

PLANO DE APROVEITAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA - CE

POR

L. Bianchi,¹ J.B.A. Morais,² e J.B. Gurgel Jr.³

RESUMO -- Este é mais um passo na elaboração do Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, "delimitada e mostrada na Figura 1". Constitui-se num segmento específico para os recursos hídricos subterrâneos, tendo partido exclusivamente de dados existentes, com os quais foram formulados os parâmetros referentes a reservas exploráveis, disponibilidades atuais e demandas projetadas para o ano 2.010. Com base em tais parâmetros foram investigadas as possibilidades de atendimento das demandas por águas subterrâneas, do que resultaram diretrizes para o aproveitamento dos recursos hídricos de subsuperfície, algumas conclusões se basearam também no conhecimento global das águas subterrâneas do Estado do Ceará.

INTRODUÇÃO

O trabalho ora apresentado visa a formulação de diretrizes para que a exploração e o uso das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) passem a ser procedidos em moldes racionais, de modo que tal bem, relativamente escasso, venha a se constituir em fator de desenvolvimento e bem-estar.

Paralelamente aspira-se que a demonstração da possibilidade que abre com o uso de águas subterrâneas passe a funcionar como fator de incentivo à apresentação e à conservação dos recursos hídricos subterrâneos, quer em termos quantitativos, quer qualitativos.

O objetivo da exploração de águas subterrâneas na RMF é o abastecimento principal ou complementar da demanda humana e de atividades produtivas. Os abastecimentos públicos poderão ser do tipo principal, poderão ser abastecimentos simplificados de distritos ou comunidades menores ou, ainda, poderão se constituir em abastecimentos complementares de prevenção a colapsos de abastecimentos principais. No caso de suprimento de atividades produtivas procurou-se a identificação de áreas em que a presença

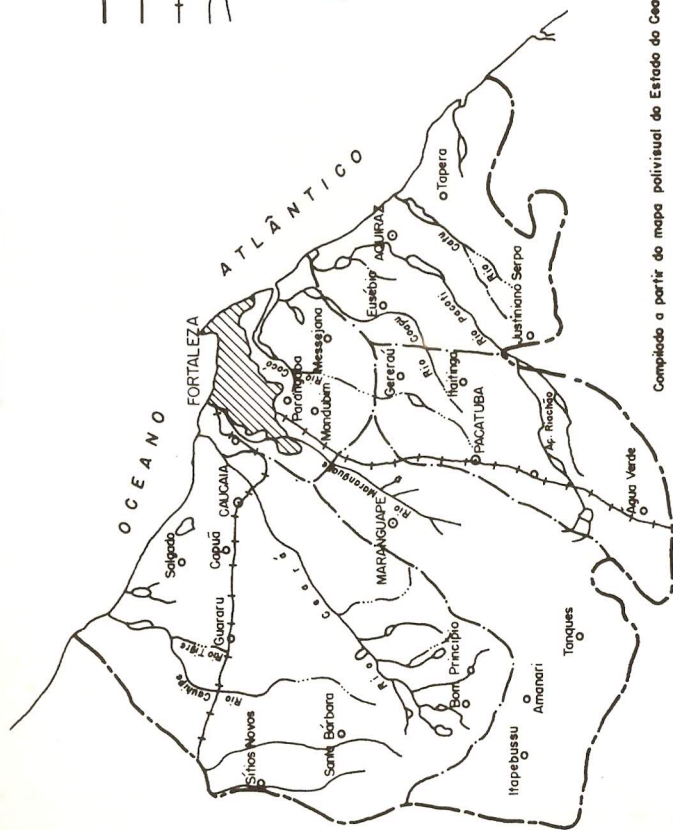
¹ Consultor de Hidrogeologia da AUMEF - AUTARQUIA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA;

² Hidrogeólogo da Geodrenus - Consultoria Hídrica.

³ Hidrogeólogo da SUDEC - Superintendência do Desenvolvimento do Estado do Ceará.

ESCALA 1 : 600.000

- CONVENÇÕES
- LIMITAÇÃO DA ÁREA METROPOLITANA
 - - - - - LIMITAÇÃO INTERMUNICIPAL
 - + - + - ESTRADA DE FERRO
 - ~ ~ ~ RIO, RIACHO E LAGOS OU LAGOAS
 - o LOCALIDADES
 - o MUNICÍPIO
 - ▨ ZONA URBANIZADA



Complêdo a partir do mapa polivisual do Estado do Ceará POLIMAPAS EDITORA LTDA. - 1962

HIDROGEÓLOGO: JOÃO BOSCO ANDRADE DE MORAIS

FIGURA 01 - MAPA DE DELIMITAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

de solos aproveitáveis e de água subterrânea permita a implantação de agricultura ou de pecuária ou, ainda, a indicação de áreas que por serem desprovidas de solos aproveitáveis mas que por conterem recursos hídricos subterrâneos, poderão ser destinadas a indústrias que tenham na água um insumo importante.

A menor unidade espacial aqui considerada é a "unidade de balanço" (UB) já utilizada pela AUMEF para a elaboração do balanço hídrico da RMF. Tal unidade se constitui na porção de uma bacia hidrográfica que é delimitada por um distrito, sendo portanto uma fração politicamente destacada de sua bacia. A UB é assim, uma subdivisão arbitrária de uma unidade natural, que foi adotada pela AUMEF para a definição da política de recursos hídricos na sua área de jurisdição.

A partir da análise das possibilidades de exploração e de aproveitamento de água subterrânea em cada uma das 45 UB's, passou-se à integração a nível de distrito, município e Região Metropolitana.

Ao nível do presente trabalho foi abstraída a estrutura fundiária existente, centrando-se a análise na existência de recursos exploráveis de água subterrânea e na vocação de uso sugerido pela ocupação atual e pelos demais recursos naturais de cada área.

SITUAÇÃO GEOGRÁFICA E FÍSICA DA REGIÃO

A região Metropolitana de Fortaleza possui 3.356km². Típico da Região nordestina é o revestimento florístico de seu solo: na zona praeira sobressaem os coqueirais, nos arredores das cidades de Maranguape e Pacatuba, onde se encontram terrenos sílico-argilosos encontra-se, predominantemente, vegetação arbustiva.

Influenciada pela brisa marinha, apresenta clima saudável, favorável às grandes concentrações humanas. A temperatura oscila entre 21,9 a 30, 60°C equacionando a média compreendida de 27°C. O período normal de chuvas inicia em janeiro e termina em Junho.

METODOLOGIA

Considerações gerais

Os recursos financeiros disponíveis para o presente trabalho impediram a realização de qualquer atividade de campo, determinando assim o aproveitamento apenas de dados existentes, do que resultou um trabalho inteiramente realizado em gabinete.

Em que pese as limitações impostas, julga-se que os dados existentes, adequadamente ordenados e interpretados, permitiram gamas de investigações específicas.

Dados utilizados

No desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados os seguintes elementos fornecidos pela AUMEF:

- a) Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na RMF - Fase I - Fatores Condicionantes: Recursos de Água Subterrânea na RMF, outubro de 1984.
O mapa hidrogeológico à escala 1:20.000 constante desse relatório serviu de base para a elaboração dos mapas subsequentes, tendo sido igualmente utilizadas as avaliações de disponibilidades e reservas de águas subterrâneas.
- b) Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na RMF - Fase II - Análise Prospectiva - Avaliação dos Recursos Hídricos Superficiais, setembro de 1985.
Desses relatórios foram utilizados os mapas de solo e suas respectivas legendas e descrições pedológicas.
- c) Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da RMF - Fase II - Análise Prospectiva - Balanço Hídrico, janeiro de 1986
Nesse trabalho foram determinadas a "oferta de água subterrânea" (OASUT) e a "disponibilidade de água subterrânea" (DASUT) para cada uma das unidades de balanço em que a RMF foi dividida, as quais foram aqui utilizadas.
- d) "Projeção da População" URBANA - RURAL - TOTAL por Distrito da RMF - 1.981/2.010", abril de 1984
Esse trabalho consta de uma análise de regressão para a população total de cada distrito e da escolha de uma função estimadora, através da qual foi projetada a população - para o período 1 981/2.010. Para a divisão da população total entre urbana e rural foram utilizados os percentuais urbano e rural de 1 980 e, a cada ano, foram retirados 5% da população rural, os quais foram acrescidos à população urbana.

Tipos de densidade da ocupação atual

A análise das cartas planialtimétricas da RMF, escala 1:20.000 mostra os seguintes tipos de ocupação:

- a) Áreas efetivamente urbanizadas e ocupadas;
- b) Áreas de loteamentos já implantados ou a serem implantados, as quais foram somadas às do item anterior para efeito de determinação da demanda projetada, considerando-se que as mesmas estarão efetivamente ocupadas no ano tomado como horizonte das projeções;
- c) Áreas de instalações portuárias, ferroviárias, rodoviárias, de parques e, enfim, todas as áreas que possam produzir demandas complementares típicas de uma cidade de grande porte, sendo tais demandas incluídas na demanda "per capita" adotada;
- d) Áreas rurais, periféricas, com baixo índice populacional;
- e) Áreas de relevo acidentado, praticamente sem ocupação humana;

- f) Áreas de dunas móveis parcialmente ocupadas no perímetro urbano de Fortaleza;
- g) Áreas de praia, de mangues, de salinas, de embocaduras de rios, situadas abaixo da cota de 5m, sujeitas a influência de marés;
- h) Áreas de domínio da rede viária interdistrital e intermunicipal, bem como de linhas de transmissão elétrica;
- i) Áreas inundadas por lagoas e açudes.

Determinação das demandas projetadas

Critério geral -- Para o abastecimento humano foram consideradas, de um lado, as populações concentradas em áreas urbanizadas, incluindo-se as demandas de serviços inerentes a tais agrupamentos, e de outro lado, as populações difusas em áreas rurais. Para o primeiro caso calculou-se uma "humana concentrada", abreviada pela sigla DEMHIC e para o segundo caso, estabeleceu-se uma "demanda humana difusa", abreviada pela sigla DEMHUDI

Para a determinação de demandas nas atividades produtivas específicas seria necessária a formulação de modelos de exploração envolvendo agricultura, pecuária e indústrias, sendo tais modelos incompatíveis com um regime de livre iniciativa. Assim sendo, considerou-se que a produção de alimentos, em regime de alta produtividade, visto que as áreas agricultáveis são naturalmente restritas numa região metropolitana, é prioritária, em especial quando se considera que a RMF dispõe de numerosa população marginal, de origem rural, que tende mesmo a aumentar cada vez que uma estiagem se abate sobre a região.

Uma alta produtividade numa área agricultável restrita geograficamente e pedologicamente, numa região que possui estação chuvosa e estação seca nitidamente definidas, só pode ser alcançada através de irrigação. tornou-se, então, a agricultura irrigada, uma atividade altamente consumidora de água, como parâmetro limite, calculando-se-lhe uma demanda em função da disponibilidade de solos irrigáveis. Tal demanda é inteiramente potencial, visto que praticamente nenhuma irrigação é praticada na RMF, e é abreviada pela sigla DEPOTIR.

Somando a demanda humana concentrada (DENHUC) à demanda humana difusa (DINHUC) e à demanda potencial de irrigação (DEPOTIR), ter-se-á algo muito semelhante à máxima demanda que se pode vir a ter em qualquer parte. Tal somatória de demandas projetadas e potenciais, quando comparado com a reserva explorável de água subterrânea aprevenida pela sigla (REEXSUB*) permitirá uma avaliação da capacidade de abastecimento de cada UB por água subterrânea, podendo-se restringir tal comparação a REEXSUB com (DEMHUC + DEMHDI), a REEXSUB com DEMHUC, a REEXSUB com DEMHUDI, a REEXSUB com DEPOTIR ou, ainda com qualquer demanda industrial que se pre-

* A reserva subterrânea explorável (REEXSUB) equivale ao termo oferta de "água subterrânea" (OASUT) usado no Balanço Hídrico da RMF.

tenda investigar. Como se verá, existem casos em que o valor de REEXSUB em muito excede o somatório de DEMHUC com DEMHUDI e com DEPOTIR, indicando que a área em análise poderá exportar água subterrânea ou que para ela poderão ser trazidas populações ou atividades industriais, pois um valor baixo de DEPOTIR significa um baixo potencial de solos irrigáveis.

Demanda humana concentrada (DEMHUC)* -- Esta demanda foi obtida através do produto entre a projeção de população para o ano 2010 e uma taxa de $0,25\text{m}^3/\text{hab}/\text{dia}$, a qual inclui a demanda de serviços. Assim:

$\text{DEMHUC} = (\text{população urbana projetada no ano 2010}) \times (0,25\text{m}^3/\text{hab}/\text{dia}) \times (365 \text{ dias})$, sendo o seu valor sempre expresso em milhões de metros cúbicos por ano.

Nos casos em que uma zona urbana ficou dividida entre duas ou mais UB's, a sua população projetada foi fracionada proporcionalmente às áreas compreendidas em cada UB envolvida.

Demanda humana difusa (DEMHUDI)** -- A demanda foi obtida pelo produto da população rural projetada para o ano 2010 pela taxa de $0,15\text{m}^3/\text{hab}/\text{dia}$, ou seja:

$\text{DEMHUDI} = (\text{população rural projetada no ano 2010}) \times (0,15\text{m}^3/\text{hab}/\text{dia}) \times (365 \text{ dias})$, sendo o seu valor sempre expresso em milhões de metros cúbicos por ano.

Sempre que a zona rural de um distrito ficou dividida entre duas ou mais UB's, sua população projetada foi fracionada proporcionalmente às áreas compreendidas em cada UB envolvida.

Demanda potencial de irrigação (DEPOTIR) -- Adotou-se aqui uma taxa de consumo de $15.000\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$, a qual é, obviamente, um valor estimado que poderá variar com o tipo de solo, com a cultura irrigada e com o método de aplicação da água. O produto da taxa adotada pela área irrigável estimada para cada UB forneceu a demanda. Deste modo:

$\text{DEPOTIR} = (\text{área irrigável estimada}) \times (1,5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{ano})$, sendo o seu valor sempre expresso em milhões de metros cúbicos por ano. Tendo em vista não se dispor de um mapeamento detalhado de solos e de um mapa de classe de terra para irrigação da RMF, utilizou-se o mapa de solos existentes, eliminando-se todas as áreas urbanizadas ou de loteamentos, todas as áreas cobertas por coleções de água (açudes e lagoas), todas as áreas abaixo da

* A reserva subterrânea explorável (REEXSUB) equivale ao termo oferta de "água subterrânea" (OASUT) usado no Balanço Hídrico da RMF

** Em algumas UB's o método de projeção da população resultou em população nula ou muito reduzida. Sempre que a população projetada foi inferior a 100 habitantes, decidiu-se por considerar que a população de 1985 permanecerá estável.

cota de 5m (por estarem sujeitas a influência das marés), todas as áreas com relevo mais movimentado que o suave ondulado e, de resto, todas as áreas inaptas para o cultivo, tais como as dunas móveis e as areias de praia. Por seu turno, as áreas de domínio da rede viária interdistrital e intermunicipal, de linhas de transmissão de energia ou de adução de água não foram sequer consideradas por representarem um percentual desprezível.

Aos diferentes tipos de solos ou de associações de solos foi atribuído um índice percentual de utilização, abaixo discriminado, de acordo com a legenda pedológica dos mapas:

| LEGENDA PEDOLÓGICA | ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO |
|---|----------------------|
| Tipo 1 - Assoc. Planossolos+Solantes Solodizados | 0,2 |
| Tipo 2 - Assoc. Litólicos+Planossolos+Solonetes Solodizados | 0,2 |
| Tipo 3 - Assoc. Planossolos+Litólicos+Solonetes Solodizados | 0,2 |
| Tipo 4 - Assoc. Podzólicos Vermelho Amarelo+Podzólico Vermelho Amarelo equiv. eutrófico | 0,7 |
| Tipo 5 - Assoc. Bruno Não Cálcico (raso)+Litólicos | 0,2 |
| Tipo 6 - Podzólico Vermelho Amarelo equiv. eutrófico prúbtico Plínthico | 0,7 |
| Tipo 7 - Podzólico Vermelho Amarelo equiv. eutrófico Text. Argilosa+Litólicos | 0,5 |
| Tipo 8 - Podzólico Vermelho Amarelo equiv. eutrófico Text. Argilosa+Litólicos (relevo ondulado forte) | 0,3 |
| Tipo 9 - Podzólico Vermelho Amarelo equiv. eutrófico | 0,7 |
| Tipo 10 - Podzólico Vermelho Amarelo equiv. eutrófico +Litólicos (relevo montanhoso) | 0,3 |
| Tipo 11 - Bruno Não Cálcico+Litólicos+Planossolos | 0,3 |
| Tipo 14 - Assoc. Bruno Não Cálcico+Planossolos+Podzólico Vermelho Amarelo equiv. eutrófico | 0,5 |
| Tipo 16 - Assoc. Litólicos+Afloramentos+Podzólico Vermelho Amarelo equiv. eutrófico | 0,2 |
| Tipo 17 - Podzólico Vermelho Amarelo equiv. eutrófico (prof. média a profunda) | 0,3 |
| Tipo 18 - Areais Quartzosas Distróficas | 0 |
| Tipo 19 - Areias Quartzosas Distróficas | 0 |
| Tipo 20 - Podzólico Vermelho Amarelo (profundo, tex. leve) | 0,7 |
| Tipo 21 - Areias Quartzosas Distróficas | 0 |
| Dunas | 0 |
| Dunas Fixas | 0,5 |
| Aluvião | 0,9 |
| Solonchak | 0 |

Vale salientar que a atribuição de um índice de aproveitamento em irrigação a um solo não impede que o mesmo seja completamente descartado devido ao relevo ou outras razões.

RESERVAS E DISPONIBILIDADES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

As reservas exploráveis de cada um dos aquíferos da RMF, aqui adotadas. Devido à adoção da UB como unidade de trabalho, faz-se necessário a repartição da reserva explorável de cada aquífero por cada uma das UB's por ele abrangidas, conforme critérios estabelecidos por ocasião da elaboração do Balanço Hídrico da RMF. Para a porção de cada aquífero incluído em cada UB foi, assim, calculada uma "reserva explorável subterrânea (REEXSUB), que aqui substitui o termo "oferta de água subterrânea (OASUT) usado no Balanço Hídrico.

A sigla DIAASUB abrevia a "disponibilidade atual de água subterrânea"*, que corresponde à vazão acumulada dos poços existentes em cada UB por um período diário de 8 horas durante 1 ano. Serve ela como medida da capacidade atual de abastecimento subterrâneo na UB considerado.

O valor de DIAASUB subtraído da REEXSUB fornecerá o valor da "reserva subterrânea intocada" (REEXIN), existindo em cada UB. O valor de REEXIN será positivo se ainda houver água subterrânea disponível para exploração, ou será negativo (-) no caso de já estar havendo super-exploração da reserva explorável (REEXSUB).

MAPA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Sobre a base planialtimétrica existente, à escala 1:20.000, foram lançados os limites de todas as unidades geológicas. Foram ainda lançados sobre a base cartográfica os limites de todas as UB's, daí resultando um mapa que mostra, para cada UB, sua constituição geológica e os solos nela existentes, além do tipo de ocupação atual.

Dentro dos limites de cada UB foram lançados os valores calculados de DEMHUC, DEMHUDI, DEPOTIR, REESUB, DIAASUB e REEXIN. A análise desses mapas, para cada UB individualmente, permitiu uma indicação de sua vocação principal e de alternativas, bem como possibilidades de exportação de água subterrânea ou de necessidades de utilização de água superficial existente da UB ou que para ela deve ser aduzida. Vale aqui salientar que águas superficiais são consideradas em outro segmento do planejamento de recursos hídricos da RMF.

ANÁLISE DE POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO

Com base nas informações sintetizadas nos mapas, foi realizada uma análise de cada UB, visando o aproveitamento de seus recursos hídricos subterrâneos em função do seu potencial de solos ou, na ausência destes, de alternativas que possam ser antevistas ao nível do presente trabalho.

* Esta disponibilidade atual de água subterrânea corresponde ao parâmetro DASUT do Balanço Hídrico da RMF.

Enfatiza-se aqui o fato de que em nenhum momento se pretendeu esgotar o assunto, que é obviamente multidisciplinar, tendo-se mesmo abstraído o potencial hídrico superficial. Pretendeu-se, tão somente, uma racionalização das perspectivas de uso de águas subterrâneas, o que não poderia ter sido feito sem incursões especulativas no terreno das destinações que se possam dar nos demais recursos naturais.

A análise individual das UB's obedeceu à seguinte ordenação:

- Quadro sinóptico das reservas, disponibilidades e demandas
- Caracterização geral da UB
- Relevo e Solos
- Recursos de água subterrânea e demandas
- Considerações sobre possíveis vocações
- Recomendações quanto à exploração de águas subterrâneas

A partir das análises das potencialidades de todas as UB's procurou-se se definir as análises razoavelmente homogêneas, ou pelo menos grupos de UB's com características semelhantes, para as quais se possa dar um tratamento adequado com respeito ao aproveitamento das águas subterrâneas.

REFERÊNCIAS

- BELTRÃO, Antonio E. - Abastecimento de água na área metropolitana da cidade de Fortaleza-Ce. Recife, SUDENE - Div. Documentação, 1973.
- BELTRÃO, Antônio Esberar de A. - Inventário hidrogeológico do Nordeste: Folha nº 6, Fortaleza-Ce. Recife, SUDENE - Div. de Documentação, 1970.
- BRAGA, Antônio de Pádua G., et alii - Projeto Fortaleza; Relatório Final. Recife, CPRM/DNPM, 1977, v. 1.
- BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL: Folha SA.24 Fortaleza, Rio de Janeiro, 1981.
- CAGECE/PLANAT - Pesquisa e aproveitamento de água subterrânea para abastecimento urbano nas dunas costeiras do Ceará. Fortaleza, 1982.
- CAGECE - "Sondagens nas dunas de Fortaleza", 1982.
- CASTAMY, G. - Prospeccion y exploracion de las aguas subterráneas. Barcelona, 738p. - Barcelona, 1979.
- CAVALCANTE, Fernanda O. & SILVA Jr., Lúcio S. - Cadastro de poços tubulares profundos na Região Metropolitana de Fortaleza - 1971-1982. Relatório de Graduação em Geologia. Fortaleza, UNIFOR, 1982.
- GUSTÓDIO, B., LLAMAS, M.R. - 1976, Hidrologia subterrânea. Ediciones Omega, Barcelona, v. 1., 1157p.

- MEDEIROS, Rodi Ávila, et alii - Facies sedimentares. Rio de Janeiro, PETROBRÁS - Divisão de Documentação Técnica e Patentes, 1971.
- MORAIS, João Bosco A. & SILVA, Paulo Eduardo L. da - Prospecção e exploração da água subterrânea à beira-mar: proposta técnica. Inédita. Fortaleza, 15p., 1982.
- MORAIS, João Bosco A., COELHO, J.M.; ROBERTO, F.A.C. - Hidrogeologia e controle tecnológico nas perfurações de poços tubulares no município de Fortaleza-CE, 4º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Fortaleza, volume 1 - páginas 225 a 237. Fortaleza.

ABSTRACT

This is one more step towards a plan of exploitation of round water resources of the Fortaleza Metropolitan Area starting exclusively from existing data, parameters referring to exploitable reserve, present disponibilities and demand projected to the year of 2.010 were calculated. These parameters were used in the formulation of alternatives of supply by groundwater.