

Napoleão Quesado Júnior¹ & Itabaraci Nazareno Cavalcante²

Resumo - O município de Fortaleza é representado hidrogeologicamente pelas Dunas/paleodunas, aluviões, Barreiras e embasamento cristalino, sendo o primeiro o que constitui o melhor sistema aquífero, com águas de boa qualidade físico-química e bacteriológica e vazão média de 6 m³/h.

Associado a uma caracterização dos parâmetros hidrogeológicos, no decorrer do trabalho são discutidos aspectos pertinentes a cálculo de reservas/disponibilidades, importância para o abastecimento humano e nível de vulnerabilidade natural, com o sistema Dunas/paleodunas possuindo uma alta vulnerabilidade.

Palavras-chave – Aquíferos, Fortaleza

INTRODUÇÃO

O impacto da urbanização, reflexo do crescimento acelerado das áreas metropolitanas, é crítico e será um problema ainda maior se o homem não tomar consciência de que sem o acompanhamento de infra-estrutura necessária, com certeza existirá um declínio na qualidade de vida das.

A água subterrânea é um bem mineral estratégico e esgotável, assumindo um importante papel no abastecimento de água para as populações. Sendo detentora de várias vantagens sobre as águas superficiais, a exemplo de melhor qualidade e menor custo, esse recurso hídrico subterrâneo vem sendo explorado em profusão desde as últimas décadas e, inúmeras vezes, sem a aplicação do uso racional.

A preocupação maior é com os aquíferos que estão submetidos a explorações desordenadas e sem critérios técnicos e, quando de períodos de escassez de água, há

¹ Mestrando em Hidrogeologia DEGEO/UFC.(85)288.9869 Fax(85) 224.3354, e-mail:midas@fortalnet.com.br

um crescente aumento no número de construções de poços sem observação de normas técnicas, o que acaba por comprometer a obra de captação e até mesmo as condições naturais do aquífero.

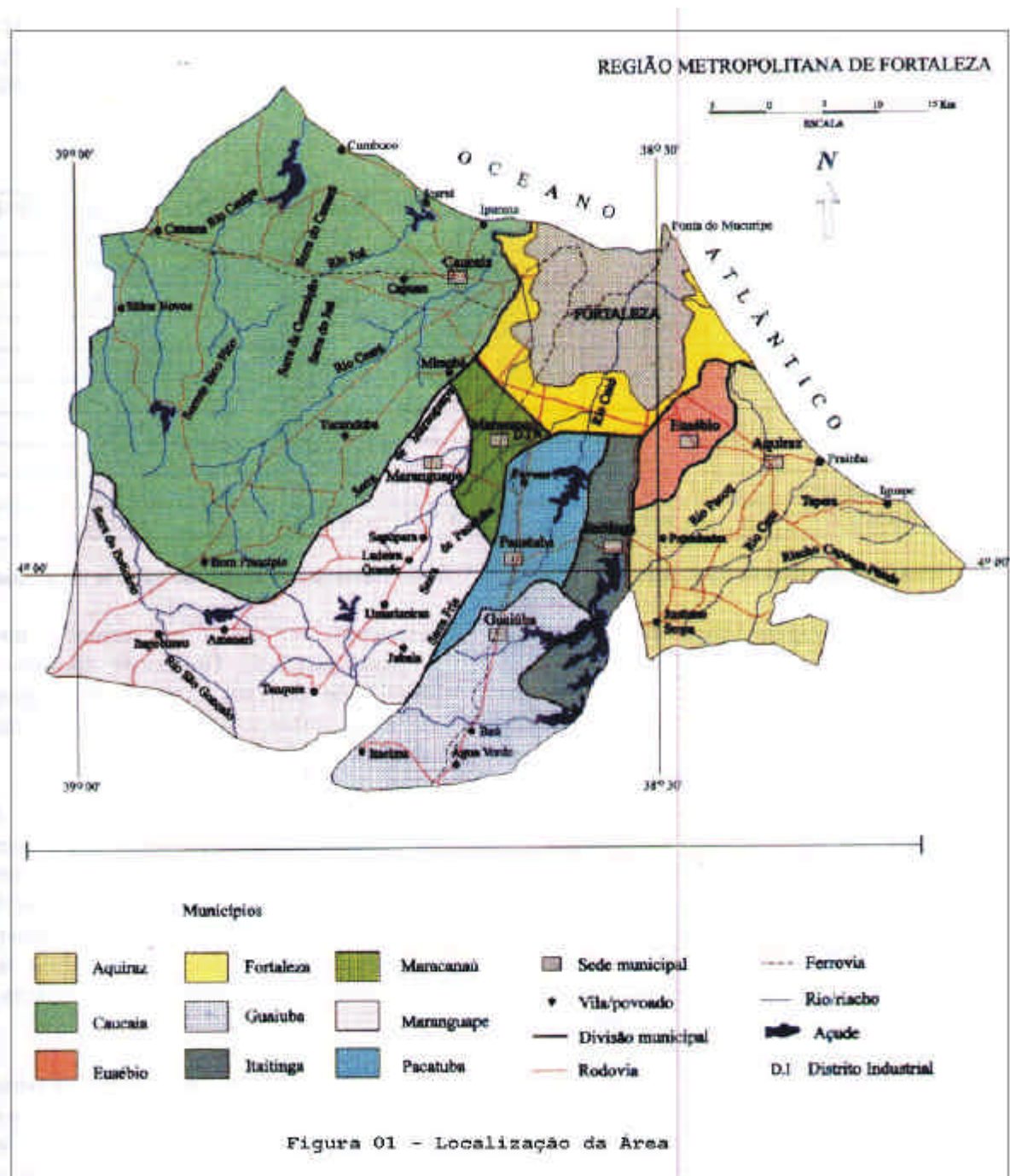
Segundo a Fundação Instituto de Planejamento do Ceará – IPLANCE (1997), a população municipal de Fortaleza ultrapassa a casa de 2.000.000 de habitantes, oscilando atualmente em torno de 2.600.000. Segundo dados da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE e Fundação Nacional de Saúde - FNS (In IPLANCE, 1997) até o ano de 1997 foi atendido pela rede de abastecimento de água 1.899.204 habitantes (94%), através de 3.526.532 metros de rede de distribuição, produzindo um volume de água em torno de 138.166.656 m³. Neste mesmo ano, a população atendida com rede de esgotamento sanitário era de 665.268 habitantes (33%).

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área em estudo é o município de Fortaleza, situado na porção nordeste do Estado do Ceará, Brasil, limitando-se ao norte com o oceano Atlântico; ao sul pelos municípios de Maracanaú, Pacatuba e Itaitinga; a oeste com o município de Caucaia e a leste com o município de Eusébio (Figura 01).

O município de Fortaleza possui uma área de 332 km², encontra-se numa região plana com altitude de 26 metros, ocorrendo elevações somente no âmbito das dunas que bordejam a costa, estando incluso na Folha Fortaleza AS-24Z-C-IV-SUDENE, escala 1:100.000. Está situado entre as coordenadas geográficas 03°41'42" e 03°53'11" latitude sul e 38°24'40" a 38°39'15" longitude oeste de Greenwich.

² Professor Adjunto, Dr., DEGEO/UFC. Campus Universitário do Pici, Blocos 912/913 Fortaleza – Ceará, Brasil Fone(85)288.9867, Fax (85)495.8663, e-mail: ita@fortanet.com.br



CONTEXTO GEOAMBIENTAL

O clima da área de estudo é razoavelmente homogêneo, com pequenas variações ligadas diretamente ao regime pluviométrico. Segundo dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992), Fortaleza está inserida numa área onde o índice pluviométrico médio anual situa-se entre 1.200 a 1.400 mm e é caracterizado por dois períodos distintos, um de grande intensidade chuvosa - janeiro a julho, e, outro escasso - agosto a dezembro. A temperatura é suavizada por ser uma região litorânea, com valor

médio anual da ordem de 26 a 27°C e máximo, situando-se com maior frequência, entre 31 e 32°C.

Segundo Moreira & Gatto (1981) a geomorfologia local é constituída, basicamente, pela Planície Litorânea e Glacis Pré-litorâneos, cujos limites sofrem influência da homogeneidade das formas de relevo, altimetria, estrutura geológica e das características do solo e vegetação.

A planície litorânea caracteriza-se por altitudes inferiores a 200 metros, compreendendo os campos dunares (Praia do Futuro/Cidade 2.000 e Barra do Ceará), praias (em toda a orla costeira do município) e as planícies flúvio-marinhas (associadas aos estuários dos rios Cocó, Ceará e Pacoti/Lagoa do Precabura). As dunas são representadas por cordões quase contínuos paralelos à linha de costa, sendo, em alguns locais, interrompidos por cursos d'água, planícies fluviais, flúvio-marinhas e pela Formação Barreiras (promontório da ponta do Mucuripe).

Os Glacis pré-litorâneos são formados por sedimentos pré-litorâneos da Formação Barreiras e distribuem-se como uma faixa de largura variável que acompanha a linha da costa. Na área de trabalho têm-se as planícies fluviais dos rios Ceará, Cocó e uma planície fluvial situada no limite leste do município, no lugar denominado de Lagoa Redonda (Precabura) e os tabuleiros pré-litorâneos.

Os principais cursos d'água no município de Fortaleza são: Cocó, Ceará, Maranguapinho, Pacoti e Coassu.

O rio Cocó corta todo o município, sendo o principal recurso superficial. Nasce na vertente oriental da serra da Pacatuba, no município homônimo. Tem direção norte-sul mudando para este-sudoeste abruptamente, indo desaguar no oceano Atlântico. Seu curso total é de 50 km, destes, 24 km somente no município de Fortaleza.

As principais lagoas existentes na área de trabalho são: Precabura, Sapiranga, Messejana, Parangaba e Mondubim.

A lagoa da Precabura é a maior de todas. Encontra-se na bacia hidrográfica do rio Coassu, tendo uma extensão aproximada de 4 km, largura de 750 metros, e serve de limite em toda sua extensão entre os municípios de Fortaleza e Eusébio.

Na área em estudo concentram-se quatro bacias hidrográficas, sendo elas: Cocó, Ceará, Maranguapinho e Pacoti. Essas bacias não apresentam um grande potencial hídrico, porém, em épocas de seca assumem um papel de relevância para o abastecimento da população que não é assistida totalmente pela rede de abastecimento pública.

A tabela 01 mostra a área total das bacias e as áreas inseridas no município de Fortaleza, rio principal e a disponibilidade do potencial hídrico superficial, conforme dados do Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana de Fortaleza – Fase I (AUMEF, 1984) e do Projeto Fortaleza (CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 1985).

Tabela 01 – Bacias Hidrográficas e Potenciais Hídricos

<i>Bacia Rio</i>	<i>Área total (km²)</i>	<i>Área Parcial Fortaleza (km²)</i>	<i>Potencial Hídrico ((m³/ano) x 10⁶)</i>
Ceará	568,63	84	154,92
Cocó	443,96	210	127,68
Pacoti	717,06	4	200,50
Maranguapinho	235,05	-	56,90

Fonte: AUMEF, 19884; CPRM, 11985

CONTEXTO GEOLÓGICO

O município de Fortaleza situa-se no contexto geológico geotectônico da Faixa de Dobramentos Jaguaribiana (Brito Neves, 1975, In PDMRMF, 1998). Diversos autores relatam diferenças na origem e evolução dessa faixa de dobramentos, alguns autores atribuem idade proterozóica inferior e, outros a relacionam ao Ciclo Brasileiro e, finalmente, existe uma proposta que admite a ocorrência de seqüências eo-proterozóica deformadas no Ciclo Brasileiro.

As unidades litoestratigráficas que ocupam a área de pesquisa são Complexo Gnaíssico-Migmatítico, Cobertura Cenozóica : Formação Barreiras, Coberturas colúvio-eluviais, paleodunas, dunas recentes e depósitos flúvio-aluvionares e de mangues.

➤ **Complexo Gnaíssico-Migmatítico**

A unidade engloba uma seqüência para-derivada, constituída por biotita-gnaíse, total ou parcialmente migmatizados com muscovita anfibólio, silimanita e granada. Intercalações de corpos de migmatitos e lentes de quartzitos (Brandão, 1995). Essas

rochas constituem encaixantes para *sheets* de leuco-ortognaísse, pegmatóides e augen-ortognaísse.

No geral, a maior parte dos constituintes dessa unidade mostra-se bastante foliada, onde integra-se processos metamórficos e deformacionais, produzindo zonas de cisalhamento estreita e alongada. Essa unidade não aflora na área de Fortaleza, sendo observada no canal que interliga os açudes Riachão-Pacoti-Gavião (abastecem Fortaleza), em municípios limítrofes.

➤ **Rochas Vulcânicas Alcalinas**

Essa unidade é representada por fonólitos, traquitos e tufos que sobressaem na topografia como áreas elevadas, assumindo forma de *necks* com aspectos circulares e elipsoidais. Foram identificados duas unidades petrográficas: Serrote Cararu (limite leste municipal, foz do Rio Pacoti) e Serrote Ancuri, na localidade homônima, limite sul.

➤ **Coberturas Cenozóicas**

Sobre esta denominação estão agrupadas as seguintes unidades litológicas: coberturas colúvio-eluvionares, Formação Barreiras, depósitos flúvio-aluvionares e de mangues, paleodunas e dunas.

➤ **Coberturas Colúvio-eluvionares**

São depósitos detríticos semi-consolidados a incoerentes, argilosos, com seixos de clásticos, de cores avermelha e alaranjada, que recobrem parte das unidades mais antigas. Possuem matriz caulínica, com cimento argiloso ou ferruginoso. Constituem-se de grãos de quartzo, feldspato, micas e opacos alterados. Essas coberturas caracterizam a porção superior de formas de relevo rebaixadas, constituindo tabuleiros aplainados.

➤ **Formação Barreiras**

São arenitos argilosos, de tons avermelhados, creme ou amarelados, com níveis conglomeráticos e concreções lateríticas. Exibe matriz argilosa caulínica, com cimento argiloso ou silicoso, desenvolvendo horizontes mosqueado. Os constituintes do Barreiras são interpretados como pertencentes à fácies de leques aluviais e sistemas fluviais, depositados por processos gravitacionais e de tração, condicionados a um regime de fluxo de alta energia, em ambiente continental. A espessura é bastante variada oscilando de poucos a até 60 metros, observando-se um afinamento em direção à costa.

➤ **Depósitos Flúvio-aluvionares e de Mangues**

São depósitos alongados e sinuosos que preenchem as calhas e planícies dos cursos fluviais, lacustrinos ou estuarinos recentes e compõem-se de areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica. Apresentam-se semiconsolidados, mal selecionados e com matriz areno-argilosa. Os mangues estão associados a materiais pelíticos e de matéria orgânica, quase sempre alagados na preamar.

➤ **Paleodunas**

Trata-se de sedimentos costeiros eólicos mais antigos do que as dunas móveis, posicionados sempre em linha com a costa, e encontram-se repousando em discordância sobre os sedimentos da Formação Barreiras. Constituem-se predominantemente de areia de granulometria fina a média, quartzosa ou quartzo-feldspática, de coloração amarelada, alaranjada ou acinzentada, com grãos variando de sub-esféricos a esféricos, bem selecionados. Geralmente, estão fixos por vegetação (sedimentos edafizados).

➤ **Dunas**

Compreendem sedimentos inconsolidados que formam um cordão litorâneo com 2 a 3 km de largura e, no máximo, 30 metros de altura, dispostos paralelamente a linha de costa. As dunas são constituídas por areias quartzosas, de coloração amarelada a esbranquiçada, granulometria fina a média, com grãos bem selecionados, foscos, que variam de arredondados a sub-arredondados. Pode-se observar grãos de afrisita, zircão, monazita e ilmenita. As dunas móveis (sem a vegetação fixadora) podem ocasionar, pelo retrabalhamento do fluxo de sedimentos, um assoreamento de pequenos canais fluviais e/ou impedirem que alguns cursos d'água alcancem o oceano, favorecendo o aparecimento de lagoas interdunares, alterando a configuração da costa.

HIDROGEOLOGIA

O contexto hidrogeológico é constituído por duas unidades que diferem amplamente quanto a vocação aquífera, armazenar e ceder água, e que são associadas as características geológicas da região e, especialmente, aos litotipos dominantes. Portanto distingui-se o aquífero sedimentar, coligido neste trabalho como Dunas/paleodunas, Aluviões e Formação Barreiras e “aquífero” cristalino que engloba litotipos ígneos e metamórficos.

➤ Dunas/paleodunas

Por possuírem parâmetros hidrodinâmicos semelhantes, esses aquíferos são intrínsecos a um mesmo sistema hidrogeológico e, portanto, são tratados neste trabalho como constituindo um único sistema. É constituído por areias pouco consolidadas, homogêneas com diâmetro efetivo variando de 0,15 a 0,25 mm e espessura entre 15 e 25 metros.

Este sistema tem características de um aquífero livre e funciona como aquífero principal e de transferência, podendo induzir o potencial hídrico para aquíferos sotopostos, Barreiras e aluviões. Litologicamente são caracterizadas por lentes silto-argilo-arenosas (paleodunas) e arenosas (dunas), possuindo composição mineralógica quartzo-feldspática e alguns minerais pesados, como ilmenita, magnetita e hematita.

A alimentação deste aquífero se dá por infiltração pluvial direta, e como principais exutórios se tem o oceano Atlântico, os rios Cocó, Pacoti, Ceará e Maranguapinho, reservatórios superficiais, evapotranspiração e a captação através de poços tubulares.

Campos & Menezes (1982) estudaram os campos de dunas da praia da Abreulândia e Cocó, trabalhando com a bateria de poços da CAGECE e obtiveram, através de testes de aquífero e produção, valores médios de transmissividade (T), condutividade hidráulica (K) e vazão (Q) (Tabela 02).

Tabela 02 – Valores médios dos parâmetros hidrodinâmicos para o sistema aquífero Dunas/Paleodunas em Fortaleza - Ceará

<i>Local</i>	<i>T (m²/s)</i>	<i>K (m/s)</i>	<i>Q (m³/h)</i>
Abreulândia	3,15 x 10 ⁻³	7,00 x10 ⁻⁴	6,40
Cocó	1,94 x 10 ⁻³	2,00 x10 ⁻⁴	6,00

Fonte: Campos & Menezes (1982)

Analisando relatórios de poços tubulares rasos que captam água deste sistema aquífero, conclui-se que, no geral, a espessura saturada é da ordem a 4 a 8 metros, nível estático oscilando de 3 a 6 metros, diâmetro da perfuração de 8 a 10", diâmetro do revestimento de 4 a 6", profundidade entre 8 e 20 metros e vazão variando entre 3 a 15 m³/hora.

Face aos valores elevados de condutividade hidráulica, transmissividade e porosidade efetiva, associado a um nível estático subflorante, o sistema Dunas/paleodunas é extremamente susceptível a poluição, associado a uma alta

vulnerabilidade aos impactos negativos ocasionado pelo uso e ocupação incorretos do meio físico.

Não obstante, Cavalcante (1998) e Cavalcante et al (1990) relatam que o sistema Dunas/paleodunas se constitui no melhor aquífero do município, sendo sua água, de modo geral, cloretada sódica e com boa potabilidade.

➤ **Aluviões**

São originadas a partir de sedimentação fluvial recente, com manchas espalhadas ao longo das calhas dos rios. São sedimentos de granulometria muito fina, geralmente apresentando níveis argilosos e orgânicos oriundos da ação erosiva das rochas sedimentares ou do material constituinte dos mangues. Tal aquífero não é comumente captado pela população, normalmente em função da qualidade das águas, a exceção de moradores ribeirinhos que se abastecem através de cacimbas de pequenas profundidades.

A recarga provém das águas de chuva e dos rios com caráter influente. Como exutórios cita-se a evapotranspiração.

Apesar da falta de dados hidrodinâmicos dos poços existentes nesse contexto, se observa que a espessura desse aquífero alcança no máximo 10,0 metros, com nível estático quase sempre inferior a 2,0 metros.

A qualidade físico-química da água desse aquífero é questionável e, próximo a salinas adquire um caráter salino. Cuidados maiores devem ser tomados com relação a contaminação bacteriológica, sobretudo, aquela derivada de esgotos domésticos provenientes do Distrito Industrial de Maracanaú e de esgotos domésticos que utilizam os rios como canal de despejo.

➤ **Formação Barreiras**

Corresponde a uma cobertura de sedimentos de idade Tércio-quadernária, com espessura média de 40 a 60 metros, sotoposta algumas vezes as dunas e sobreposta ao embasamento cristalino. Litologicamente é constituída por expressiva variação faciológica horizontal e vertical, onde predomina arenitos finos, silto-argilosos com intercalações areníticas e conglomerados na parte basal.

No contexto regional sua vocação hidrogeológica não parece muito promissora, funcionando como um aquitardo, possui baixa porosidade e uma condutividade hidráulica de $1,85 \times 10^{-3}$ m/s, com pequena transmissividade (Bianchi et al, 1984). Localmente, os

poços podem produzir vazões de até 5,0 m³/h, com vazão média de 2,0 m³/h. Nos bairros de Pirambú e Álvaro Weyne há poços com vazões de até 17 m³/h.

A alimentação se faz por infiltração pluvial direta, pelas aluviões dos rios e riachos em épocas chuvosas e pela infiltração vertical das dunas. Como exutórios destacam-se a evapotranspiração intensa, as aluviões dos rios e riachos em épocas de estiagem, as lagoas existentes e a exploração através de poços tubulares.

Algumas características hidrodinâmicas e construtivas de poços nesse contexto podem ser observadas : espessura saturada da ordem de 15 a 20 metros, nível estático variando entre 6 e 15 metros, diâmetro da perfuração de 8 a 12", diâmetro de revestimento de 4 a 6" e vazão predominantemente oscilando entre 1,0 e 3,0 m³/hora.

A caracterização físico-química da água subterrânea é normalmente de boa qualidade, podendo ser utilizada para consumo humano.

➤ **Meio Cristalino**

Corresponde litologicamente a rochas graníticas, gnáissicas e migmatíticas, onde a porosidade primária é praticamente inexistente (normalmente inferior a 1%), acarretando assim, uma condutividade hidráulica muito baixa (10⁻⁵ m/s). A ocorrência de água nesse meio é inerente exclusivamente à existência de fraturas abertas, interconectadas e associadas a uma zona de recarga.

A alimentação é realizada por infiltração pluviométrica direta, ou indireta através dos aquíferos sobrepostos, pelos rios e pelo manto de intemperismo. O principal exutório é o escoamento superficial e a evapotranspiração.

Em termos da qualidade físico-química da água observa-se concentrações elevadas de cloreto de sódio, acima do padrão recomendado (250 mg/L), alcançando, algumas vezes, a ordem de 3.000 a 4.000 mg/L.

As características dos poços perfurados nesse contexto são: diâmetro de perfuração entre 8 e 10", diâmetro do revestimento entre 4 e 6", profundidade variando de 40 a 80 metros e vazão oscilando de 1 a 20 m³/h, com vazão média de 2 m³/h, com nível estático entre 2 e 15 metros.

RESERVAS/RECURSOS

Os cálculos das reservas das águas subterrâneas da área estudada baseia-se nas características dimensionais do meio, pluviometria, litotipo e nos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferas.

O cálculo de reservas de água subterrânea no meio cristalino carece de dados de detalhe difíceis de serem obtidos em estudos regionais, já que este meio comporta-se como heterogêneo e anisotrópico, com o volume de água armazenado associado fundamentalmente a existência de fraturas com água.

Os cálculos de reservas de água subterrânea do aquífero sedimentar (Dunas/paleodunas) foram efetuados pelo método volumétrico, baseado na flutuação dos níveis de água dos aquíferos livres. Não se realizou cálculos de reservas para as aluviões por estarem comprometidas com níveis acentuados de poluição e para o Barreiras pela grande variação de fácies e escassez de dados sobre espessura saturada e porosidade efetiva.

Os volumes hídricos armazenados nos sistemas aquíferos representam as reservas e podem ser avaliadas segundo o ponto de vista natural ou utilitário (Rebouças, 1997).

➤ **Reserva Renovável (Rr)**

Esta representa o volume de água que participa efetivamente do ciclo hidrológico em uma escala de tempo anual ou sazonal. Quando este potencial não é aproveitado por obras de captação, é reintegrado ao ciclo hidrológico ou se constitui como fluxo de base dos rios (Cavalcante, 1990, 1998).

As reservas renováveis podem ser calculadas pela seguinte expressão matemática :

$$\mathbf{Rr = A \cdot \Delta h \cdot \eta e}$$

Onde :

Rr - reserva renovável (L³/T)

A - área de ocorrência do aquífero (L²)

Δh - variação do nível de água (L)

ηe - porosidade efetiva (adimensional)

➤ **Aquífero Dunas**

Considerando-se uma área de 29 km² para as dunas e uma precipitação pluviométrica média de 1.300 mm/ano na área litorânea, o volume precipitado é de 37,6 milhões de m³/ano.

Adotando-se para um valor médio da variação do nível d'água (Δh) nas dunas como sendo de 1,5 metros (Cavalcante, op. cit.) e o valor da porosidade efetiva de 15 % (baseado em trabalhos nas baterias de poços do Futuro e Abreulândia), o aquífero Dunas possui reservas renováveis de 6,5 milhões de m³/ano.

➤ **Aquífero Paleodunas**

Considerando-se uma precipitação pluviométrica média de 1.300 mm/ano na área litorânea, o volume precipitado sobre as paleodunas (47,78 km²) é de 10,7 milhões de m³/ano.

Adotando-se para os cálculos os valores assumidos para as dunas, o aquífero paleodunas possui reservas renováveis de 10,7 milhões de m³/ano.

➤ **Reserva Permanente (Rp)**

Elas representam um volume de água subterrânea que participa do ciclo hidrológico numa escala de tempo plurianual, centenária ou milenar, ou seja, representam um volume armazenado abaixo da zona de flutuação do nível estático (Cavalcante, op. cit.).

As reservas permanentes foram calculadas pelo método volumétrico através da seguinte fórmula :

$$R_p = A \cdot b \cdot \eta_e$$

Onde :

R_p - reserva permanente (L³)

A - área de ocorrência do aquífero (L²)

b - espessura média saturada (L)

η_e - porosidade efetiva (adimensional)

➤ **Aquífero Dunas**

Em função da área de abrangência das dunas de Fortaleza ser de 29 km², espessura média saturada de 6,4 metros e porosidade efetiva de 15 %, a reserva permanente obtida para este sistema é de 27,7 milhões de m³.

➤ **Aqüífero Paleodunas**

A área de abrangência ocupada por este sistema é de 47,8 km² e admitindo-se uma espessura média saturada e porosidade efetiva similar as das dunas, as reservas permanentes são de 45,8 milhões de m³.

➤ **Reserva Total (Rt)**

A reserva total é obtida pela somatória da reserva renovável e permanente. Por conseguinte, a reserva total para as dunas e paleodunas é 34,2 e 56,5 milhões de m³, respectivamente.

➤ **Disponibilidade Potencial**

É o volume total de água explorado da reserva renovável, sem o comprometimento da reserva permanente.

Para o sistema Dunas/ paleodunas a disponibilidade potencial está condicionada a dois parâmetros :

- I. Características de vulnerabilidade do meio. Para áreas com distâncias inferior a 1 km a partir da linha da costa, a disponibilidade do potencial deve ser considerada como sendo a reserva renovável, para as dunas (6,5 milhões de m³/ano) e para as paleodunas (10,7 milhões de m³/ano). Considerando que não se deva ter influência da intrusão da cunha salina a uma distância de até 500 metros a contar da linha de costa.
- II. Para as distâncias superiores a 1 km a partir da linha de costa, deve se considerar a reserva renovável mais uma parcela da reserva permanente. Esta parcela deve ser calculada em função das variáveis de decisões impostas pelas características aquíferas, condições político-sócioeconômicas, renovabilidades das águas e planejamento integrado. Na prática, esta parcela corresponde a 1/3 das reservas totais. Considerando-se que as dunas e paleodunas estão de acordo com o

parâmetro anterior (até 1 km de distância) não foi efetuado nenhum cálculo pertinente a este segundo parâmetro.

CONCLUSÕES

Do exposto no decorrer do trabalho, algumas conclusões podem ser expressas, sendo:

- O sistema aquífero Dunas/paleodunas é o melhor do município de Fortaleza e suas águas são cloretadas sódicas e de boa potabilidade, possuindo reservas renováveis de 17,2 milhões de m³/ano, e reservas permanentes de 73,5 milhões de m³;
- As águas subterrâneas das aluviões não são exploradas em função do risco potencial de poluição antrópica, visível pelos despejos de efluentes domésticos e industriais para a rede de drenagem;
- As águas do meio cristalino são, no geral, cloretadas sódicas, com potabilidade regional passável.
- O sistema Dunas/paleodunas representa um meio de alta vulnerabilidade natural, dependendo, portanto, de um rigoroso controle de uso e ocupação do meio físico para minimizar o impacto nas águas subterrâneas.
- As águas subterrâneas de Fortaleza são utilizadas, de forma prioritária ou estratégica, por 40 a 60% da população, para fins diversos.

BIBLIOGRAFIA

- BIANCHI, L.; PADILHA, M.W.M.; TEIXEIRA, J.E.M. – 1984 – Recursos de água subterrânea na R.M.F. Fatores condicionantes. *In* : Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da R.M.F. – Fase I. Fortaleza. SEPLAN – AUMEF, v. 1, 139 p.
- CAMPOS, L.A.S. & MENEZES, M.A.S. – 1982 – Pesquisa e aproveitamento de água subterrânea para abastecimento urbano nas dunas costeiras do Ceará. II Congresso Bras. de Águas Subterrâneas. ABAS. ANAIS. Salvador – BA. P.29-42.
- CAVALCANTE, I.N.; ARAÚJO, A. L. et al. –1990 – Qualidade das águas subterrâneas de Fortaleza - CE. Revista de Geologia da UFC, Fortaleza – CE. v.3 p. 89-97.

- CAVALCANTE, I.N. – 1998 – Fundamentos para o uso integrado dos recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. Tese de Doutorado. Inédita. IG/USP. São Paulo – SP.160p.
- CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos – 1992 – Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Fortaleza – Ce, 4 v.
- DUARTE, C.W. – 1996 – Estudo de disponibilidade hídrica da lagoa do Bonfim no município de Nísia Floresta – RN. SERHID/COSTA Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda. Nata I- RN 83 p.
- IPLANCE. Secretaria do Planejamento e Coordenação. Fundação Instituto do Planejamento do Ceará – 1997 - Perfil Básico Municipal. Cd room. Fortaleza – CE.
- MOREIRA, M.M.M. & GATTO, L.C.S. – 1981 – Geomorfologia. *In* : Ministério das Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM – Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza – CE,. 105 p.
- REBOUÇAS, A.C. – 1997 – Gestão dos Recursos Hídricos. Curso Técnico. SBG. Fortaleza – CE. Notas de aula. 20 p.
- ROMÃO, R. CABRAL – 1998 – Plano Diretor para Mineração para Região Metropolitana de Fortaleza/ ministério das Minas e Energia; Secretaria de Minas e Metalurgia; Departamento Nacional de Produção Mineral – Brasília : DNPM, 1998. 192 p.