

SISTEMA AQÜÍFERO DA ILHA DO MARANHÃO (MA) * (AQUIFER SYSTEM OF THE MARANHÃO ISLAND, MARANHÃO, BRAZIL)

Sergio Barreto de Sousa¹

Resumo - O sistema aquífero da Ilha do Maranhão situa-se na bacia cratônica de São Luís, ao norte do Brasil, entre os paralelos 02°27'11" e 02°45'02"S e longitudes 44°11'11" e 44°22'37"W.

Esse sistema hidrogeológico, constituído por depósitos sedimentares inconsolidados das formações Barreiras (Terciário) e Itapecuru (Cretáceo), cobre 907 km² e abriga dois aquíferos (um livre e outro confinado) susceptíveis de serem captados.

O manancial tem uma vazão de exploração da ordem de 1,14x10⁸ m³/ano utilizada, complementarmente ao sistema produtor ITALUÍS, como fonte de abastecimento de água da população da Ilha estimada em um milhão de habitantes para o ano 2.000. A potencialidade estimada em 2,1x10⁸ m³/ano tem condições de atender apenas 75% da demanda prevista.

Suas águas prestam-se para todos os fins, sendo a qualidade química o fator limitante.

Problemas de salinização a partir das bordas (setor noroeste) e riscos de contaminação, em áreas urbanizadas, são os principais fatores limitantes para a utilização das águas do manancial.

Tendo em vista que as águas subterrâneas são muito vulneráveis à poluição, observou-se que a aplicação de conhecimentos e medidas de proteção, são fatores importantes para o desenvolvimento dos recursos hídricos da Ilha do Maranhão.

Palavras-chave - Sistema aquífero; Medidas de proteção; Ilha do Maranhão-MA.²

¹ Professor do 3º grau do Centro Federal de Educação Tecnológica do Maranhão, Rua Ipanema, 1, Ed. Luggano Bloco 1 apto. 202 – São Francisco, São Luís, MA – Fax: 98 2189019

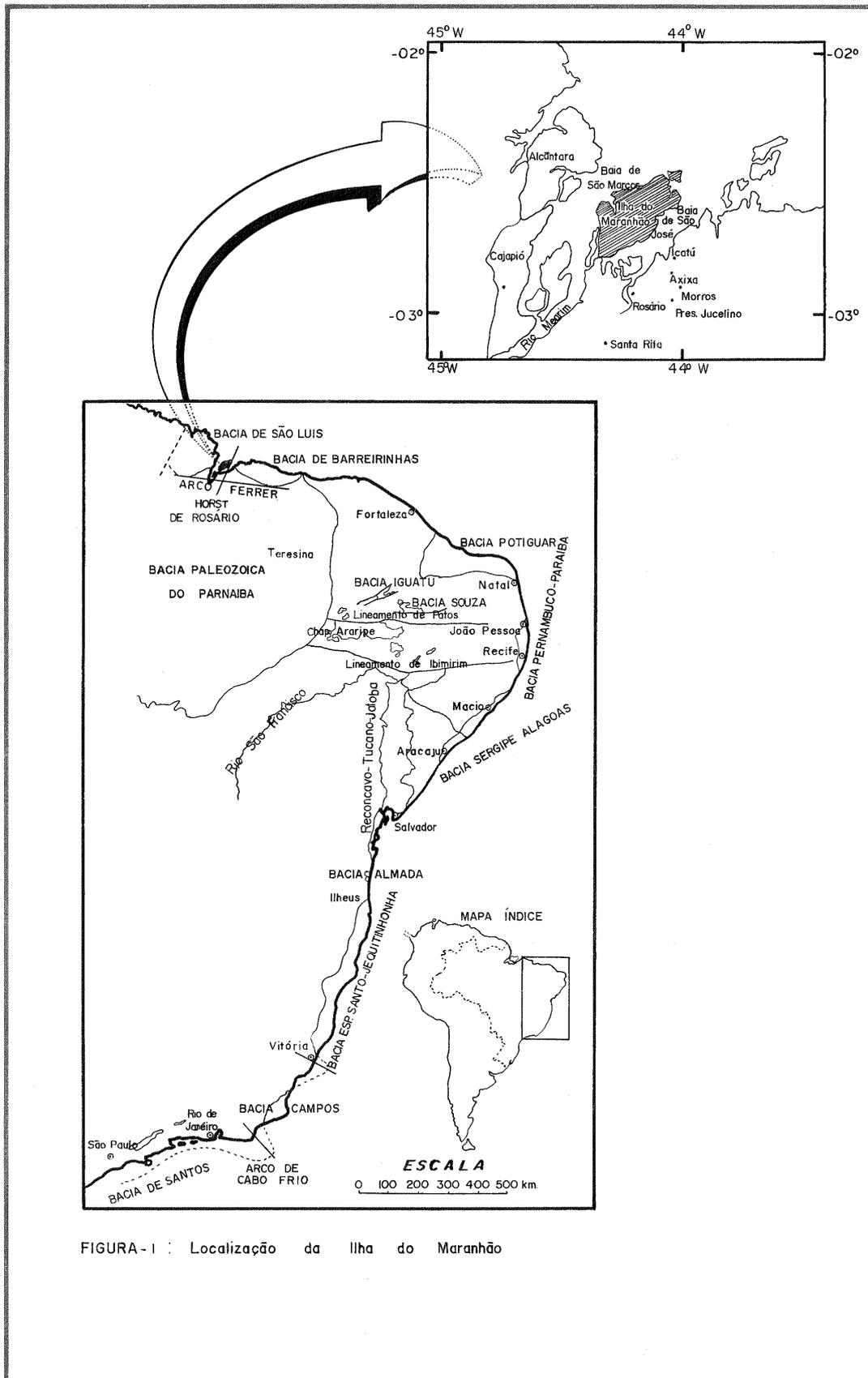


FIGURA-1 : Localização da Ilha do Maranhão

1 - A ILHA DO MARANHÃO

A Ilha do Maranhão, situa-se na Bacia Costeira de São Luís, ao norte da Bacia Paleozóica do Parnaíba (figura 1), entre os paralelos 02° 27' 11" e 02° 45' 02"S e longitudes 44° 11' 11" e 44° 22' 37"W.

O clima caracteriza-se como clima quente semi-úmido com 5 meses secos e temperatura do mês mais quente superior a 34°C. Os valores médios do balanço hídrico, calculados a partir da altura de precipitação de 2.010 mm/ano e uma capacidade de campo de 75 mm, são: 1.030 mm/ano para a evapotranspiração efetiva; 670 mm/ano para o escoamento superficial e 310 mm/ano para a infiltração.

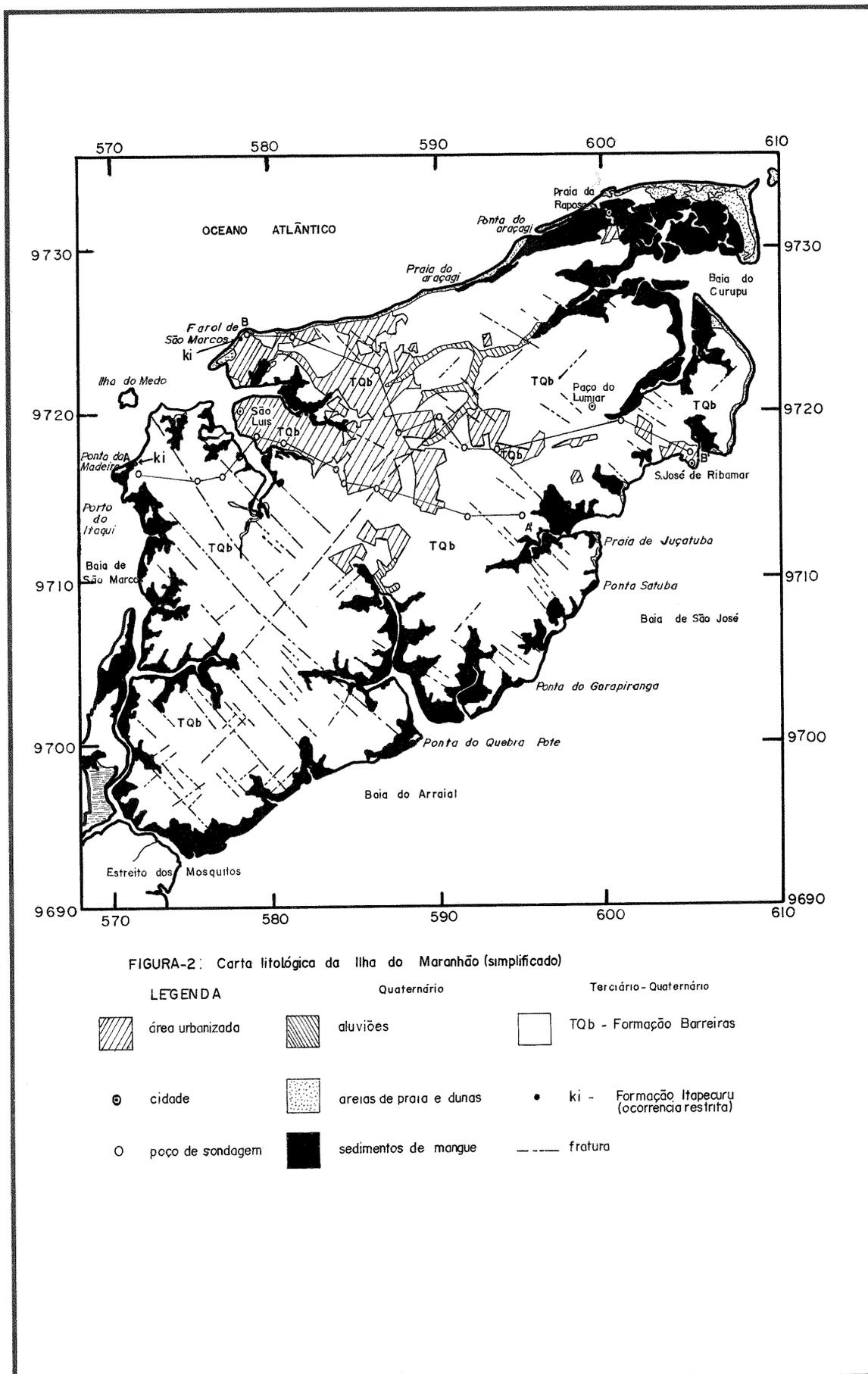
O relevo suave é representado pelos tabuleiros costeiros, com altitudes entre 10 e 60 m, e baixadas litorâneas caracterizada por planícies de origem marinha e flúvio-marinha. Os tabuleiros são as superfícies aplainadas relacionadas à Formação Barreiras, que se sobressaem do setor da frente costeira da ilha. Essas superfícies são recobertas de formações lateríticas, com predominância de latossolo amarelo, areias quartzosas e podzólico vermelho-amarelo. A baixada litorânea abrange as formações de dunas, paleodunas e cordões litorâneos, com predominância de solos indiscriminados de mangues incluindo areias quartzosas marinhas, siltes e argilas (EMBRAPA, 1986).

Ocupando a superfície tabular, a cobertura vegetal é do tipo floresta de transição entre equatorial e cerrado, hoje muito descaracterizada pela ação do homem. Ocupando as partes mais baixas e alagadas, sob influência das águas da maré, destacam-se os manguezais.

A ilha é drenada por uma série de pequenos cursos de água e estuários profundamente entalhados nos sedimentos areno-argilosos de forma que a passagem do relevo mais elevado aos igarapés é quase sempre brusca, formando encostas íngremes. As marés que chegam a atingir 7 m de amplitude afogam praticamente até os médios cursos, os principais elementos de drenagem.

Pela configuração do padrão da rede de drenagem é possível inferir uma rede de lineamentos estruturais nas direções gerais NW-SE e NE-SW, evidenciando um controle por fraturas nos terrenos sedimentares da Ilha.

O sistema aquífero abrange uma superfície de 907 km² e uma área de recarga estimada em 690 km². Em função da sua constituição litológica e da vazão específica média de 2,94m³/h.m, o aquífero é classificado, do ponto de vista hidrogeológico, como de potencial fraco.



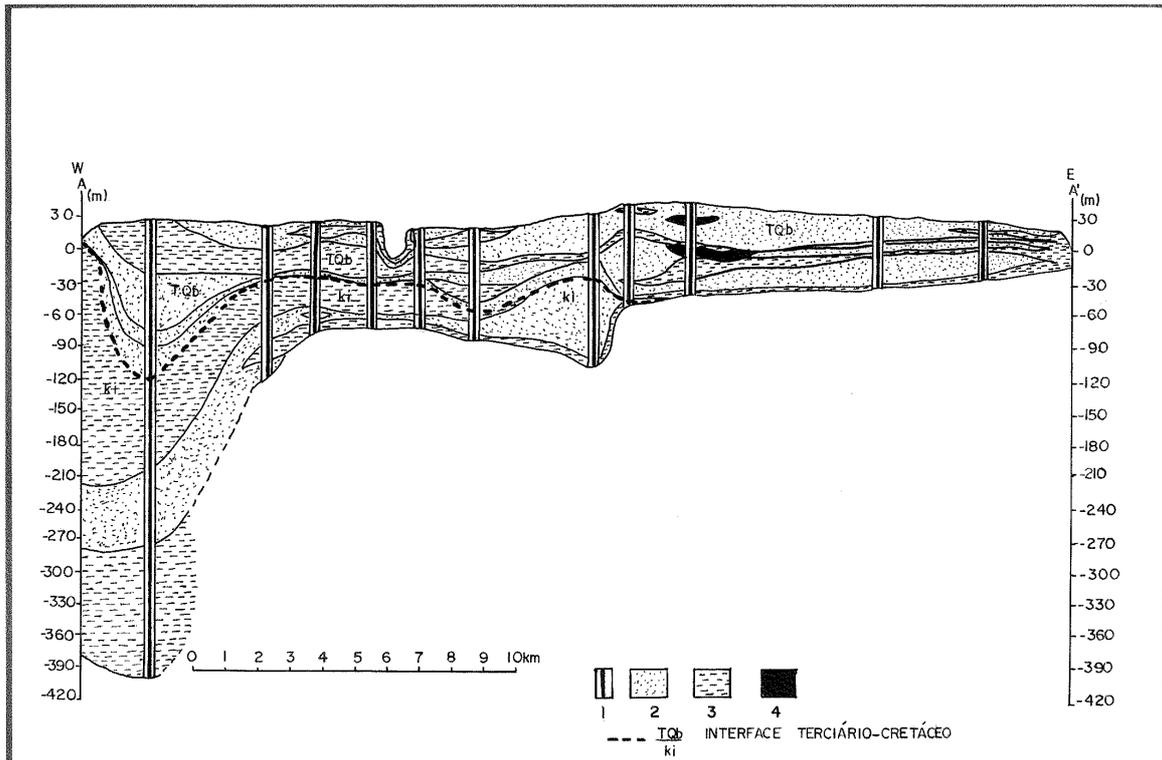


FIGURA-2A: Seção transversal AA' entre Ponta da Madeira e Rio Jeniparana. (Simplificado)

- 1- PERFIL DE SONDAGEM;
- 2- AREIA, ARENITO;
- 3- ARGILA, ARGILITO;
- 4- SILTE ARENOSO, SILTITO

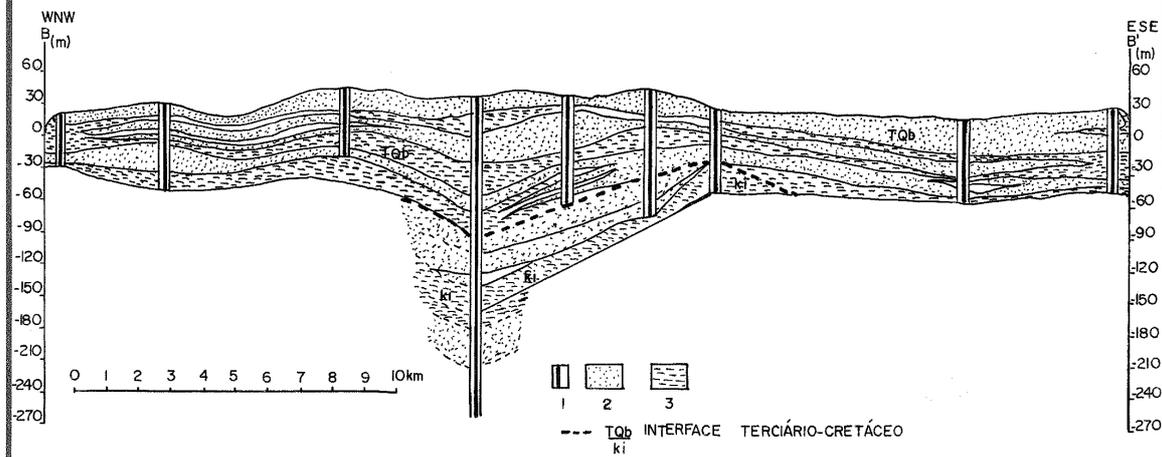


FIGURA-2B: Seção transversal BB' entre Farol de São Marcos e S. José de Ribamar. (Simplificado)

- 1- PERFIL DE SONDAGEM;
- 2- AREIA, ARENITO;
- 3- ARGILA, ARGILITO.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA AQÜÍFERO

A) ASPECTOS GEOLÓGICOS

O sistema aquífero da Ilha do Maranhão é um pacote de camadas sedimentares areno-argilosas que se depositaram na região crônica da Bacia Costeira de São Luís ao longo dos períodos Cretáceo e Quaternário – entre 1 e 135 milhões de anos – constituído, principalmente, pelas formações geológicas Itapecuru e Barreiras.

No passado geológico a Bacia de São Luís, formada por um **graben** alongado de 15.000 km², esteve sob influência de esforços tectônicos e de sucessivas transgressões e regressões marinhas (Schobbenhaus et al., 1984), tendo sido depositados em distintos períodos seqüências de estratos e camadas sedimentares com uma espessura de 4.500m das quais 2.500m são do Cretáceo Inferior e Médio (Pontes et al., 1987).

O sistema aquífero é constituído por sedimentos areno-argilosos de idade terciária pertencentes à Formação Barreiras. Além destes, em menor proporção, ocorrem sedimentos recentes: areias de dunas de praia e aluviões de rios. Capeada pelos sedimentos terciários e/ou quaternários de espessura variável, afloram os sedimentos cretáceos, pertencentes à Formação Itapecuru (figura 2).

Coberturas Quaternárias: Os sedimentos quaternários são representados pelos depósitos flúvio-marinhos encontrados na planície fluvial do rio Paciência e nas planícies aluviais e estuarinas, parcialmente inundáveis pelas marés. Estes depósitos são constituídos por areias e siltitos friáveis, provenientes do retrabalhamento pelos agentes erosivos, dos sedimentos da Formação Barreiras. Além destes, diferenciam-se as areias das praias que se desenvolvem na base das falésias da superfície esculpida nos sedimentos da Formação Barreiras (Rebouças e Silva, 1972).

Formação Barreiras (Terciário – TQb): A litologia desta unidade é constituída, a partir da base, por arenitos inconsolidados, vermelhos e amarelados, siltitos amarelados a ocre e argilitos caolínicos. Nos clásticos há ocorrências de conglomerados de matações e blocos de arenito médio a grosso, quartzoso, ferruginizado. Para o topo, ocorrem areias brancas quartzosas. Nas seções geológicas (figuras 2A e 2B) constata-se um aumento gradativo das espessuras de oeste, onde afloram os terrenos cretáceos. Para leste as espessuras variam de 145 a 50 metros.

Formação Itapecuru (Cretáceo - Ki): Essa formação ocorre em subsuperfície, excetuando-se na porção noroeste da Ilha onde aflora em dois pontos localizados no Farol de São Marcos e na Ponta da Madeira. A litologia varia muito, tanto lateral como verticalmente, desde uma série de arenitos amarelo-avermelhados finos, arenitos-siltitos

acimentados, calcíferos, friáveis, até argilas. São sedimentos de origem muito complexa: deltáicos, planícies aluviais e estuarinas, apresentando um ligeiro mergulho para leste.

A presença de níveis de calcário e calcarenito com intercalações com argilas, entre as profundidades de 40 e 145 metros, indica a interface com os sedimentos terciários.

Na bacia cratônica de São Luís foram acumulados mais de 2.000 m de sedimentos da Formação Itapecuru como resultado da subsidência ao longo das falhas que limitam a fossa tectônica (Rebouças e Silva, 1972).

B) OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS

O sistema aquífero insular estende-se por uma área de 907 km². Aproximadamente 2/3 de sua área de ocorrência é recomendada para implantação de empreendimentos com vista à captação de água subterrânea; 1/3 do manancial ocorre em área de predominância de manguezais e planícies flúvio-marinhas, em sua maior parte temporariamente afogados, de constituição essencialmente argilosa, remanescentes do antigo estuário da Baía de São Marcos.

As duas seções geológicas, realizadas nas direções gerais W-E e WNW-ESE (figuras 2A e 2B), propiciaram o reconhecimento de dois sistemas aquíferos principais (um livre e outro confinado).

O sistema livre é constituído pelos níveis mais arenosos dos depósitos terciários, com uma espessura variando de 15 a 60 metros no sentido de oeste para leste, atingindo o seu valor máximo na bacia Paciência-Cururuca. Esse dado é importante para entender-se o maior potencial hidrogeológico registrado nesse setor. Informações obtidas da CPRM (1994) indicaram que um poço perfurado nesse setor forneceu vazão de 220 m³/h, com uma profundidade de apenas 48 m. Porém, o comportamento da superfície topográfica dificulta a exploração das águas armazenadas neste sistema, tendo em vista as variações das profundidades em que se encontram e também pela grande heterogeneidade destes depósitos.

O sistema confinado é constituído por uma seqüência de sedimentos clásticos finos predominantemente arenosos, com interdigitações de argilas e siltitos na parte superior. O horizonte aquífero atravessado a partir dos 40 metros de profundidade apresenta uma espessura variando de 20 a 95 metros. A referida camada se encontra encerrada entre duas seqüências predominantemente argilosas. A camada argilosa da base com cerca de 100 metros de espessura constitui uma barreira praticamente impermeável, protegendo o

aqüífero dos riscos de contaminação pelas águas salgadas que saturam o horizonte arenoso encontrado logo abaixo.

No mapa de zoneamento das águas subterrâneas (figura 3) estão delimitadas 5 (cinco) zonas , conforme descrição a seguir:

Z1 – Aqüíferos confinados profundos com água doce (maiores que 100 metros e/ou 150 metros) em sedimentos não a pouco consolidados. Os aqüíferos confinados profundos (abaixo de 200 metros) apresentam água salgada.

Z2 – Aqüíferos livres e confinados profundos com água doce em sedimentos não a pouco consolidados. Presença de aqüíferos de boa potencialidade para captação de água subterrânea (a mais de 50 metros de profundidade).

Z3 – Aqüíferos livres e semiconfinados com baixa potencialidade para captação de água subterrânea. Presença de aqüíferos superficiais com água doce em calhas de drenagem e planícies fluviais.

Z4 – Aqüíferos livres com água salobra e salgada em sedimentos não consolidados. Presença de aqüíferos superficiais com água doce em ambiente de água salgada.

Z5 – Presença de solos indiscriminados de mangues em ambiente de água salgada não recomendável para captação de água subterrânea.

O nível de profundidade das águas para o sistema aqüífero é muito variável, seguindo uma tendência local, sendo seu controle condicionado por efeitos topográficos, litológicos e estruturais.

Os poços perfurados no Aqüífero Itapecuru, a unidade hidrogeológica de maior distribuição em subsuperfície, apresentam o nível estático médio da ordem de 19m (máximo de 51m e mínimo de 5m). O nível da água nos poços manuais é, também, bastante variável e está sempre relacionado com a situação topográfica local, a litologia atravessada e a estação climática. A profundidade média registrada para o nível da água durante o período seco é da ordem de 7m, com um máximo de 17,70m e um mínimo de 0,10m (CPRM, 1994).

As características hidráulicas do sistema hidrogeológico, obtidas de ensaios em poços representativos, no setor do Itaqui, indicam valores médios do coeficiente de permeabilidade da ordem de $1,4 \times 10^{-5}$ m/s e coeficiente de armazenamento situados entre $3,5 \times 10^{-2}$ e $5,1 \times 10^{-5}$. A porosidade estimada é de 15% (Rebouças e Silva, 1972).

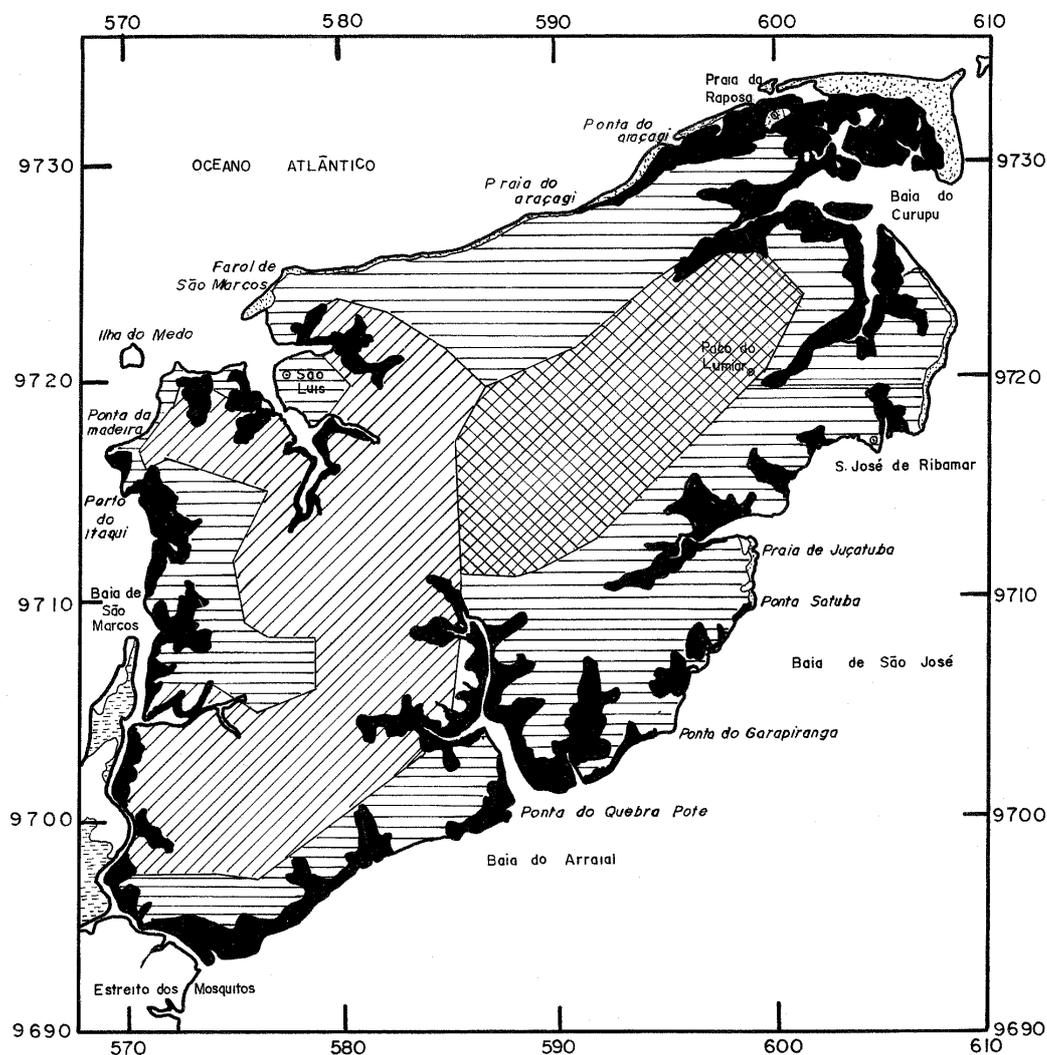


FIGURA - 3 : Zoneamento das águas subterrâneas da Ilha do Maranhão (simplificado)

LEGENDA

-  **Z1** Aquíferos confinados profundos com água doce (maiores que 100 m e/ou 150m) em sedimentos pouco consolidados. Os aquíferos confinados profundos (a 200m abaixo do nível médio do mar) apresentam água salgada.
-  **Z2** Aquíferos livres e confinados profundos com água doce em sedimentos não a pouco consolidados. Presença de aquíferos de boa potencialidade para captação de água subterrânea (a mais de 50 m de profundidade)
-  **Z3** Aquíferos livres e semiconfinados com baixa potencialidade para captação de água subterrânea. Presença de aquíferos superficiais com água doce em calhas de drenagem e planícies fluviais
-  **Z4** Aquíferos livres com água salobra e salgada em sedimentos não consolidados. Presença de aquíferos superficiais com água doce em ambiente de água salgada.
-  **Z5** Presença de solos indiscriminados de mangues em ambiente de água salgada. Não recomendável para captação de água subterrânea.

C) RECARGA E POTENCIAL EXPLOTÁVEL

Os aquíferos nas zonas portadoras de água subterrânea, em função de suas características litológicas, são classificados, do ponto de vista hidrogeológico, como de potencial médio a fraco, com vazão específica entre 0,05 e 42,85 m³/h.m. No contexto geral, a zona Z2 possui um potencial hidrogeológico considerado como elevado, onde verifica-se uma vazão máxima de 100 m³/h.

As reservas ativas (ou reguladoras) do aquífero correspondem à recarga natural média estimada em 2,1x10⁸ m³/ano, representando o potencial renovável de água que circula no aquífero. A recarga natural se faz principalmente através da infiltração direta das águas da chuva na superfície até a zona de saturação, e pelos rios que a drenam. Em parte, esta alimentação do aquífero é dificultada pelos estratos lateríticos, os quais se constituem em verdadeiras barreiras semipermeáveis, fazendo com que o movimento descendente das águas seja inibido, provocando, assim um aumento da vazão de escoamento natural.

Estima-se que a vazão de exploração média é da ordem de 13 m³/h para cada poço. Considerando a altura de precipitação média em torno de 2.009 mm/ano, a espessura da camada sedimentar e, conseqüentemente, a recarga do aquífero, essa exploração apresenta alguns riscos levando em conta o elevado número de poços perfurados (aproximadamente 1.000 poços). Ocorrendo uma excessiva demanda, com descarga do sistema maior que a recarga natural, poderá haver, em pouco tempo, um considerável rebaixamento do nível das águas subterrâneas. Isto levará ao rompimento do sistema hidráulico e a conseqüente contaminação do aquífero pelas águas salgadas circunvizinhas.

Para efeito de planejamento, é estabelecido um índice de referência para o potencial explotável do sistema aquífero, correspondente a recarga natural, no caso 2,1x10⁸ m³/ano. O volume de água disponível para exploração para o município de São Luís é de 1,14x10⁸ m³/ano. Como ordem de grandeza, este potencial é cerca de 75% da demanda total de água de 1 milhão de habitantes estimado para o ano 2.000.

Ao se considerar a insuficiência de água disponível para atendimento da demanda, convém assinalar a importância do sistema produtor ITALUIS, distante 70 km de São Luís, que contribui com cerca de 42% da disponibilidade total estimada para a região.

D) QUALIDADE DAS ÁGUAS

As águas subterrâneas da Ilha do Maranhão são, em geral, levemente salinas, com teor de resíduo seco variando entre 6 mg/l e 1.297 mg/l em toda a área. Entretanto, na extremidade noroeste, particularmente na área do Itaqui, há tendência de salinização das águas no sentido do fluxo subterrâneo. Nesse local o superbombeamento em alguns poços situados em uma faixa litorânea de 2 km, estaria rompendo o equilíbrio hidrostático água doce/água salgada, provocando a migração lateral da última para os aquíferos costeiros. Esta evolução hidroquímica setorial é comandada pela maior permeabilidade, no sentido paralelo à estratificação de camadas horizontais e subhorizontais, favorecendo o fluxo da água salina, agilizado pela variação de carga a que fica submetido o aquífero por ocasião do superbombeamento.

Outro fator limitante que afeta a qualidade das águas dos aquíferos costeiros é a dissolução de sais (cloretos, carbonatos) contidos nas camadas confinantes (argilas, calcário, calcarenito), resultando em “água dura”, de sabor salobro.

No contexto geral, as águas procedentes do Aquífero Itapecuru são carbonatadas-cloretadas havendo uma predominância do tipo sódica. Já na zona de ocorrência do Aquífero Barreiras, as águas tornam-se cloretadas magnesianas-sódicas evoluindo para cloretadas sódicas-cálcicas junto às pequenas calhas de drenagem próximas ao litoral. O pH médio é de 6,95, com máximo de 8,91 e mínimo de 4,90, não mostrando tendência percentual de acidez ou alcalinidade dessas águas. De uma maneira geral as águas são classificadas como muito moles a moles, visto que a média de dureza é de 4,93 graus franceses (CPRM, 1994).

Este padrão geral de comportamento da geoquímica das águas é alterado localmente pela ocorrência de elevados teores de ferro nos aquíferos costeiros da Formação Barreiras, como na localidade da Raposa.

As análises das características físicas e químicas classificam essas águas (a exceção dos setores salinizados) como de qualidade boa a passável e adequadas para múltiplos usos.

3 ESTRATÉGIAS GERAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DO AQUIFERO

A avaliação geral do atual estágio de conhecimento e exploração do sistema aquífero da Ilha do Maranhão indica a necessidade de uma ampla articulação e conjunção de esforços entre as instituições do Estado do Maranhão, com vistas a uma política comum de desenvolvimento do potencial hídrico subterrâneo. Na falta disso, a exploração

desses recursos hídricos tende a se manter descontrolada e imediatista, sem ampliar os benefícios econômicos e sociais de um projeto abrangente.

A) PESQUISA E CONHECIMENTO

O nível de conhecimento do sistema hidrogeológico da Ilha do Maranhão como um todo é ainda insuficiente. Apesar dos estudos hidrológicos mais recentes sobre os recursos hídricos da Ilha do Maranhão, as condições da hidrologia subterrânea (recarga, descarga, dinâmica de fluxos) não foram estudadas, impedindo uma avaliação segura das reservas do aquífero. Quanto à composição química das águas e sua variação espacial, levantamentos realizados pela CPRM (1994), permitiram uma caracterização, mas faltam estudos mais acurados com relação a análise química de cloretos e de nutrientes para avaliação da intrusão salina e da contaminação por nitratos.

A necessidade de estudos mais completos se justifica quando se buscam soluções urgentes, de cujos resultados dependerá a garantia da sustentabilidade hídrica da Ilha.

De modo geral, o principal investimento no campo de estudos e pesquisas deve ser canalizado para a elaboração do mapa potenciométrico e do inventário rigoroso de poços, incluindo a avaliação de reservas, potencialidade e disponibilidade dos aquíferos da região. Este projeto representa a integração do conhecimento existente, dotando a região de uma base de referência para o prosseguimento de estudos específicos em áreas de interesse.

Outra linha de estudos e pesquisas diz respeito ao zoneamento florestal das áreas de recarga, que favorecem a infiltração das águas das chuvas. Estudos realizados apontam para uma conjunção de fatores determinantes da diminuição da recarga dos aquíferos resultante da devastação crescente da cobertura vegetal: impermeabilização dos solos das bacias vertentes; aumento da evapotranspiração potencial em consequência do aumento da temperatura do ar; diminuição da umidade do solo; aumento da erosão nas bacias vertentes acarretando assoreamento dos reservatórios de água existentes, reduzindo seus volumes e sua vida útil.

Uma terceira linha de pesquisa está relacionada a implementação de sistemas para dessalinização de água salobra dos aquíferos costeiros. Estudos interdisciplinares (hidroquímica, hidrologia de superfície e subterrânea), associados ao monitoramento dos níveis hidrostáticos poderão elucidar os mecanismos que poderão levar ao rompimento o sistema hidráulico e a consequente contaminação do aquífero pelas águas salgadas circunvizinhas.

B) MEDIDAS DE PROTEÇÃO

Além do fenômeno da salinização dos aquíferos costeiros, existe a ameaça de contaminação das águas subterrâneas em decorrência da interação de cargas contaminantes no subsolo e da alta vulnerabilidade natural do sistema aquífero da Ilha do Maranhão à poluição.

Na cidade de São Luís existem grandes concentrações humanas e algumas indústrias cujos rejeitos do metabolismo urbano e industrial são lançados no solo e nos cursos de águas superficiais. A crescente tendência da densidade populacional em toda a Ilha, carente de infra-estrutura de saneamento bem desenvolvida, vai originar freqüentes incrementos nos despejos dos esgotos sanitários em seus rios que já apresentam a qualidade de suas águas comprometida.

Na Zona Z1, que abrange grande parte da bacia do riacho dos Cachorros e parte da bacia do rio Tibiri, está instalado o distrito industrial. Um número crescente de indústrias e atividades, tais como cervejarias, oficinas metalmecânicas, curtume, tanques de combustível, complexo industrial de alumínio, com freqüência tendem a localizar-se mais ou menos ao longo do divisor topográfico do rio Tibiri e riacho dos Cachorros, próximas à rodovia BR-135. A maioria dessas atividades industriais gera efluentes líquidos, tais como óleos e solventes, além de resíduos sólidos.

Ante a falta de controle, a maioria desses efluentes são lançados diretamente no solo. Com a crescente variedade e complexidade de produtos químicos sintéticos, usados pelas indústrias, algumas atividades podem representar uma séria ameaça à qualidade das águas subterrâneas locais.

A ameaça de contaminação das águas subterrâneas se relaciona com a existência de aquíferos não confinados, sobretudo em locais onde a zona não saturada é delgada e o lençol freático é relativamente pouco profundo. Expressivos riscos de poluição podem ocorrer inclusive onde os aquíferos semi-confinados não possuem a espessura necessária, ou onde a densidade de fraturas é o fator mais importante no fluxo subterrâneo.

Os resultados da avaliação dos níveis de risco à poluição revelaram que:

- Os aquíferos da área do distrito industrial, na **zona Z1**, (nas bacias dos rios Tibiri e Cachorros) estão protegidos da contaminação da superfície por camadas impermeáveis confinantes. Contudo, lagoas de resíduos industriais com vazamentos, aterros sanitários e poços mal construídos, abandonados ou danificados podem constituir pontos de vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas porque isso depende do grau de fraturamento dos materiais aquíferos;
- Os aquíferos livres, nas **zonas Z2, Z3 e Z4**, com nível freático próximo à superfície, explorados para abastecimento domiciliar, ocorrem ocupando extensas áreas, com elevada vulnerabilidade à contaminação bacteriológica;
- A **zona Z2**, com elevada vulnerabilidade natural, está exposta à ação de agentes poluentes. Em alguns locais, já ocorre carga contaminante de potencial moderado a elevado.

Pelo exposto conclui-se que, praticamente, em toda a região as águas subterrâneas correm de moderado a alto risco de serem contaminadas, caso ocorra contaminante de potencial moderado a elevado. Este risco está diretamente relacionado à permeabilidade superficial natural dos terrenos da Ilha, que é um fato imutável. Consequentemente, só é possível evitar uma eventual contaminação eliminando ou controlando a carga contaminante produzida pelas atividades urbano-industriais.

Sendo as águas subterrâneas um recurso estratégico, passível de proteção contra ações prejudiciais, recomenda-se atenuar os efeitos danosos das cargas contaminantes sobre os aquíferos, adotando-se as seguintes medidas:

- Identificar áreas destinadas à implantação de aterros sanitários para disposição do lixo dos municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa;
- Dotar de sistemas de coleta e tratamento de esgotos nas bacias dos rios Anil, Bacanga, Paciência e Tibiri;
- Estabelecer zonas de proteção especial em torno dos poços tubulares para abastecimento urbano;

- Exercer controle sobre a perfuração de poços tubulares, a fim de evitar poços mal construídos, abandonados ou danificados que possam contaminar as águas do aquífero;

É imprescindível que as medidas de proteção das águas sejam consolidadas em legislação própria e que, a necessidade da preservação dos aquíferos e sua condição de bem estratégico seja transmitida à população através de campanhas educativas.

As estratégias técnicas e legais de proteção do aquífero nas zonas urbanizadas dependem, em última instância, do empenho e vontade política dos administradores estaduais e municipais, para colocar em prática os mecanismos de proteção do aquífero. Nas áreas situadas nas zonas de recarga tais mecanismos de proteção do aquífero devem ser matéria obrigatória do plano diretor municipal.

C) USOS DA ÁGUA

As águas subterrâneas da Ilha do Maranhão, por suas condições de ocorrência e padrão de qualidade devem ser consideradas um recurso nobre. Embora possam ser utilizadas para os mais diversos fins, é necessário, numa perspectiva de futuro, indicar usos preferenciais, compatíveis com a exploração sustentável do aquífero.

O abastecimento das populações é (e tende a ser) o principal uso. Atualmente, um grande número de bairros são abastecidos, total ou parcialmente, por água subterrânea. No quadro 1, baseando-se nos dados hidrogeológicos de 281 pontos de água, são mostrados os quatro municípios da Ilha do Maranhão que se utilizam dos mananciais subterrâneos, com destaque para São Luís (780.833 habitantes).

Em segundo lugar, está o uso industrial. Unidades industriais cujos processos requeiram água de boa qualidade (alimentos, cervejarias e outros) podem ser abastecidas pelo aquífero.

O uso do aquífero para irrigação apresenta duas restrições:

- tendo em vista que a irrigação consome, em geral, grandes volumes de água, deve-se evitar o seu uso em culturas de grande extensão;
- as águas de alto a muito alto grau de salinidade e de médio, forte a muito forte teor de sódio só devem ser utilizadas em solos bem drenados, de boa lixiviação e para culturas com alta tolerância salina, e adotando-se cuidados especiais para que não ocorra a salinização do solo.

Quadro 1

Município	População (hab.)	Nº. de poços	Profundidade (m)	Vazão (m³/h)
São Luís	780.833	221	10 - 198	1 - 100
S. José de Ribamar	89.794	41	21 - 107	3 - 60
Paço do Lumiar	55.729	14	44 - 80	4 - 42
Raposa	15.075	5	42 - 70	6 - 16

Fonte: CPRM, 1994; IBGE, 1997

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**, São Luís Folha SA.23-Z-A. Cururupu . Folha SA.23-X-C Escala 1:250.000 Estado do Maranhão Brasília: CPRM, 1994. 181 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Maranhão** escala 1:1.000.000. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1986 – (Boletim de Pesquisa n°. 35)
- ERDÉLYI, M., GÁLFI, J. **Surface and subsurface mapping in hydrogeology**. Budapest: Kiadó, 1988. 383 p.
- FOSTER, S., VENTURA, M., HIRATA, R. **Poluição das águas subterrâneas: um documento executivo da situação da América Latina e Caribe com relação ao abastecimento de água potável**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1993. 53 p.
- FOURMARIER, P. **Hydrogéologie**: introduction à l'étude des eaux destinées à l'alimentation humaine et à l'industrie. Paris: Masson, 1958. 294 p.
- GODOY, E. V., PAREDES R. J. L. **Recursos hídricos del Chaco Paraguayo**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS (10.: 1993: Gramado) Porto Alegre: ABRH, 1993. v. 1, p. 129 - 138.
- Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, São Luís. Recife: SUDENE - Divisão de Reprografia, 1977. 165 p (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia, 51).
- PONTES S. A. P. et al. **Avaliação regional do setor mineral - Maranhão**, Brasília: DNPM, 1987, 186 p.
- POPP, J. H. **Geologia geral**. Rio de Janeiro, LTC, 1987. 299 p.
- REBOUÇAS, A. C., SILVA, A. B. **Estudo hidrogeológico do Distrito Industrial de Itaqui-MA**. Recife:. SUDENE, Divisão de Documentação, 1972. 83 p. (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia, 39).
- SANTOS, M. C. S. R. **Manual de fundamentos cartográficos e diretrizes gerais para elaboração de mapas geológicos, geomorfológicos e geotécnicos**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990. - (Publicação IPT.1773).
- SCHOBENHAUS, C. et al. **Geologia do Brasil**, Brasília: DNPM, 1984. 501 p.
- SOUSA, S. B. - **Recursos Hídricos da Ilha do Maranhão**. Dissertação de Mestrado UFPR. Curitiba, 1997. 163 p.