do uso de poços escavados para abastecimento com água potável, abarca todos os aspectos de uma sociedade, nas formas peculiares em que se apresentam: econômico, político e cultural, e incluso neste, o lado místico e religioso. As principais vantagens dos poços escavados para uso de amplas parcelas da nossa população mais carente estão reunidas na síntese que envolve suas feições construtivas. Estes, são edificados com ferramentas manuais simples e técnicas largamente acessíveis, sendo desnecessário endividar-se por importação de recursos materiais ou humanos, pois todos os materiais e equipamentos requeridos são encontrados com muita facilidade em nosso território. Constatam-se a necessidade de conscientização por parte daqueles que precisam de água e dos técnicos ligados ao assunto, para que se faça um bom progresso nesta área, tão fundamental à vida de quase 45 milhões de brasileiros, durante a propalada década da água.

Título: PROBLEMÁTICA DOS POÇOS ESCAVADOS NO BRASIL (Uma reflexão crítica).
ou
POÇOS ESCAVADOS: Uma alternativa para captação de água potável em benefício das populações carentes.

Autor: Jacyro Pucci *
data: 1985

*Geólogo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo, SP.

INTRODUÇÃO

É do conhecimento dos setores mais conscientes e tecnicamente preparados que o bem-estar de uma nação - do povo que vive nela - e seu grau de desenvolvimento estão, intrinsecamente, conca-tenados às maneiras de uso dos seus recursos e de conservação das suas reservas naturais. Também, é notório que índices relativos ao uso d'água funcionam, muito bem, como indicadores do modo de vida de um povo, possibilitando aquilatar-se seu estado de riqueza ou de pobreza(WALTON,1970; BURSZTYN & OLIVEIRA,1982). Assim, o fato da situação do abastecimento, com água potável, no Brasil, refletir, com nitidez, nossa inclusão entre os povos terceiro-mundistas, não é novidade. Alguns números, relativos a parcelas muito significativas da nossa população que ainda não são beneficiadas com água potável, entretanto, causam, ao lado das amarguras de um povo sofrido, perplexidade e muita preocupação(SAUNDERS & WARFORD,1983). Os números, indubitavelmente, muito assustadores, mostram que na opção pela riqueza ter-se-a que buscar, urgentemente, um novo fronte para os serviços de captação, tratamento, distribuição e controle de água potável. O fato, alarmante, é que dos 132,3 milhões de brasileiros(1983), ainda não possuem um bem essencial e elementar à vida - água potável - 19,9 milhões(21,3%) que vivem nas chamadas zonas urbanas e 25,4 milhões(65,8%) na rural(MOITTA,1984,p.340).

A insuficiência de recursos econômicos disponíveis para investimento em tais serviços fundamentais, tendo à vista nossa condição de país em desenvolvimento e a necessidade de favorecer, cada vez mais, comunidades de pequeno porte e mais carentes, traz à luz do dia a verificação da impossibilidade de cumprir as metas outorgadas para a atual década da água, através dos enfoques técnicos tradicionalmente usados e seus respectivos custos. Propõe-se, então, que determinados tipos de obras para captação de águas subterrâneas, por possuírem características que as tornam, indubitavelmente, mais acessíveis aos setores menos privilegiados da população brasileira, sejam investigados, valorizados e difundidos em nosso meio. Por isso, ao sugerir a captação de água subterrânea rasa por poços escavados com fins de abastecimento doméstico em pequenas comunidades de parques recursos,

5

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

pretende-se atingir uma solução compatível com as necessidades e realidades destes setores da população. Tais populações, vivendo na ignorância e na pobreza estão servindo de rotas de transmissão e hospedeiros de vários agentes etiológicos: vírus, bactérias, protozoários e helmintos.

No bojo do assunto inserido no presente trabalho, existia um outro, com especificidade própria, ainda a ser pesquisado, com a grandeza dos conhecimentos necessários: são os aquíferos rasos. Estes, embora sejam os suportes naturais e imprescindíveis, para compreensão dos poços escavados, somam, por demais, extensões e complexidades tornando-os, assim, um conjunto de idéias que poderão ser tratadas, com muito mais elaboração, em outra oportunidade. Contudo, aqui faz-se mister realçar que o reconhecimento de ocorrências de grandes amplitudes de reservas de águas subterrâneas rasas no Brasil, não significa que estes recursos exploráveis devam permanecer na condição atual de pouco conhecidos e, na maioria das vezes, mal aproveitados. Os esforços que estão sendo feitos para melhorar o conhecimento dos aquíferos rasos nas regiões Norte(TANCREDI, 1972;PIUCI,1978;FENZL et alii,1980;PORSANI et alii,1980); Nordeste (FRANGIPANI & BOTTURA,1980;MANOEL FILHO,1980;PADILHA,1980;FALCÃO & LEAL,1980;CAMPOS & MENEZES,1982;REBOUÇAS,1983;SOUZA et alii,1984), Sudeste(MICHELSON et alii,1982;SILVA,1984); Sul(LEÃO,1980;MARTINS et alii,1981;PERRONI et alii,1983) entre outros, e a sintetização apresentada no Mapa Hidrogeológico do Brasil, elaborado por MENTE et alii(1978 e 1980); PESSOA et alii(1980);LEAL et alii(1980);MENTE & MONT'ALVERNE(1981 e 1982), além da própria impressão, pelo DNPM(1983), da adaptação(esc. 1:5.000.000) do referido mapa, ainda não são suficientes para um aproveitamento racional e equilibrado dos recursos hídricos subterrâneos rasos no Brasil. Por outro lado, há que considerar também, a questão dos impactos ambientais e sociais originados pelo uso e ocupação do solo,pois, praticamente, a maior parte da população brasileira, ocupando apenas 10% do nosso território, amontoa-se geograficamente provocando uma difícil condição de uso e conservação dos aquíferos rasos, o que proporciona, infelizmente, mais do que tudo, sua destruição(LINK,1984,p.284). O uso e ocupação de nossos solos, uma problemática com idade secular cada vez mais difícil de ser

solucionada, terá que abranger estudos das condições de ocorrência das águas subterrâneas rasas, em particular nas áreas em franca degradação. Se isto não for feito, inclusive para os aquíferos com maiores profundidades, acarretar-se-ão prejuízos de difícil reversibilidade.

1. BREVE HISTÓRIA DO USO DE POÇOS

Na história sobre o uso de poços, nota-se que o aparecimento desse tipo de captação de água deu-se no momento histórico em que o ser humano, necessitando de água para sobreviver e desenvolver-se, inicia a abertura de um buraco no chão à procura de água. Vários autores já trataram dos aspectos históricos dos recursos hídricos em geral, entre os quais: MEINZER(1934 e 1942);TOLMAN(1937); LINSLEY et alii(1949);CHOW(1964);KASMANN(1969);BISWAS(1972) e LLAMAS & GALOFRÉ(1976). BISWAS(1972) produziu um compêndio que trata exclusivamente da história do uso das águas doces. Aqui, neste trabalho, pretende-se dar um pouco mais de ênfase aos poços escavados, pois considera-se lógico o seguinte raciocínio: não se compreendendo aquilo que se passou, fica muito difícil entender-se o que se passa e quase impossível prever-se o que poderá vir a se passar. Sabe-se, através da literatura geral, que poços de água foram objeto de preocupação dos antigos; entretanto, nem sempre tem-se notícias detalhadas dos mesmos. Notícias muito antigas sobre poços escavados, para suprimento de água, datam de 1700 anos antes de Cristo, através do Poço de José, construído nos arredores da Cidade do Cairo, com profundidade próxima de 100m (325 pés), segundo BISWAS(1972,p.3,tb.). O Poço de Gihon, localizado no Vale Kidron, a sudoeste de Jerusalém (ao sul do Monte Sion), é um outro poço antigo que ainda fornece água para a cidade, através do Túnel Siloam, sendo que este túnel foi construído por volta de 700 a.C., pelo Rei Ezequiel(id.,ibid.,p.22-23,fig.2).Sem mais delongas, citam-se os poços "artesianos" (as aspás são minhas) que abasteciam parcialmente cinco aquedutos da Roma antiga, conhecidos dos escritos de Julius Frontinus(comissário da água entre os anos de 97 até 103 a.C.), cf. KASMANN(1969,p.33 e 34). Com efeito, Sextus Iulius Frontinus foi apontado"curator aquarum" em Roma no ano 97 a.C.

Os poços perfurados, ou profundos, mostraram-se interessantes, somente a partir do século XII da Era Cristã, com a invenção do método à percussão. Embora, na China esta técnica já fosse conhecida por volta de sete séculos antes, na prospecção de gás ou água salgada, no ocidente ela foi desenvolvida de modo independente, para água subterrânea em poços surgentes: primeiro na região de Flandres, depois na Inglaterra e Itália e, posteriormente, na Província de Artois, França. Um desses primeiros poços, dos quais se tem dados históricos, foi construído no Distrito francês de Lilliers, por volta de 1126, por monges cartuxos,

segundo LLAMAS & GALOFRÉ (1976, p.251-253): Do sucesso desses poços, originou-se o termo artesiano usado por T.C. Chamberlain em 1884, apud MEAD (1919, p.404-407). E, conforme KASMANN (1969, p.37), essas técnicas de perfuração avançaram com muita lentidão até as primeiras décadas do século XIX. Durante a primeira metade do século XIX, muitos poços artesianos foram perfurados na França, segundo TODD (1959, p.3). Entretanto, depois que John Snow, apud KASMANN (1969, p.37), estabeleceu, estatisticamente, a correlação que existe entre a incidência da doença e a fonte de captação de água, com dados da epidemia de cólera de 1849 e 1853 (BATALHA, 1986, p.46, considerou que foi em 1848, quando John Snow trabalhava com dados da cidade londrina), desentfeou-se, cada vez mais, a execução generalizada de perfuração de poços, particularmente nos EUA (MEAD, 1919, cap.15). Porém, somente a partir do final do século passado, com o advento da prospecção de petróleo, é que as perfurações para águas subterrâneas alcançaram o atual desenvolvimento vertiginoso (LLAMAS & GALOFRÉ, 1976, p.253).

Observa-se, entretanto, que muito antes desses períodos, era comum o homem holocênico, com algum grau de civilização, escavar buracos para conseguir a água indispensável ao assentamento familiar e, como consequência, para uso agrícola em regiões muitas vezes inóspitas apenas na aparência. As escrituras antigas, reunidas no Pentateuco (Gênesis, Exôdo, Levítico, Números e Deuteronômio) - símbolo do início do desenvolvimento da escrita, à cerca de 3000 a.C., no Egito e Mesopotâmia - se referem àquela alternativa de buscar água, quando o homem necessitou fixar-se em plagas desalojadas de recursos hídricos superficiais. E, muitas vezes, não conseguindo fontes naturais suficientes, teve como única saída procurar água dentro da terra, propriamente dito. Aconteceu, de modo notável, quando a escassez de precipitações atmosféricas tornava-se insuportável; por isso, era possível encontrar, por exemplo, na estrada entre as localidades bíblicas Cadês e Barad o "poço do vivente que me vê", Gên.16(14).

A importância desses locais na história das comunidades pode ser destacada, também, através dos acontecimentos bíblicos relatados no encontro de Rebeca: "A moça era mui formosa de aparência, virgem, a quem nenhum homem havia possuído; ela desceu à fonte, encheu o seu cântaro e subiu"... E tendo ele bebido, acrescentou ela:

E também para os teus camelos tirarei água, até que todos bebam"...
E despejando o cântaro nas pias, voltou ao poço a tirar mais água; e tirada, a deu a todos os camelos", Gên.24(16,19 e 20). Servindo, inclusive, muitas vezes, de referência geográfica... "Foi também êle a Ramã, e chegou até a grande cisterna que há em Soccoo...", Reis-I-19(22); embora, outras vezes com acontecimentos mais tristes... "E o lançaram em uma cisterna velha, que não tinha água", como aconteceu no deserto de Canã, Gên.37(24). Todos esses poços são conhecidos como os antigos poços da Arábia, LINSLEY et alii(1949,p.1) e CHOW(1964,sec.1,p.7).

Antes das auroras do homem civilizado, caracterizadas pelos progressos no bronze, ferro, escrita, arte, tecnologia, ciência, literatura etc., os povos mais primitivos, em geral, não necessitaram escavar buracos na terra para conseguir água, pois buscavam seu desenvolvimento, de preferência, ao longo de regiões onde os recursos de águas superficiais eram abundantes. Mesmo porque, nessas regiões, eles conseguiam, com facilidade, além da água, seu próprio alimento. Tanto é que as populações nativas brasileiras (enguadradas na fase do neolítico, último estágio da cultura pré-literária), por exemplo, não conheciam as técnicas de escavação e uso de poços para obtenção de água. Tais técnicas aqui chegaram através dos colonos europeus provavelmente a partir dos meados do século XVI, quando Portugal tinha decidido implantar as "plantations" de cana de açúcar, voltadas para o mercado da Europa, através da divisão do Brasil em capitânicas hereditárias. E, com mais intensidade, a partir da metade do século XVII, com a emigração em massa de colonos portugueses, quando tinha terminado o período de dominação espanhola. É possível que além dos colonos, as ordens religiosas, em particular jesuítas e carmelitas, também tenham contribuído com escavações de poços durante os primeiros séculos de colonização. Tanto que no portal da Região Amazônica, onde esses religiosos ainda têm bastante influência, existe um poço escavado antigo, em sedimentos pleistocênicos da Formação Tucunaré, com 5 a 6m de diâmetro e 3 a 4m de profundidade, com revestimento de blocos talhados em arenitos ferruginosos (grés do Pará), fornecendo água, atualmente, para a pequena comunidade de Cururu em Salvaterra, Ilha de Marajó.

na terra quando, então, as adversidades climáticas impunham o desamparamento das águas superficiais. Por sentirem dificuldades em abandonar a região onde tinham feito algum progresso, exemplificado em moradias, agricultura e pastoreio, o homem, cercado pelas circunstâncias do desespero, foi obrigado a prospectar águas subterrâneas. Além das imposições climáticas, é muito provável que outros acontecimentos, tais como guerras e perseguições entre tribos e povos, com dominação de uma sobre outras, somados ao caráter aventureiro intrínseco do ser humano, forçaram o homem, mais uma vez, diante das contingências dos perigos, a escavar buracos na terra para encontrar água. Escavar buracos para prospectar água foi uma atividade que deu certo para determinados povos. Na medida em que inicia seu estágio mais revolucionário, o homem passa a exercer maior domínio sobre o meio, em relação a qualquer de seus predecessores - através da agricultura e, depois, com atividades pastoris - e, a necessidade de fixar-se em determinadas localidades, independente das agruras do ciclo hidrológico, o leva a procurar uma maneira relativamente segura de conseguir água através da escavação de poços.

Não é de surpreender que muito antes do Pithecanthropus erectus, ou seja "homem-macaco em pé", ter vivido na Ilha de Java à centenas de milhares de anos atrás (Pleistoceno Médio), a água tenha sido sempre força propulsora na superação de dificuldades encontradas para atingir-se o estágio das civilizações atuais (McALESTER, 1969, p. 158-163). E, quer queiramos ou não, esta interrelação estará presente enquanto houver vida. Porém, não porque o homem seja escravo da água, como apregoam certos autores ou, talvez, preferissem, para benefício próprio, alguns interessados medíocres. Mas, sim, porque é condição "sine qua non" oferecida pela mãe natureza à nossa existência a interdependência com as águas. Na realidade, as leis naturais que regem as águas subterrâneas nunca foram simples de serem entendidas pelo homem comum e, mesmo os sábios da antiguidade contri- buíram para que essas leis ficassem enigmáticas durante muito tempo, através de conceitos errôneos e sofismas. Isso significa que a utilização das águas subterrâneas precedeu multíssimo a compreensão de sua origem, ocorrência, movimento e vulnerabilidade à poluição.

O Velho Testamento, entendido como o conjunto de escrituras mais antigas e conhecidas do homem (para citar o melhor exemplo de documentos antigos que propalaram assuntos relativos a águas subterrâneas), embora seja um documento importante na divulgação da importância do uso da água de nascentes e poços, não deixou de ser um entrave ao desenvolvimento das técnicas e ciências da prospecção hidrogeológica, a partir da menção fadídica, repetida várias vezes em seus livros, sobre o uso de "varinhas mágicas", que permanecem com grande aceitação popular até hoje. É inegável que há, nos dias de hoje, um imenso progresso no conhecimento das águas subterrâneas; por outro lado, ainda permanece muita ignorância e mistificação que pode, em determinadas circunstâncias, favorecer alguns oportunistas e embusteiros. Esse "mistério" com os assuntos da água subterrânea é uma das heranças culturais de nossos ancestrais e, apesar de ser característica de povos menos ricos, não é exclusividade brasileira.

Entretanto, para que a pobreza seja superada e dê lugar a um domínio de conhecimento capaz de transformar os recursos hídricos subterrâneos em proveito da maioria, é importante conhecer, além da hidrogeologia, os aspectos históricos que contribuem com a formação do país. Para cada uma das regiões brasileiras, pois, as ocorrências de águas subterrâneas são peculiares e, embora regidas pelas mesmas leis naturais, suas condições de uso são também distintas. Isto propicia diferentes alternativas para a solução de questões ímpares. Em linhas bem gerais e a título de exemplo, são citados neste trabalho os dois aspectos relativos aos recursos hídricos conflitantes existentes na maior porção do território brasileiro, onde a grande maioria da população sobrevive em um estado latente de carência miserável e sufocante: o Nordeste semi-árido e a Amazônia semi-afogada. Os modos de vidas das populações destas duas regiões estão condicionados, de modo singular, desde os tempos ídos, por excessos ou excesso de água. Para ilustrar um pouco destas realidades distintas e atuais é interessante e oportuno abrir aqui dois parágrafos que sintetizem a origem social destas regiões nos séculos coloniais, pois, mesmo com quase cem anos de república, muita coisa ainda tem que ser feita para melhorar o padrão de vida - além das condições sanitárias - de parcelas significativas das populações do Nordeste e

da Amazônia (PIUCI & FENZL, 1978; PADILHA, 1980; MELO & CAVALCANTI, 1982; SOUZA, 1984; LEAL, 1984; PIUCI, 1986).

Em uma vasta região do nordeste brasileiro, com mais de um milhão de quilômetros quadrados, a maior parte dos cursos d'água são intermitentes, com alternância de períodos com ausência prolongada de água - frequentemente com duração de anos seguidos sem chuvas - e períodos com chuvas torrenciais e de pequena duração arrasadoras na sua violência momentânea. É nesta região que se formaram as ribeiras no correr do século XVII, com criação de gado para abastecer de carne os centros produtores de açúcar localizados na Bahia e Pernambuco. Esta atividade acessória e secundária do ciclo do açúcar, se deu através da formação de fazendas que margeiam os rios, meia légua de cada lado e, em regra, com três léguas de comprimento ao longo do curso d'água, conhecidas como ribeirás. No espaço intercalado entre estas regiões mais favorecidas, estabeleceram-se moradores para prestarem concurso aos viajantes e às boiadas. São nestas regiões inóspitas (quase desertas) que as cacimbas, onde a água subterrânea rasa resistindo mais às secas prolongadas, possibilitam congregação de quase todo resto do povoamento nordestino, a menos da ocupação litorânea.

Por outro lado, a penetração na Amazônia é muito facilitada devido aos cursos d'água, com grandes volumes, formadores de um intrincado sistema hidroviário natural que permite a navegação, inclusive de embarcações de vulto, embora a floresta que envolve a região, densa e semi-aquática, constitui enorme obstáculo ao colonizador. Essas feições condicionam uma ocupação rala e linear, às margens dos cursos d'água. Inicialmente, holandeses e ingleses tentaram uma ocupação da região. Foram porém expulsos definitivamente pelos portugueses, em 1616, com a fundação da atual Belém do Pará. A partir da segunda metade do século XVII, a infiltração se processa, francamente, pela vanguarda dos jesuítas e carmelitas. A colonização, a princípio, deu-se através da lavoura de cana de açúcar; verificando-se, posteriormente, sua inviabilidade. Assim, a conquista do Vale Amazônico teve que contar com outros fatores. Por isso, o extrativismo fez sucesso; sendo, então, o único modo do colonizador fazer-se presente. Quanto aos recursos hídricos, a população primitiva estava em total equilíbrio

com os mesmos, inclusive, sem nenhuma necessidade de uso de poços, pois usavam apenas águas de superfície. Isso porém, não aconteceu com o elemento estrangeiro que, possuindo cultura superior aos indígenas, nem sempre se submeteu ao uso das águas superficiais para fins de abastecimento, além do que, o emigrante tinha necessidades peculiares de se fixar em certos pontos estratégicos, muitas vezes, sem água de superfície disponível, obrigando-o a usar a técnica, já por ele conhecida a milênios, de escavar poços para proveito das águas subterrâneas rasas, mesmo estando dentro da maior bacia hidrográfica do mundo. Com efeito, a atração que os cursos d'água oferecem, a quem chegava de fora, não se dava pela água em si, mas pelo caminho que ela oferece àquele que penetra no Vale Amazônico.

Embora existam autores, dos mais renomados, que defendem a tese da reflexão do clima sobre a vida econômica brasileira, o realce das condições peculiares e hidricamente antagônicas do Nordeste e da Amazônia; que foi feito nos parágrafos anteriores, não deve significar que no restante do país (Sul, Sudeste e Centro-Oeste) as questões relacionadas ao uso dos recursos hídricos subterrâneos rasos, por meio de poços escavados, estejam resolvidas e superadas. Muito menos, deve-se pensar que se relevou, de ambos lados, suas feições do ciclo hidrológico, conspicuamente opostas, por se entender que, assim, encontrar-se-iam justificativas plausíveis para explicar os relativos sucessos econômicos das regiões favorecidas por legado climático amenable intermediário. De fato, nada disso é o que se constata nas regiões mais temperadas, onde os assuntos que abarcam usos de poços escavados continuam, por atacado, com graus equivalentes da miopia predominante a nível nacional. Por serem estas regiões, em particular as sulinas, aquelas que conseguiram acumular mais riquezas a partir de meados do último século e com caráter espetacular no presente, os observadores menos atentos poderiam imaginar e arriscar palpites mediatistas de que elas estivessem com esses tipos de problemas resolvidos. Nestas idéias, entretanto, residem graves enganos pois, a realidade mostra que os problemas persistem. Daí, ter-se feito esta ressalva (PRADO JR., 1970).

2. ESCAVAÇÃO

É oportuno, aqui, antes de mais nada, tecer um ligeiro comentário sobre uma questão etimológica. Trata-se do termo aquífero, com pronúncia forte na letra i, que é de origem latina. Aqui é uma combinação de agua, significando água e fer vem de ferre que significa suportar. Então, a palavra aquífero significa "suporte de água". A palavra aquícldo, com sufixo cludere originado do latim claudere, que significa fechar é, por analogia, também uma proparoxítone, onde a tonicidade está na vogal i da sílaba formada pelas letras qui. Por analogia, aquífugo, onde, o sufixo fuge possui tonicidade também na letra i, origina-se de fugere, que tem significado de fugir, segundo TODD (1959, p.12, nota de rodapé). Atualmente, com a descoberta de outra fase da ocorrência de águas subterrâneas, introduziu-se o termo proparoxítone aquítardo, também originado do latim, com o sufixo tardare, que significa retardar, segundo LLAMAS & GALOFRÉ (1976, p.259-260).

Escavar um furo na terra, com diâmetro, na maioria das vezes, suficiente para entrar uma pessoa que trabalhe em posição agachada, apoiando-se sobre os próprios calcanhares, com determinada ferramenta em mãos, foi e continua sendo uma maneira simples, objetiva e econômica de se obter água subterrânea em aquíferos rasos. Nos tempos antigos, os instrumentos de escavação eram toscos e rudimentares, talvez apenas um pedaço de pau ou lasca de pedra apropriada. Posteriormente, com as auroras das idades do bronze, ferro e escrita, passou-se ao uso de equipamentos mais adequados (alvião, alavanca etc.). Por exemplo, o Poço de José, nas proximidades do Cairo, escavado em rocha sólida - segundo CETESB (1974, p.4), nas seções de: 5,50 x 7,30 m e em outra menor - trata-se, sem exagero, de uma obra esculpida com auxílio de cinzel.

O que existia no início, não poderia ter sido classificado de poço escavado pois era apenas uma fonte natural de água - "spring" - que brotava do chão, através de um afloramento qualquer da superfície piezométrica, que formava, na prática, um nascedouro de água. Porém, como essas surgências fossem vulneráveis às variações, muitas vezes irregulares, das precipitações, infiltrações e escormentos, era de se esperar que se fizesse alguma escavação, ou mais

propriamente um desassoreamento com limpeza do local. Isso facilitava um armazenamento mínimo para suprir a demanda, inclusive durante os períodos quando houvesse rebaixamento comprometedor do nível da água no fundo do poço. Com o passar do tempo, na medida em que se delineava a necessidade de proteger essas fontes para evitar, principalmente, o acesso de animais, introduziu-se a técnica de muros de pedra ao redor da fonte-poço.

Em tempos modernos e atuais, chegou-se ao desenvolvimento e concepção de tecnologias que proporcionaram eficientes automatizações em tais serviços, principalmente nos países mais ricos. Por exemplo, os "bored wells" podem ser brocados em quase um metro de diâmetro, com sucesso em sedimentos não desmoronáveis e especialmente se forem argilosos (TODD, 1964, s.13, p.28). São porém, de pouca acessibilidade para parcelas significativas dos quarenta e cinco milhões de brasileiros, tão carentes de água potável. Mas, enquanto o acesso a tais e tais engenhos modernos for limitado, o jeito é usar nossos próprios recursos e fazer com pá e picareta, ao invés de um simples buraco no chão, uma obra embora um tanto artesanal, todavia, sempre com lembrança de que este tipo de captação de água subterrânea poderá, muitas vezes, ser a melhor alternativa para o abastecimento rural, urbano e suburbano necessário, ao menos, para bebida, higiene e preparo de alimentos. Com efeito, comunidades de parques recursos, em todo mundo, têm lançado mão destes recursos, inclusive para produção agropastoril e outros usos.

Em poços para abastecimento doméstico, que servirá uma família e eventualmente mais de uma, o diâmetro do poço fica determinado, na prática, pela distância, na horizontal, entre as costas do poceiro e a extremidade da ferramenta, em suas mãos. Na posição agachada, o trabalhador apóia as costas na parede do poço - pois é a posição mais confortável para execução do trabalho - e escava. No início da escavação, até uma profundidade onde o poceiro consegue jogar a terra escavada para fora do buraco, a tarefa é realizada por uma pessoa somente. A partir da profundidade onde não conseguir desterrar, mesmo com auxílio de pá, costuma-se montar um sarilho com manivela manual onde um ajudante, na boca do poço, opera

um balde que serve para retirar a terra escavada.

A forma preferencial de escavação é a circular, devido a simplicidade e por oferecer maior resistência ao desmoronamento. Segundo CASTANY(1968,p.471), os diâmetros mínimos dos poços escavados predominam entre 1,20 e 1,50 m; que, de fato, é uma medida conveniente para o trabalho do poceiro, segundo a técnica da pá e picareta. Diâmetros menores, eventualmente até 90 cm, são menos usados devido as dificuldades inerentes da escavação embora, TODD(1959,p.112) cite que os diâmetros mais usados são de alguns pés de polegadas (1 pé/30,48cm). Nestes casos, deve ser muito difícil para escavar, mesmo que o operário tenha um corpo excepcionalmente miúdo e trabalhe em posição desconfortável. No entanto, TODD(1964,s.13,p.28) faz outra consideração relativa aos diâmetros dos "dug wells" que seriam, em geral, construídos com "grandes diâmetros". Diâmetros maiores que 1,50 m são menos usados, para pequenas demandas. Pois, nestes casos, a quantidade de terra escavada aumentando significativamente, e implicando, inclusive, em acréscimo de custos para o revestimento, são obras convenientes apenas quando for necessário acumular consideráveis volumes de água(id.,ibid.). O aumento dos diâmetros dos poços escavados foi imposto às comunidades usuárias a partir da necessidade de terem maior quantidade de água disponível no mesmo momento de uso, por parte de mais de uma família. Com efeito, poços de grandes diâmetros de escavação, em geral com 5 a 6 m, são encontrados nas partes centrais das comunidades, possibilitando que cada um de seus usuários se sirva d'água no mesmo poço, sem prejudicar seu vizinho. Considerando as variações mínimas e máximas dos diâmetros, é possível estabelecer uma maior predominância de valores entre 2 e 3 m.

A profundidade de escavação de um poço é função das características geológicas e hidrogeológicas dos aquíferos rasos, objeto da exploração de águas subterrâneas rasas em uma localidade específica. A existência do Poço de José, no Cairo, com quase 100 m, permite inferir que em condições de demanda similares, chegar-se-ia a uma profundidade excepcional de 100 m no máximo, caso as características hidrogeológicas locais, sejam semelhantes àquelas deste citado poço; valor este, de profundidade, já aceito por CASTANY(1968,p.471).

CEDERSTROM(1964,p.180) cita um outro poço escavado na margem e no calcário(rocha dura) em St. Croix, Ilhas Virgens(EUA), com profundidade de 70 metros. Este mesmo autor, no mesmo compêndio, faz uma interessante citação atribuída ao insigne geólogo Othon Henry Leonardos, sobre poços escavados em arenitos Caiuá, no noroeste do Estado do Paraná... "Não há, todavia, proprietário rural nos planaltos que não tenha uma cacimba, geralmente com 20 a 50 metros de profundidade e um metro de diâmetro". De fato, é comum a existência de poços escavados com dezenas de metros de profundidade. A título de ilustração, citam-se poços escavados em solos de alteração do embasamento cristalino, com 50 m de profundidade, em bairros sem abastecimento público localizados em cotas mais altas, no Município de Guarulhos (Grande São Paulo), aos quais o autor do presente trabalho teve oportunidade de fazer visita. Entretanto, a maior frequência das profundidades, segundo TODD(1959,p.112), varia de cerca de 10 a 40 pés; medida citada também por NOGAMI(1967,p.3) e BATALHA(1984,p.31), depois de convertê-la em metros (3 a 12m). Assim, também não seria totalmente exagerada a afirmação feita por DACACH(1979 e 1984) de que os poços escavados raramente medem mais que 20 m de profundidade.

As limitações que em geral são impostas para uso dos poços escavados estão, com quase nenhuma variação, relacionadas a dois aspectos: um deles diz respeito à vulnerabilidade que estão sujeitos à poluição antropôgena, com perigo de contaminação da água e correndo risco de deixar de ser uma água sanitariamente inócua, e o outro aspecto, também considerado negativo, é devido os limites das vazões. Doutro lado, pensa-se que estes motivos não são argumentos, suficientemente conspícuos, para justificar o abandono dos poços escavados. Pois, ambas características são próprias de tal tipo de captação e ao invés de considera-las como fatores limitantes e/ou proibitivos para o uso, deve-se analisar, com acuidade os motivos pelos quais possuem estes aspectos - a não ser que se tenha a pretensão, a priori, de propalar a já existente aversão pelas coisas simples que facilitam a vida, socialmente benéfico dos "mistérios" da hidrogeologia. No caso da vulnerabilidade à eventual presença de poluição provocada pela atividade humana, é necessário lembrar que este problema não é exclusivo dos poços escavados e nem dos poços rasos, em geral.

BRANCO (1978, p.127) considera que a pobreza em matéria orgânica e insuficiência de iluminação são os principais fatores que impedem o desenvolvimento de microorganismos nas águas dos poços, embora se refira a poços profundos perfurados. O segundo aspecto em relação a hidrobiologia desses poços, tratado pelo renomado cientista, na mesma obra, é com relação às bactérias do ferro e manganês. Embora o mesmo autor considere que os poços estão, com frequência, sujeitos a interferências "...por vezes graves..." causadas por essas bactérias quimiossintetizantes, é de se esperar que tal "gravidade" seja apenas do ponto de vista hidráulico e sanitário e, assim estas bactérias, não seriam parasitas nocivas do organismo humano (PIUCI & FENZL, 1981). Com efeito, é muito comum o excesso de ferro nas águas causar a redução da transmisibilidade em filtros, o mal aspecto das instalações hidráulicas e deterioração dos utensílios em geral, além de odores nauseantes.

O que acontece, na realidade, é que a maioria dos poços escavados existentes, muitas vezes, estão com suas águas comprometidas por não possuírem as mínimas condições técnicas de construção, uso e conservação tratando-se então de adequá-los com técnicas do que atrelá-los a uma simples condenação (GARCEZ, 1969, p.205-216; MOURA & SEMANAPALLI, 1981, p.646; BATALHA, 1984, p.31,34 e 35). Atente-se, p.ex., nos cuidados imprescindíveis que devem ser prestados à disposição de efluentes de tanques sépticos residenciais e de comunidades de pequeno porte, segundo AZEVEDO NETTO (1949, p.505-511; 1984, p.289-300; 1985, p.121-125). Sem dúvida, é muito mais cômodo optar, embora tanto quanto não sério, por alternativas imediatistas do que empreender um trabalho profícuo que implique em solucionar um problema ao invés de escondê-lo "em baixo do tapete" (DACACH, 1979 e 1984; MUNIS & MORAIS, 1984, p.297; BATALHA, 1985, p.22). Quanto ao aspecto das vazões limitadas é mister relevar que poços escavados são obras de captação de águas subterrâneas quase exclusivas para abastecimento doméstico e de pequenas comunidades, portanto não necessitando, em geral, de vazões maiores, obrigatoriamente (CASCAES, 1982, p.496). TODD (1964, s.13, p.28) explica que geralmente a profundidade dos "dug wells" atinge alguns "feet" abaixo do "water table". Este fato é, sem dúvida, uma das

maiores limitações desses poços, quanto à sua produção. Porém, isso não implica em convergir todos os casos para a mesma ótica, pois dependendo da hidráulica e qualidade das águas de determinados aquíferos rasos e das técnicas que venham ser empregadas em seus respectivos poços escavados, é possível suprir demandas, também, para uso na indústria, na agricultura e outros.

Por outro lado, existe um fator limitante proeminente, muito mais problemático do que estes dois aspectos anteriores. Aqui, sim, o limite é enorme, pois esbarra na questão do domínio tecnológico, no proparado "know how". A falta de condições de segurança para o poceiro e para os trabalhadores afins é a maior limitação dessas obras. De fato, as frequentes possibilidades de acidentes, por vezes graves e com vítimas fatais, exigem muita perspicácia e habilidade por parte do poceiro exigindo também projetos com especificações técnicas adequadas e uma fiscalização orientada pertinente aos setores competentes. Sem isto, na maioria dos casos, fica escancarado o caminho do insucesso. Em geral, quando a escavação apresenta aparência de desmoronamento, é necessário o uso de revestimento que poderá ser provisório ou definitivo. Se, feitas em solos moles ou arenosos, as escavações somente serão possíveis quando se usa revestimento desde o início da abertura do buraco. Com o prosseguimento da escavação, o revestimento desce por gravidade e, se tiver extremidade cortante na base, facilita sua introdução e assentamento. Um tipo de revestimento provisório, usado para suportar temporariamente as paredes do furo, são estacas em formato de pranchas ou vigas de madeira.

Outra questão de relevância é a presença de água quando a escavação atinge a superfície piezométrica. Quando o buraco chega nesta profundidade, a maioria dos poços são dados como concluídos pois o avanço da escavação fica impedido pela própria água do aquífero. E, assim, incorpora-se à obra, deficiências inerentes às limitações técnicas disponíveis, originando com destaque os problemas relativos à poluição e às baixas vazões dos poços. Uma maneira rudimentar, porém funcional, que sempre é usada para contornar isto, é escavar ou aprofundar os poços durante os períodos de maior estiagem, garantindo, assim, pelo menos a água das reservas reguladoras do aquífero.

Um cone de rebaixamento na superfície, provocado com bombeamento, facilita o trabalho nas partes saturadas do aquífero. Com relação ao uso desta técnica, duas peculiaridades fundamentais deverão ser consideradas para evitar-se a falta de sucesso na obra. Uma delas é quanto ao sistema de bombeamento que possibilitará o rebaixamento do nível d'água. Este, deverá ser montado de tal modo que a vazão de saída e de entrada sejam equivalentes, o que é possível com o auxílio de um registro para controle e uma bomba de pé, instalada na extremidade inferior do tubo de sucção, protegida por um crivo, seja colocada em uma parte rebaixada do fundo do poço. O segundo aspecto peculiar, bastante problemático, está relacionado com o excesso de areia retirada por bombeamento que comprometerá a qualidade física do aquífero, além de colocar em risco, a própria obra e a vida do poceiro. Com efeito, quando a escavação atravessar estratos, por exemplo, de areias friáveis, haverá desmoronamento nas paredes do buraco, provocado pelo aparecimento de pressões negativas, devido ao esgotamento imposto pelo bombeamento. Neste caso, estará sendo retirado, além do material escavado, também aquele originado por carreamento e/ou desmoronamento das paredes, o que é muito indesejável. Para evitar este aspecto negativo, será necessário cuidar do revestimento e, além disto, quando possível, usar caçambas apropriadas para extrair areias mesmo embaixo d'água.

Todavia, existem certas condições hidrogeológicas especiais, também em aquíferos rasos, por exemplo quando superfícies do terreno e piezométricas se interceptam e provocam um afloramento natural de água subterrânea que poderá ser captada por tipos de obras diferentes dos poços escavados. Nestes casos, mesmo que estas captações sejam mais simples, não são menos importantes, conforme FOURMARIER(1958, p.196-198);DACACH(1979,p.131-141) e COSTA(1984,p.431-440). Porém, a maior parte dos casos de captações em aquíferos rasos, no Brasil, inferida em 7 a 8 milhões delas, é do tipo poço escavado. São também conhecidas como cacimba(termo mais usado no nordeste: RBDUÇAS,1983, usou o termo cacimbão, para mostrar maneiras inadequadas de obtenção de água no meio rural, em particular para o nordeste semi-árido), cisterna(nome menos usado) - p.ex., por MAACK(1970,p.17), poços rasos (termo mais usado pelos técnicos da área) e poço amazonas.

Este último termo, originado na região do Vale Amazônico por introdução de trabalhos da Fundação Serviço Especial de Saúde Pública a partir de meados da década de 1940 até os primeiros anos da década seguinte, nas localidades de Abaetetuba, Boa Vista, Cametã, Itacotiba, Macapá, Parintins, Santarém etc., segundo DACACH(1979, p.139 e 140), entretanto, não está bem empregado como sinônimo de poços escavados, pois, sua concepção de estrutura e execução são ímpares, muitas vezes com uso de escafandro para escavar sob água. Diferentes outros nomes têm sido usados por pesquisadores, p.ex., poços manuais, usados em trabalhos de mapeamento hidrogeológico da Região Nordeste (esc.1:500.000) realizados pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, durante os anos 60 e 70(SUDENE,1978) ou em pesquisa de PEIXOTO & COSTA(1981,p.695) e outros. Ou ainda, denominados de poços d'água ou simplesmente poço, nas regiões sulinas.

Ultimamente, alguns técnicos têm preferido o termo poço amazonas ou amazônico, também para a Região Nordeste, inclusive em trabalhos publicados. No entanto, esta situação etimológica pandêmica só contribui com a caotização das idéias. Não é com eufemismos e nem com a ingenuidade de apelidos mais pomposos, que serão resolvidos os casos aberrantes de cacimbas infectas já mencionadas a muitos anos atrás pelo geólogo Othon Henry Leonardos no prefácio do compêndio de CEDERSTROM, op. cit. e outros. Não devemos cair no ridículo do pensar medíocre, que considera que a questão do abastecimento doméstico e de pequenas comunidades com água potável de aquíferos rasos, seja, sumariamente, uma questão de nomes mais ou menos bonitos pois, isso seria além de grave, hilariante. Na realidade a preferência pela utilização do termo "poços escavados" além do tradicionalismo (comportamento não muito bem aceito pelos adeptos de "novas técnicas" alienígenas) é função intrínseca das condições naturais do nosso território, por apresentar-se, com predominância, em vastas planuras, mais altas ou mais baixas, onde as imposições topográficas acentuadas bastante restritas, favorecem sobremaneira as escavações de poços rasos. No dizer de um nordestino dos cafunós do sertão: "cacimba é quando a gente desce barranco no córrego e, poço é um buraco em lugar alto onde é preciso escada de madeira para pegar água lá no fundo com um balde". É assim, também, que Felcides da Cunha descreve em "Os sertões", o desespero do povo de Antonio Conselheiro, diante do cerco assassino dos soldados do governo.

Vários outros tipos de poços rasos para exploração e exploração de águas subterrâneas, têm sido desenvolvidos. Assim, temos poços brocados(feitos com trados manuais ou mecanizados e auxiliados por caçambas especiais), cravados(com ponteiros de avanço filtrantes), a jato d'água ou lavados(com ou sem ponteira de jato próprio), sistemas ou baterias de ponteiros etc.(TODD;CEDERSTROM;NOGAMI;CASTANY; CETESB, opuseris citatum e outros). Entre outros métodos, vale salientar um ainda muito pouco usado em nosso país que serve para extrair vazões relativamente altas(500 a 1000 m³/h)

em aluviões permeáveis. Conhecidos como poços coletores, atra-vés de galerias horizontais e sub-horizontais de infiltração, desenvolvidos definitivamente pelo engenheiro inglês Leo Ranney na cidade de Londres em 1933. Além deste poço tipo Ranney, patenteado por "Ranney Method Water Supplies, Inc., Columbus, Ohio", existe outro similar que é tipo Fehlmann desenvolvido por "Grundwasserbauten A.G., Berne, Switzerland", ambos descritos por TODD(1959,p.138-141;1964, s.13,p.31, Fig. 13-34);CASTANY(op.cit.,p.474-486); SAMPER & AMADOR (1976,p.270-273) e outros autores. Experiências similares, mas com instalação de drenagem horizontal pelo método convencional de trincheiras escavadas a céu-aberto, foram verificadas nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte(MANOEL FILHO,1980,p.451-459). Embora exista um gama de tipos de captações especiais para aquíferos rasos, propomos a presente sintetização, em particular para os assuntos relativos aos poços escavados, para tentar um singelo início de discussão sobre o assunto. Por serem estes, ainda, os mais populares em nosso país e por exigirem dispêndios de recursos financeiros e tecnológicos, compatíveis com a situação real dos estratos mais carentes da população.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS E METALURGIA

3. REVESTIMENTO

O revestimento de um furo escavado, com vistas a ser transformado em um poço d'água propriamente dito é a parte mais importante de tal tipo de captação de água subterrânea. As duas principais funções do revestimento são evitar o desmoronamento das paredes durante e após a escavação e, depois facilitar o uso e conservação do poço. É nesta fase que se insere o desempenho técnico capaz de responder pela eficiência ou não do fornecimento longo de água em quantidade suficiente com qualidade satisfatória. Em geral, são usados no revestimento de pocos escavados os seguintes materiais: tijolos(maciço ou furados); pedras("in natura" ou talhadas); concreto (em pré-molde de blocos e segmentos circulares ou concretagem "in situ"); madeira(pau-ferro, arceira, sucupira, maçaranduba e peroba); cerâmica(em manilhas com grandes diâmetros) e aço(tubos, chapas alandradas ou tambores usados). Além de que, em alguns casos é possível aplicação de revestimentos mixtos; p.ex., a parte inferior com alvenaria de pedras secas e a superior com concreto ou tijolos.

Aqui, entretanto, abordaremos somente revestimentos com acabamento de caráter definitivo, onde sejam empregados materiais mais adequados e acessíveis aos usuários, em suas respectivas regiões de origem. Tal tema, contudo, não esgota o assunto, porque, em circunstâncias eventuais e peculiares, pode vir a ser necessário o uso de outros tipos de revestimentos. Ressalve-se que o fundo do poço, geralmente, não será revestido, porém se a escavação terminar em estrato geológico que venha comprometer a qualidade da água, convém um lastro de mais ou menos 50 cm de matacões ou cascalho grosso, embora, não se impeça a construção de um fundo cego com lastro de concreto; se assim, trouxer melhores resultados no estancamento de impurezas ou para a técnica construtiva. Todavia, existem casos onde a entrada do aquífero é feita com exclusividade pelo fundo do poço; em particular quando pequenas vazões são suficientes e, nestes casos, as paredes laterais são herméticas e o poço não deverá ter total penetração no aquífero.

3.1. Tijolo

Este tipo de revestimento é mais apropriado aos terrenos coerentes, onde a escavação não implica em desmoronamento, permitindo que as paredes sejam levantadas a partir do fundo do poço, sobre alguma base de sustentação. O revestimento com tijolos maciços, de argila bem cozida, é dos mais usados em poços escavados e apresentam características que o elegem para tal: é de fácil aquisição, por ser produzido em grande escala comercial nas adjacências dos centros de consumo; no manuseio para assentamento das paredes no interior do poço; permite fluxo d'água do aquífero em todas direções radiais para o interior do poço por causa da disposição dos tijolos justapostos; os tijolos que formam a parede filtrante, na zona saturada do aquífero, não necessitam de argamassa, somando-se, assim, um alto percentual de área aberta; e, as frestas ou aberturas entre um tijolo e outro são mínimas, o que dificulta o carreamento de material terri- geno para dentro do poço. Na zona de aeração do aquífero haverá obrigatoriedade de cimentação do espaço anular para evitar contaminação.

A disposição dos tijolos pode ser feita em três geometrias. O tijolo assente "em pé" ou "de espelho" possibilita um bom rendimento, além de ser ideal como parede filtrante, se bem que não se recomenda este arranjo para escavações com grandes diâmetros e/ou com profundidades maiores que 5 m. O tijolo deitado oferece maior resistência e facilidade ao assentamento com argamassa, sendo ótimo para as partes da zona de aeração. A posição deitada é preferida em poços com profundidades médias na ordem de 20 m. Na terceira posição, o tijolo é colocado "de tópo". Entre quatro ou cinco fiadas na posição "de topo", será assentada uma camada de tijolos deitados com finalidade de amarração. Em geral, nos poços, são feitas combinações das três posições acima descritas de tal modo que a primeira fica melhor situada na zona saturada, a segunda na zona de aeração e a terceira para formar a caixa de proteção da boca do poço. Para revestimento com tijolos é importante o uso de sapatas formando uma cinta de sustentação inferior que poderá ser de madeira, pedra, concreto ou aço (DACACH, 1984, p.24-30). Com tijolos furados, o procedimento geral é

o mesmo que o utilizado para os maciços. Entretanto, deve-se tomar cuidado para não facilitar carreamento de material terrígeno das paredes de escavação para dentro do poço, através dos furos dos tijolos. Outras alternativas na construção das paredes de tijolos têm sido usadas nos poços, além das três posições espaciais citadas. Por exemplo, GARCEZ (1969, p.209) sugere parede dupla com espaço de 5 cm entre uma e outra, preenchido de argamassa de cimento com impermeabilizante, até a profundidade mínima de 3 m, onde fica assentada sobre a parede filtrante da zona saturada do aquífero. Muito interessantes são os projetos de paredes duplas, provavelmente com uso de tijolos furados, feitos pela Fundação Serviço Especial de Saúde Pública (FSESP), para serem construídos em zona saturada de aquíferos rasos em várias localidades da região do Vale Amazônico, durante as décadas de 1940/50. Nestes casos, entre uma parede e outra, o espaço anular é preenchido com material filtrante. Para estes tipos de poços escavados, a FSESP encontrou um nome bem sugestivo: poço amazonas (DACACH, 1979, p.140).

3.2. Pedra

A pedra foi o primeiro material usado pelo homem para revestimento das captações de águas subterrâneas que envolviam escavações em materiais soltos. Naquele tempo, a técnica de cozinhar os tijolos ainda não era aplicada e o cimento Portland só foi inventado em 1824 por Aspdin. Além disso, as captações de águas subterrâneas só interessavam aos povos que tinham se fixado algures, onde as precipitações eram escassas e, por isso, abundavam pedras "in natura". Este é também um dos motivos de não ter sido usado madeira nos revestimentos. As escavações para uso de água com aplicação de pedras no revestimento das paredes mais antigas são os "kanats" da Pérsia, atual Irã (WUFF, 1968; apud BISWAS, 1972). Com efeito, BISWAS (1972, p.26) considera que, a grande façanha na utilização de recursos hídricos subterrâneos, nos tempos antigos, foi a escavação dos "kanats". Embora existam evidências de que os "kanats" tenham sido construídos, de maneira primária, na atual Armênia e que teriam sido destruídos pelo Rei Saragon (721-705 a.C.) da Assíria (id., *ibid.*, p.27). A exequibilidade dos "kanats" foi muito favorecida pelo uso das pedras. No Brasil, os

primeiros poços d'água também foram escavados, manualmente, e revestidos com blocos de pedras talhadas, quiçá com mão de obra escrava. Esta atividade é um legado cultural do colonizador europeu que, por sua vez, já tinha assimilado dos povos asiáticos próximos do Mediterrâneo.

Em todos os casos de opção por uso de pedras nos revestimentos considerar-se-á, sua aplicação em duas partes onde a penetração atingir a zona saturada e naquela correspondente à zona de aeração do aquífero. Esta distinção é feita por razões muito simples - aliás, pelas mesmas existentes para os poços revestidos com tijolos, concreto e outros materiais - que implicam em permitir o maior fluxo possível de água da zona saturada e, por outro lado, dificultar infiltrações supérgenas indesejáveis para dentro do poço. Na zona saturada, as pedras deverão ser assentadas sem uso de aderentes (alvenaria de pedra seca) até a profundidade situada abaixo da mínima cota atingida pelas flutuações do nível d'água. Acima desta cota, a alvenaria deverá ser levantada com argamassa de cimento (traço de 1:4), cuidando-se para impermeabilizar, também, o espaço anular entre as faces das paredes de escavação e do revestimento. Pedras de vários tipos e qualidades, passíveis de uso em tais revestimentos, ocorrem em todo Brasil e poderão ser usadas "in natura" ou lavradas.

3.3. Concreto

Há que ser considerado "a priori" dois modos de executar-se um revestimento em concreto: com segmentos de anéis pré-moldados (concreto monolítico) - o mais usado em poços menos profundos - e o revestimento feito em concretagem, "in situ" mais dispendioso e apropriado para poços escavados com maiores profundidades. No caso dos segmentos anelares, geralmente construídos em seções com 90 a 120 cm de comprimento, deverá existir um encaixe tipo macho-fêmea para acoplamento, sendo que nestas emendas será necessário cuidar da cimentação do espaço anular para que não sirvam de pontes de infiltração indesejável. A falta de cimentação adequada do espaço anular nos trechos das juntas de encaixe, tem provocado a principal deficiência da qualidade das águas em poços revestidos com anéis de concreto. O revestimento com anéis pré-moldados adapta-se melhor em escavações

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINERACAO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

de materiais de aluviões com pouca consistência, onde há perigo eminente de desmoronamento. Entretanto, se for fabricado muito distante do local de uso, seu transporte poderá inviabilizar seu uso.

O manual técnico nº 5-297, dos Departamentos do Exército e da Força Aérea Norte-Americana, publicado em Washington em 1957 e, traduzido com adaptação para o Brasil por NÓGAMI (1967), informa que a parte dos anéis de concreto monolítico que ficam na zona saturada, deverão ser perfurados para permitir a entrada de água e que, em geral, esses furos são feitos com a introdução de pedaços de manueira de jardim, no ato da fundição da peça. Sendo que os tubinhos são fechados com argila antes de colocados no concreto e removidos depois. À medida que o buraco vai sendo desaterrado, por dentro dos anéis e sob uma sapata cortante inferior, a colocação de mais anéis sobrepostos facilita a descida do revestimento e da própria escavação. Estes furos para entrada d'água, à primeira percepção, parecem ser muito simples para a solução do problema. Porém, poderão acarretar inconvenientes se não forem dimensionados com adequação às características peculiares de cada corpo geológico aquífero. Além disto, a falta de conhecimento detalhado das condições de ocorrência dos aquíferos a serem explorados poderá implicar em resultados insatisfatórios, se a seção filtrante não ficar assentada frontalmente aos estratos fornecedores de água.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA E RECURSOS HÍDRICOS

4. ACABAMENTO E INSTALAÇÃO

O acabamento e instalação de um poço escavado será feito durante e/ou após conclusão da abertura e revestimento do furo, conforme condições intrínsecas da natureza de cada projeto. Para descrever estes tipos de serviços convém dividi-los em partes que tenham propriedades particulares: fundo do poço; parede filtrante e impermeabilizada; caixa; lage de proteção; tampa de uso e inspeção; e, cobertura e instalação de equipamento de bombeamento. O acabamento no fundo do poço é função hidrogeológica do terreno. Assim, dependendo do material que o compõe (argila, areia, cascalho, solo de alteração ou rocha), fará melhor efeito uma cimentação de fundo, um cascalhamento, um enrocamento ou ainda deixá-lo nú. A parede filtrante, quando edificada com tijolos ou pedras com as juntas abertas sem argamassa, recebendo cunhas de madeira de lei entre alguns de seus elementos, terá maior resistência e estabilidade, e deve permanecer totalmente mergulhada na zona saturada. Na zona de aeração, a parede do poço, quando feita de tijolos ou pedras, será impermeabilizada com cimentação do espaço anular entre a face de escavação e o revestimento. Além disto, mesmo assentado os elementos com argamassa (traço 1:4) é importante um reboco interno com argamassa de cimento, principalmente em paredes de tijolos. Estes procedimentos dificultarão infiltrações supérgenas indesejáveis e facilitarão inspeção e limpeza. CASTANY (1968, cap. 14, p. 471), p.ex., recomenda um mínimo de 4 a 5 metros desde a superfície do terreno até onde pretende-se evitar infiltrações, inclusive com um selo em forma cônica de argila ou concreto na parte externa ao revestimento, pois é nesta zona do poço, próximo de sua boca, onde estão os maiores riscos de contaminação.

O caixa do poço tem a finalidade de proteger o aquífero, a água do poço e o próprio poço, além de propiciar segurança ao usuário, facilitar instalação de equipamentos para bombeamento da água e permitir acesso às vistorias e limpezas periódicas. É recomendável que o caixa do poço seja construído sempre em alvenaria com uma argamassa de cimento e pelo menos 30 cm acima do solo. A vulnerabilidade às inundações e seus riscos deverá ser sempre prevista (GARCEZ, 1969, p. 206-210).

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

A lage de proteção deverá ser fundida em concreto armado com ferragem, com espessura de 10 a 15 cm e com dimensões laterais e acabamento que possibilite a infiltração de águas mesmo aquelas retiradas por bombeamento do próprio poço. A lage deverá estar sobre o caixão acima do solo e poderá ter um montículo de terra argilosa bem socada em volta. Servirá de apoio ao usuário e para assentamento de equipamentos. Deverá ter aberturas apropriadas para visita e instalação de equipamento. A tampa da abertura na lage de proteção para instalação de equipamento, visitas e limpeza, será, de preferência, em concreto, com dimensões suficientes para que seja removida manualmente. Mas, recomenda-se que não seja de manuseio fácil, a menos que não esteja ao alcance de crianças e animais, pois é comum acidentes fatais. Quando o poço não estiver localizado dentro de casa ou em baracões de serviço, é necessário que se construa cobertura para protegê-lo das ações intempéricas e proporcionar conforto ao usuário. Todavia, em casos especiais onde, por questões outras de estética e segurança, o caixão é construído sob o nível do terreno, de modo a possibilitar abrigo e camuflagem do equipamento de bombeio.

Existe um sem-número de equipamentos e técnicas para instalação de um poço. A mais popular ainda é contudo, o sarilho (um dos mais antigos e importantes usos de polias, que remonta a invenção da roda há aproximadamente 3000 anos a.C.) com corda e balde. Se não é a maneira mais desejável é, porém, com segurança, a mais econômica. Entretanto, é a principal causa de contaminação direta, através de impurezas que passam cair pela abertura superior do poço e pela corda, balde etc. Instalar motores propulsionados a derivados de petróleo (gasolina, óleo diesel) sobre o poço, é uma maneira com relativa facilidade de criar fonte poluidora de alta gravidade. Bombas manuais, de vários tipos, são próprias para consumos domiciliares e, além disto, de adequação vantajosa para poços mais rasos. Em localidades com energia elétrica disponível, os motores à dínamo são mais convenientes, pois quase não poluem e são muito econômicos. Uma energia especial, embora muito pouco aproveitada no Brasil é a energia eólica. Instalações que aproveitam este tipo de energia, conhecidas como cataventos (primariamente inventados durante a Idade Média), são ideais em vastas regiões brasileiras, onde não chegou a energia elétrica, e

podem bombear água através dos sistemas: "air lift" ou varetas e pistões. O Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco tem desenvolvido pesquisas muito interessantes sobre cata-ventos, no nordeste (CIRILO et alii, 1985).

5. LIMPEZA E DESINFECÇÃO

Para o uso e conservação dos poços escavados é necessário limpeza e desinfecção. Para entender tais atividades, deve-se abordar o elenco de fatores causadores da improdutividade quantitativa e/ou qualitativa dessas captações, pois muitas vezes, as vazões e qualidades de suas águas sofrem atuações de processos naturais ou de caráter antropogênico que poderão provocar uma inadequação, temporária, para o consumo humano e, eventualmente, uma condenação definitiva para o uso. Segundo a Organização Mundial da Saúde, 80% das doenças que infestam o Terceiro Mundo são provenientes de águas contaminadas. Pode-se agrupar as características deste conjunto de problemas em três partes, em função dos fenômenos que provocam a poluição dos poços, ou seja: poluição natural, geralmente de menor gravidade, que provoca obliteração das entradas de água, ou seja, colmatção dos filtros(p.ex., é muito comum a proliferação de colônias de bactérias do ferro e manganês ou precipitação de carbonatos); poluição causada por atividades industriais e agropastoris, que, embora mais reticentes, apresentem problemas gravíssimos na maior parte dos casos; e, aquela que parece ser a predominante e mais corriqueira em águas para consumo humano no meio rural e urbano, que é a poluição de caráter antropogêno produto de contaminação bacteriológica. Com intuito de ilustração deste último caso, observa-se que a partir de pesquisas sobre qualidade bacteriológica das águas subterrâneas do Estado de Minas Gerais, VIGNOLI FILHO(1980,p.304) concluiu que mais de 80% dos seus poços rasos amostrados estavam contaminados. Por outro lado, com propósito de mostrar que a questão bacteriana não é exclusiva de poços rasos, os resultados de recente trabalho realizado no Estado de São Paulo, a respeito de contaminações em cerca de 1000 pocos tubulares profundos em 260 municípios não operados pela SABESP demonstra que cerca de 25 a 30% possuíam contaminação bacteriológica(ABAS,1985, p.47).

Portanto, no ról dos aspectos bacteriológicos das águas de poços rasos, que será tratado a seguir com mais detalhe, deverão, invariavelmente, ser objetos de cuidados: as excretas, em particular, e os locais para despejo de lixo e cemitérios, em geral.

Nos casos de poluição natural, a limpeza se faz de

maneira simples, com o esgotamento do poço, escovação e lavagem das paredes internas, especialmente da parte filtrante. Aqui, às vezes, é conveniente substituir as partes da parede de filtros obliterados por material sem uso ou recuperados. No trato com poluição industrial e/ou agropastoril que tenha contaminado as águas de poços rasos, a abordagem terá que ser feita, em particular, para cada caso, pois a compreensão e solução de cada um deles dependerá das características do conjunto dos poluentes e do meio físico envolvidos. Entretanto, neste trabalho, tratar-se-á dos casos de limpeza e desinfecção de poços escavados agravados por contaminação bacteriana proveniente de poluição antropogênica, por serem os mais corriqueiros mas, nem por isto, menos graves. Nestas ocorrências de contaminações, pode-se adotar o roteiro descrito por BATALHA(1984,p.34 e 35; 1985,p.27), pela simplicidade e eficiência apresentada na sequência:

1) Esgotar o poço, manualmente com sarilho e balde ou com auxílio de bomba, retirando toda sua água. Limpar e lavar as paredes com espátula e escova, nas partes impermeabilizadas(zona de aeração) e filtrantes(zona saturada). Deve-se notar que esta tarefa é mais fácil quando, na parte correspondente à zona de aeração, as paredes forem revestidas com uma camada homogênea de rebôco porque, neste caso o acúmulo de resíduos é dificultado. Poderá, ainda, ser aplicado uma camada de calda de cimento ou cal na parte rebocada e o fundo do poço também deverá ser limpo. 2) Assim que o nível d'água, no poço, estabilizar-se, adicionar-se-á o desinfetante apropriado que poderá ser dos tipos mais populares e que combatem um gama importante de organismos nocivos. Por exemplo, dois litros de água sanitária clorada, hipoclorito de sódio(NaClO), com teor de cloro disponível de 2% a 3%(p.ex., cândida, Q-bôa e outras), ou ainda meio litro de solução de hipoclorito de sódio, com teor de cloro disponível de 10% a 15%, para cada m³ de água do poço. Em ambos os casos aguardar-se-á o tempo necessário e suficiente (aprox.2 horas) para atuação do desinfetante sobre os microorganismos nocivos, por acaso presentes na água. 3) Após esta espera, um segundo esgotamento possibilitará uma nova afluição de água para dentro do poço pronta para ser usada, desde que sua qualidade tenha sido verificada, laboratorialmente,

BRASIL: O AQUECIMENTO GLOBAIS E O RISCO DE SECURIDADE HÍDRICA

inclusive com controle residual de cloro.

Estes procedimentos, todavia, não terão eficácia caso não tenham sido respeitadas todas as características técnicas necessárias ao sucesso da captação (BATALHA,1985). Além disto, mesmo não havendo suspeita de contaminação, recomenda-se uma desinfecção preventiva que poderá ser feita adicionando-se um copo de água sanitária clorada para cada m³ de água. Note que, neste caso específico, não é obrigatório um esgotamento e limpeza do poço. Esta prevenção poderá ser feita sempre que o usuário julgar indispensável, observando, entretanto, o controle do teor de resíduo de cloro.

Desde logo, saliente-se que o assunto da localização de um poço escavado, naquilo que diz respeito às distâncias mínimas entre a captação de água e os focos de poluição(privadas secas, tanques sépticos, linhas de esgoto, poços absorventes, linhas de irrigação, estâbulos, fossas negras, lixões, cemitérios, agrotóxicos, despejos industriais e outros), ainda não está convenientemente esclarecido para o território brasileiro. Aqui, ainda prevalecem conhecimentos adquiridos por outros países, onde nem sempre as condições dos aquíferos e poluentes permitem um traslado de medidas para os nossos meios. Por exemplo, normas estabelecidas nos EUA pelo United States People Health Service (USPHS), recomendam que as distâncias mínimas entre o poço e focos de poluição possam variar entre 15 e 45 m, dependendo de cada caso. No Brasil, a Codificação das Normas para Obras e Serviços, prescreve em seu artigo 352: os poços deverão ficar em nível superior às fossas, depósitos de lixo, estrumeiras, currais e deles distantes no mínimo, quinze metros(GARCEZ,1969,p.207). BATALHA (1985,p.23), recomenda um mínimo de 30 m de distância entre o poço e estâbulos, currais e chiqueiros. Esta generalização, mostra que existe, no Brasil, um quase total desconhecimento das características transmissivas (hidráulicas, químicas e bacteriológicas) dos nossos solos e estratos geológicos, e suas potencialidades depurativas em face aos efeitos da poluição. Porém, adiante-se que cada tipo de aquífero terá que ser tratado em função dos poluentes a que estiver submetido. Por exemplo, os aquíferos rasos de aluviões marinhas e eólicas da costa litorânea, sujeitos a poluentes biodegradáveis ou de refino petrolífero, não terão o mesmo comportamento do Aquífero Bauru sujeito aos efeitos da presença de tanques de vinhoto.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINERACAO

CONCLUSÕES

O aproveitamento das águas subterrâneas rasas, no Brasil, engendrarã bem-estar mui significativo para amplas parcelas de suas populações mais carentes, que estejam distribuídas nos espaços convencionados de urbanos, suburbanos e rurais. Todavia, na opção por esta variante, ã preponderante que aspectos hidrogeológicos dos aquíferos rasos (potencialidade quantitativa) e de engenharia (captação, tratamento, reservação e distribuição) destes recursos hídricos de subsuperfície sejam muito mais investigados e difundidos, em particular para o pequeno e médio consumidor.

O tipo de captação de águas subterrâneas rasas mais usado, em todo território nacional, ã o poço escavado. Isto, porque, ã o mais simples e econômico, o que o torna popularíssimo. Entretanto, por excesso de ignorância dos usuários e desleixo dos setores tidos como representativos da vontade popular, estas captações não têm apresentado, em geral, um mínimo de feições técnicas adequadas ao uso salutar, tornando-as incompatíveis com suas importâncias no contexto histórico secular e contemporâneo.

Beneficiar-se com águas subterrâneas rasas, através de poços escavados, ã praxis humana antiga e incorporou-se ã nossa cultura, desde que os colonizadores europeus, para cá, trasladarã estes conhecimentos. Por outro lado, a imposição aos nossos costumes, de características sociais nem sempre primordiais para o equilíbrio saudável entre o homem e a natureza, propicia uma certa desmoralização por tudo aquilo que venha refletir, sabor de independência. De tal modo que, as opções técnicas domésticas, simples e populares, em geral, estão desacreditadas, quando não tratadas com vitupérios e maledicências. O mais grave, além de tudo, ã que os preconceitos obnubilã a verdade dos fatos, carreando insolvências de impasses cíclocrônicos onde, ã guisa de encontrar-se soluções mirabolantes, ditas científicas, ignoram-se as simplérrimas; dando a perceber-se, com nitidez, um grau avançado de miopia na ótica daquilo que se sucede ã um palmo diante do nariz, no cotidiano. Mesmo sabendo-se que os poços escavados são os mais corriqueiros, recomenda-se que sejam desenvolvidos, também, outros tipos de captações de águas subterrâneas rasas, tão popularizadas in totus mundus, pois, existem circunstâncias hidrogeológicas e de engenharia que deixã sugerir e/ou exigirem soluções distintas,

Agradecimentos

A Claudio Dorea Guedes, pelas críticas sugestivas feitas em cima da versão preliminar. Ao querido professor e doutor, em geociências, Ruy Osório de Freitas, pela disposição amável na leitura do presente texto e pelos comentários verbais favoráveis a encaminhamento para publicação em revista especializada. À minha filha Catia pela vernaculização ânglica do resumo (abstract).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAS, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, (8):47, jun. 1985.
- AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. O destino das águas de esgoto de prédios escolares situados em zonas desprovidas de coletores sanitários. ENGENHARIA, São Paulo, 7(83):505-511, jul. 1949.
- REVISITA DE ENGENHARIA SANITÁRIA, Rio de Janeiro, 23(3):289-300, jul./set. 1984.
- Disposição de efluentes de tanques sépticos residenciais. REVISTA DE ENGENHARIA SANITÁRIA, Rio de Janeiro, 24(1):121-125, jan./març. 1985.
- BATALHA, Ben-Hur Luttembarck. Água para consumo humano. REVISTA DO INSTITUTO DE ENGENHARIA, São Paulo, (446):30-38, mai./jul. 1984.
- A água que você bebe. REVISTA DO INSTITUTO DE ENGENHARIA, São Paulo, (453):15-29, ago./out. 1985.
- Água para consumo: uma preocupação permanente. REVISTA PAU BRASIL, São Paulo, (10):46-50, jan./fev. 1986.
- BISWAS, Asit K. Hystory of hydrology. 2.ed., Amsterdam, NORTH-HOLLAN, 1972. 336p.
- BRÂNCO, Samuel Murgel. Hydrobiologia aplicada à engerharia sanitária. 2.ed., São Paulo, CETESB, 1978. 620p.
- BURSZTYN, Maria Augusta Almeida & OLIVEIRA, Sebastião Luiz. Análise da experiência estrangeira no gerenciamento dos recursos hídricos. Brasília, SEMA/MINTER, 1982. 166p.
- CAMPOS, Luiz Alberto Siqueira & MENEZES, Maria Amélia Souza. Pesquisa e aproveitamento de água subterrânea para abastecimento urbano nas dunas costeiras do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2., Salvador, 1982. Anais Salvador, ABAS, 1982. p. 29-42.
- CASCAES, Olímpio Sérgio Figueiredo. Manual para definição de manancial em comunidades de pequeno porte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2., Salvador, 1982. Anais Salvador, ABAS, 1982, p. 489-499.

- CASTANY, G. Prospection et exploitation des eaux souterraines. Paris, DUNOD, 1968. 717p.
- CEDERSTROM, Dagfin John. Água subterrânea; uma introdução. Rio de Janeiro, Centro de Publicações Técnicas da Aliança para o Progresso (USAID), 1964. 280p.
- CETESB, Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas. Água subterrânea e poços tubulares/ground water and wells/São Paulo, CETESB, 1974. 392p.
- CHAMBERLAIN, T. C. Requisite and qualifying conditions of artesian wells. 5th annual report U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 1884, p. 131.
- CHOW, Ven Te. Handbook of applied hydrology, a compendium of water-resources technology. New York, McGRAW-HILL, 1964. p. 7-10.
- CIRILO, José Almir; SOARES JR., Antônio M. C.; FEITOSA, Everaldo A. N. Otimização de sistemas de bombeamento d'água acionados por cataventos: uma experiência no nordeste. REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA, Rio de Janeiro, 3(2): 65-81, out. 1985.
- COSTA, Walter Duarte. Aqüíferos aluviais como suporte agropecuário no nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., Fortaleza, 1984 Anais 1 Fortaleza, ABAS, 1984. p. 431-440.
- CUNHA, Ayres Câmara. Nas selvas do Xingu. São Paulo, CLUBE DO LIVRO, 1969. 150p.
- DACACH, Nelson Gandur. Sistemas urbanos de água. 2. ed., Rio de Janeiro, LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS, 1979. 490p.
- DACACH, Nelson Gandur. Saneamento básico. 2. ed., Rio de Janeiro, LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS, 1984. 293p.
- DNPM. Departamento Nacional da Produção Mineral. Mapa hidrogeológico do Brasil (esc. 1:5.000.000). Rio de Janeiro, DNPM/CPRM, 1983. 1f1.
- FALCÃO, Tereza Cristina Campos & LEAL, José de Menezes: Estudo hidroquímico da Bacia do Riacho do Navio; PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980 Anais Recife, ABAS, 1980. p. 603-621.

- FENZL, Norbert; RIJO, Luiz; PIUCI, Jacyro; GUIMARÃES, Paulo Buarque M. Interpretação, classificação e apresentação de dados hidroquímicos para uso humano e agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980 Anais Recife, ABAS, 1980. p.85-97.
- FOURMARIER, P. Hidrogeologie. 2.ed. rev. et aug., Paris, H. VAILLIANT-CARMANNE, 1958. 294p.
- FRANGIPANI, Alcides & BOTTURA, João Alberto. Estudos hidrogeológicos e hidroquímicos da Região de Sobradinho; Município de Luiz Correia, PI. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980 Anais Recife, ABAS, 1980. p.19-33.
- GARCEZ, Lucas Nogueira. Elementos de engenharia hidráulica e sanitária: abastecimento de água no meio rural. 2.ed., São Paulo, EDGARD BLUCHER, 1969. 356p.
- KASMANN, Raphael G. Hidrologia moderna/modern hydrology/trad. G.A.F. de Lara, México, ED. CONTINENTAL, 1969. 420p.
- LEAL, José de Menezes. Diversas alternativas para aproveitamento de água subterrânea no nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., Fortaleza, 1984 Anais 2 Fortaleza, ABAS, 1984. p.303-312.
- LEAL, Onofre; MENTE, Albert; PESSOA, Mário Dias. Contribuição do sistema de informações hidrogeológicas à elaboração do Mapa Hidrogeológico do Brasil, escala 1:2.500.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980 Anais Recife, ABAS, 1980. p.443-449.
- LEÃO, Marcos Imério. O uso do modelo Hele-Shaw vertical para o estudo de aquíferos costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980 Anais Recife, ABAS, 1980. p.247-267.
- LEONARD, Joathan Norton. América pré-colombiana/ancient America/trad. T.S.N. Neto, Rio de Janeiro, JOSE OLÍMPIO, 1971. 192p.
- LINK, Volker Reinhold. Impactos ambientais e sociais do uso e ocupação do solo. REVISTA DAE, São Paulo, 44(139):284-287, dez. 1984.

- LINSLEY JR., Ray K.; KOHLER, Max A.; PAULHUS, Joseph L. H. Applied hydrology. New York, McGRAW-HILL, 1949. 689p.
- LINSLEY JR., Ray K. & FRANZINI, Joseph B. Water-resources engineering. New York, McGRAW-HILL, 1964. 654p.
- LIAMAS, Manuel Ramón & GALOFRÉ, Andrés. Hidrologia subterránea. Barcelona, OMEGA, 1976. p. 249-258.
- MAACK, Reinhard. Notas preliminares sobre as águas do sub-solo da Bacia Paranã-Uruguaí. Curitiba, CIBPU/UFPR, 1970. 162p. monografia.
- MCALISTER, A. Lee. História geológica da vida/the history of life/ trad. S.E. do Amaral. São Paulo, EDGARD BLUCHER, 1969. 174p.
- MANOEL FILHO, João. Produtividade de drenos horizontais e potencialidade de aquíferos aluviais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980. Anais Recife, ABAS, 1980. p. 451-459.
- MARTINS, J. C. S.; LEÃO, Marcos Imério; PACHECO, C. R. S. Análise da qualidade das águas subterráneas em rochas basálticas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., Fortaleza, 1981. Anais 1 Fortaleza, ABAS, 1981. p. 659-686.
- MEAD, W. Daniel. Hydrology: the fundamental basis of hydraulic engineering. New York, McGRAW-HILL, 1919. 647p.
- MEINZER, Oscar Edward. The history and development of ground-water hydrology. Washington, JOUR. ACAD. SCI., 24:6-32, 1934.
- MEINZER, Oscar Edward. Physics of the Earth-IX; hydrology. New York, McGRAW-HILL, 1942. 712p.
- MELLO, José Geraldo & CAVALCANTI, Lúcio José. Exploração de águas subterráneas nas aluviões do alto Guajiru-Ceará-Mirim-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2., Salvador, 1982. Anais Salvador, ABAS, 1982. p. 147-157.
- MENTE, Albert; PESSOA, Mário Dias; MONT'ALVERNE, Alarico Antônio Frota. Projeto Mapa Hidrogeológico do Brasil, escala 1:2.500.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Anais 6 Recife, SBG, 1978. p. 2950-2962.

MENTE, Albert; PESSOA, Mário Dias; LEAL, Onofre; MONT'ALVERNE, Alarico Antônio Frota. Mapa Hidrogeológico do Brasil na escala de 1:2.500.000 (apresentação da versão preliminar). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980 Anais Recife, ABAS, 1980. p. 427-441.

MENTE, Albert & MONT'ALVERNE, Alarico Antônio Frota. Mapa Hidrogeológico do Brasil na escala 1:2.500.000. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., Fortaleza, 1981 Anais 1 Fortaleza, ABHRH, 1981. p. 597-610.

MENTE, Albert & MONT'ALVERNE, Alarico Antônio Frota. Mapa Hidrogeológico do Brasil na escala de 1:5.000.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2., Salvador, 1982 Anais Salvador, ABAS, 1982. p. 111-117.

MICHELSON, Chaim; AKHERMAN, Bension; SOARES, Paulo Roberto C. Estudos de água subterrânea no Município de Campos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2., Salvador, 1982 Anais Salvador, ABAS, 1982. p. 17-28.

MOITTA, Froylan Robinson Horta de Souza. Saneamento; vida ou morte em 70 países. REVISTA DE ENGENHARIA SANITÁRIA, Rio de Janeiro, 23(4):340-344, dez. 1984.

MOURA, Paulo Germano Toscano & SEEMANAPALLI, Sarma Kameswara Venkata. Determinação de rendimentos de aquíferos em regiões semi-áridas com referência a microregião de Catoilé do Rocha na Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., Fortaleza, 1981 Anais 1 Fortaleza, ABHRH, 1981. p. 645-655.

MUNIS, M. B. & MORAIS, J. B. A. de. Sondagens elétricas verticais na pesquisa de água subterrânea na Praia do Futuro; Fortaleza(CE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., Fortaleza, 1984 Anais 2 Fortaleza, ABAS, 1984. p. 285-299.

NOGAMI, Paulo Shuji. Poços; tradução do manual técnico Nº 5-297 do Departamento do Exército (Nº 85-23 do Departamento da Força Aérea). Rio de Janeiro, USAID, 1967. 262p.

PADILHA, José Artur de Barros. Fazer a reserva de água subterrânea ao invés de busca-lá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980 Anais Recife, ABAS, 1980. p. 531-535.

PEIXOTO, Carlos Alberto de Mello & COSTA, Pedro Carlos Garcia.

Influência das enchentes do Rio São Francisco no nível freático dos aquíferos face ao sistema de defesa contra inundações em Januária, São Francisco e Pirapora. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., Fortaleza, 1981 Anais 1 Fortaleza, ABHRH, 1981. p.687-701.

PERRONI, Júlio César Arantes; BOTTURA, João Alberto; BRAGA, A.C.O. Aspectos hidrogeométricos da Ilha de São Francisco do Sul; SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5., Blumenau, 1983 Anais 3 Blumenau, ABHRH, 1983. p.321-338.

PÉSSOA, Mário Dias; MENTÉ, Albert; LEAL, Onofre. Províncias hidrogeológicas adotadas para Mapa Hidrogeológico do Brasil na escala 1:2.500.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980 Anais Recife, ABAS, 1980. p.461-473.

PIUCCI, Jacyro. Hidrogeologia da área piloto Ponta de Pedras; Ilha de Marajó, Belém, NCGG, 1978. 143p. Diss. (Mestr. Cienc. Geof.) NCGG/UFPA, Belém, 1978.

Elementos propedêuticos para compreensão das águas subterrâneas rasas ocorrentes na parte oriental da Ilha de Marajó-Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 4., Brasília, 1986 Anais Brasília, ABAS, 1986. (NO PRELO)

& FENZL, Norbert. Variação do quimismo das águas subterrâneas rasas durante um ano hidrológico e suas consequências para o uso humano. In: REUNTAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIENCIA, 30., São Paulo, 1978 Resumos São Paulo, SBPC, 1978. p.394-395.

Ocorrência, consequência e remoção do ferro nas águas subterrâneas. REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, (4):29-40, dez. 1981.

PORSANI, Milton José; RIZO, Luiz; BISCHOFF, Jurgen; FONSECA, Nélio Raimundo M. Métodos geofísicos aplicados a prospecção de água subterrânea; na região do Lago Arari. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980 Anais Recife, ABAS, 1980. p.269-284.

PRADO, JR., Caio. História econômica do Brasil. 13.ed., São Paulo, ED. BRASILIENSE, 1970. 354p.
REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Guia para obtenção de água de boa qualidade para consumo humano no meio rural. ENGENHARIA SANITÁRIA, Rio de Janeiro, 22(2):229-3, abr./Jun. 1983.

- SAMPER, Antonio Almela & AMADOR, Indalecio Quintero. Introduccion a la hidrogeologia. Madrid, FUNDACION GOMEZ-PRADO, 1976. 310p.
- SAUNDERS, Robert J. & WARFORD, Jeremy J. Abastecimento de água em pequenas comunidades/trad. V.L.M.Chama. Rio de Janeiro, ABES, CODEVASF e BNH, 1983. 252p.
- SILVA, Waldir Ferreira da. Investigações geofísicas para exploração de água subterrânea na região de Icapara-Iguape, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., Fortaleza, 1984 Anais 2 A Fortaleza, ABAS, 1984. p. 259-268.
- SOUZA, M. F. Avaliação do I ciclo de debates do prohidro; segmento águas subterrâneas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., Fortaleza, 1984 Anais 1 Fortaleza, ABAS, 1984. p. 177-202.
- SOUZA, M. F.; RIBEIRO, J. P.; BRANDÃO, R. S. Aproveitamento de aquíferos aluvionares no semi-árido paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., Fortaleza, 1984 Anais 1 Fortaleza, ABAS, 1984. p. 164-176.
- SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Inventário básico do Nordeste: folha nº 13 Teresina-SE. Recife, SUDENE, 1978. 251p. 1:1. map.
- TANCREDI, Antônio Carlos F. N. S. Application de la prospection electrique a l'etude hidrogeologique de L'Ile de Marajó-Etat du Pará-Brésil. França, juin. 1972. (Tese de Mestrado, Université de Strasbourg).
- TODD, David Keith. Hidrologia de águas subterrâneas/trad. A. Silveira e E.B.S. Silveira. São Paulo, USAID/EDGARD BLUCHER, 1959. 319p.
- TODD, David Keith. Groundwater. New York, McGRAW-HILL, 1964. p.
- TOLMAN, C. F. Ground water. New York, McGRAW-HILL, 1937. 593p.
- VIGNOLI FILHO, Orlando. A contaminação de águas subterrâneas em regiões semi-áridas e úmidas e seu relacionamento com indicadores biológicos usuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980 Anais Recife, ABAS, 1980. p. 303-310.
- WALTON, William C. The world of water. London, WEIDENFELD and NICOLSON, 1970. 318p.
- WULFF, H. E. The ganāts of Iran. SCIENTIFIC AMERICAN, (218): 94-105, 1968.