



CONTRATO Nº. 48000.003155/2007-17: DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DUODECENAL (2010 - 2030) DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM.

BANCO MUNDIAL
BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD

Relatório Técnico 015
“ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS
SUBTERRÂNEOS NO PAÍS”

CONSULTOR
Albert Mente

PROJETO ESTAL
PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

JUNHO de 2009

SUMÁRIO

1. SUMÁRIO EXECUTIVO	
2. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NO PAÍS	
2.1. CONDIÇÕES HIDROGEOLÓGICAS DO BRASIL	6
2.2. DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE	30
2.3. BANCOS DE DADOS CADASTRAIS DE POÇOS TUBULARES	46
3. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS REGIONAIS	
3.1. REGIÃO SUL	47
3.2. REGIÃO SUDESTE	49
3.3. REGIÃO CENTRO-OESTE	52
3.4. REGIÃO NORTE	54
3.5. REGIÃO NORDESTE	55
3.5.2. PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS E RESPECTIVOS PRODUTOS	65
ANÁLISE DA SITUAÇÃO VIGENTE	
4. A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS ..	67
5. CONCLUSÕES GERAIS	
6. RECOMENDAÇÕES	
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
8. ANEXO I	

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Províncias Hidrogeológicas do Brasil.....	8
2. Domínios Hidrogeológicos do Brasil.....	19
3. Bacias Sedimentares Fanerozóicas do Brasil.....	20
4. Unidades Geotectônicas da Província Parnaíba.....	21
5. Província Sedimentar Meridional	22
6. Ocorrências Cambro-Ordovicianas no Nordeste do Brasil.....	25
7. Ocorrências Cambro-Ordovicianas no Nordeste do Brasil.....	27
8. Domínio Poroso - Fissural	28
9. Carbonatos / Metacarbonatos.....	30
10. Metassedimentos / Metavulcanicas	31
11. Domínio das Rochas Vulcânicas	32
12. Domínio das Rochas do Embasamento Cristalino.....	33
13. Domínio das Rochas do Embasamento Cristalino.....	34
14. Área Coberta pelos Mapas do Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste.....	42
15. Localização dos Poços Tubulares no Brasil.....	43
16. Número de Poços Perfurados no Brasil a partir de 1958	44

ÍNDICE DE TABELAS

1. Características Médias dos Principais Aquíferos Pré-Cambrianos da Província São Francisco.....	15
2. Poços Perfurados na Província Paraná – Estado de São Paulo.....	15
3. Poços Perfurados no Aquífero Serra Geral nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.....	16
4. Valores Médios dos Poços Tubulares das Províncias Potiguar, Pernambuco-Paraíba/Rio Grande do Norte e Recôncavo/Tucano/Jatobá.....	16
5. Características Gerais dos Principais Sistemas Aquíferos do Brasil.....	35
6. Capacidades Hidrogeológicas do Nordeste.....	41
7. Número de poços cadastrados no SIAGAS e estimativa atual de poços perfurados no Brasil, a partir de 1958.....	45
8. Subdivisão Hidrogeológica da Província Costeira.....	63

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente relatório representa um trabalho de consultoria contratado pela empresa **J.MENDO CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA**, junto ao Sr.**ALBERT MENTE** consultor autônomo em hidrogeologia e visa atender as atividades do Projeto ESTAL do Ministério de Minas e Energia – “Plano Duodecenal (2010-2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral” e mais especificamente a elaboração do Relatório Técnico 15 – Informação Hidrogeológica., de acordo com o Termo de Referência do Projeto Estal. **O relatório tem como objetivo a elaboração de um documento-síntese voltado para a informação hidrogeológica disponível no País, discriminando e avaliando a documentação existente, tanto escrita como, particularmente, de cartografia (cartas hidrogeológicas e outros mapas temáticos), a análise das condições de banco de dados de poços tubulares profundos existentes no país, além de dar um enfoque especial para a região nordeste do Brasil.** O trabalho foi realizado no Recife durante o período de Abril, Maio e Junho de 2009.

Desde a elaboração do Mapa Hidrogeológico do Brasil (DNPM/CPRM, 1983) que representou o penúltimo trabalho de síntese sobre as condições de água subterrânea do país, um grande número de estudos específicos tem sido divulgado em várias publicações científicas, notadamente aquelas de iniciativa da ABAS-Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Apesar de estas publicações apresentarem enfoque mais pontual, em detrimento de informações regionalizadas, as mesmas representam uma valiosa fonte de informação para análise complementar.

Por razões didáticas e/ou cronológicas, optou-se por iniciar a análise com uma sinopse das condições hidrogeológicas do Brasil, baseada nas Províncias Hidrogeológicas conforme o Mapa Hidrogeológico do Brasil (DNPM/CPRM, op. cit.).

Em sequência, analisa-se o “Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil”, interessante publicação da CPRM, lançada no ano de 2004.

Conceituando Domínio Hidrogeológico como **“Grupo de unidades geológicas, com afinidades hidrogeológicas, tendo como base principalmente as características litológicas das rochas”**, este trabalho representa um novo avanço nos estudos hidrogeológicos nacionais, constituindo-se na primeira contribuição inovadora após cerca de 30 anos. A sinopse baseada na representação desse novo mapa é uma visão atual da hidrogeologia na qual se observam as diversas litologias existentes no país e suas condições em termos de favorabilidade de ocorrência de águas subterrâneas.

A abordagem das características hidrogeológicas regionais tem o intuito de informar de forma sumária as condições hídricas subterrâneas predominantes no País. Na Região Nordeste do Brasil, área tradicionalmente mais sensível com relação aos recursos hídricos foram avaliadas em detalhe as condições hidrogeológicas, visando fornecer subsídios técnicos adicionais aos planejadores e usuários de águas subterrâneas.

A utilização conjunta desses dois mapas, bem como a caracterização hidrogeológica regional e o detalhamento da análise da região nordeste, fornece valiosas informações técnicas sobre a hidrogeologia (aquíferos existentes) e detalhes hidrodinâmicos dos aquíferos (espessuras, vazão, capacidade específica, valores hidráulicos: T, K e S) de uso imediato e irrestrito, desde que se leve em consideração, a localização precisa da área de interesse nos documentos citados.

Outra ferramenta importante de informação de água subterrânea disponível atualmente representa o Sistema SIAGAS, banco de dados hidrogeológicos da CPRM, elaborado em ambiente SIG – Sistema de Informações Geográficas, contando atualmente com dados de aproximadamente 180.000 poços no território nacional.

Desde o início de seu desenvolvimento este sistema teve como principal prioridade fornecer aos gerentes e tomadores de decisões, informação precisa e confiável baseada em um banco de dados. A filosofia adotada foi de criação de um banco, estruturado em um modelo de dados e com conteúdo abrangente, de modo a permitir maior flexibilidade, racionalização e intercâmbio com outras bases de dados. Outra finalidade foi permitir o fácil acesso à informação pela Internet por parte das entidades públicas e privadas. Pode ser acessado através do “site”: www.cprm.gov.br. Além disso, a CPRM está colaborando, através de convênios, na implantação e funcionamento do sistema SIAGAS em âmbito nacional junto aos órgãos gestores e usuários de hidrogeologia em diversos Estados do Brasil.

A maioria dos poços profundos existentes na Brasil (ver figura 14), bem como o maior número de informações hidrogeológicas disponíveis, concentra-se na sua metade oriental, coincidindo com o quadro geral da distribuição demográfica nacional. Na metade ocidental – região Centro-Oeste, Oeste e Norte – a densidade dos poços fica bem mais esparsa, reduzindo-se também a quantidade e qualidade das informações hidrogeológicas.

Dentre outras observações, podem-se obter deste Relatório as seguintes conclusões:

O potencial hidrogeológico do Brasil é bastante promissor. As áreas de ocorrência dos principais aquíferos do país e suas características gerais podem ser vistas respectivamente na Figura 12 e na Tabela 05. Grande parte desses sistemas se comporta como confinados (Guarani, Ponta Grossa, Furnas, Marizal, S. Sebastião, Inajá/Tacaratu, Cabeças, Serra Grande, Corda, Beberibe e Açu); os aquíferos Poti-Piauí, Missão Velha e Exu regionalmente se comportam como aquíferos livres; os poços tubulares perfurados nos aquíferos confinados necessitam primeiramente atravessar a camada de cobertura confinante antes que os mesmos possam ser aproveitados. Dependendo da estrutura geológica das bacias, as profundidades dos poços podem variar de centenas de metros até dois mil metros.

Outras grandes porções do País se encontram em áreas diversas com sistemas aquíferos diferenciados, como, por exemplo, os aquíferos situados nas Formações Cenozóicas (Figura 07), os encontrados no domínio do Cristalino (Figura 11), e no domínio Metassedimentos/Metavulcânicas (Figura 10), abrangendo grande parte do Nordeste, além de significativas regiões do País. A Formação Barreiras, ocorrente de norte a sul do Brasil e os depósitos aluviais, são os principais aquíferos componentes do domínio Cenozóicas e que tem intensa utilização, principalmente nas regiões norte e nordeste. Nesta última, no domínio do embasamento cristalino e nas áreas de ocorrência dos metassedimentos e metavulcânicas, devido ao clima semi-árido da região, ocorre expressiva queda na produtividade dos poços, os quais muitas vezes se apresentam com água bastante salinizada em relação a outras regiões de domínios similares.

As ocorrências dos domínios dos carbonatos/metacarbonatos (Figura 9) situam-se principalmente na Bahia e Minas Gerais, além de nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Amazonas, Pará e Rio Grande do Norte. Constitui um sistema aquífero predominantemente heterogêneo, cuja característica principal é a constante presença de formas de dissolução cárstica (dissolução química de rochas calcárias), formando cavernas, sumidouros e dolinas. O alargamento de fraturas existentes por processos de dissolução pela água permite acumulação de expressivos volumes de água, mas, muitas vezes, de forma descontínua ao longo da sua área de ocorrência. A água, no geral, é do tipo carbonatada, com dureza bastante elevada.

Outro subdomínio hidrogeológico que não se incorpora nos aquíferos principais do país é o “Poroso/Fissural” (figura 08), devido a sua baixa a média favorabilidade hidrogeológica. Trata-se de pacotes sedimentares, sem ou com muito baixo grau metamórfico e que se caracteriza como aquífero do tipo misto, com comportamento de aquífero granular (com porosidade primária baixo-média) além de um comportamento fissural (fendas e fraturas) acentuado. Ocupam vastas áreas na região central e região centro-oeste do país. A produção dos poços tubulares pode, às vezes, alcançar valores significativos em função da espessura do manto de intemperismo aliados aos altos índices de precipitação nas regiões.

A nível de Governos estaduais, o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos se apresenta de forma muito heterogênea. Alguns estados possuem uma secretaria específica de recursos hídricos com autoridade ampla para gerir o assunto. Em outras ocasiões, os recursos hídricos são compartilhados com outra secretaria (e.g. Planejamento, Habitação, Irrigação, etc.). Exemplos de organizações bem estruturadas e em pleno funcionamento são encontrados no DAEE Departamento de Águas e Energia Elétrica – São Paulo; na Secretaria Estadual de Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente SEMA/RS; SANEPAR/PR - Companhia de Saneamento do Paraná; SUDERSHA/PR - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IGAM/MG - Instituto Mineiro de Gestão das Águas; a Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (Embasa) é a empresa responsável pelo abastecimento de água de quase todo o estado da Bahia e pertence ao governo do estado; Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco; Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Ceará.

Tendo em vista artigo da Constituição Federal de 1988 determinando que as águas subterrâneas sejam bens estaduais, praticamente todos os Estados já assumiram efetivamente a gerência destes recursos, administrando-os de acordo com uma política bem estabelecida e de longo prazo, impedindo que se originem problemas tanto de uso, como de ordem ambiental.

2. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NO PAÍS

2.1. Condições Hidrogeológicas do Brasil

As subdivisões do território Nacional em Províncias Hidrogeológicas, podem ser consideradas como as primeiras tentativas de cartografar unidades representativas de reservatórios aquíferos subterrâneos regionais, e refletiram, em um dado momento, o nível de conhecimento das águas subterrâneas do país.

De forma pioneira, Hausman (1963), apresentou um mapa de Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul. Posteriormente, Brito Neves & Manoel Filho (1972), baseados nas idéias de Meinzer (1923), propõem para a Bahia, a título experimental, sete províncias hidrogeológicas, admitindo como fatores ambientais influentes a fisiografia, a geologia, a qualidade físico-química das águas, e o estágio de conhecimento existente à época.

A primeira divisão do Brasil em províncias hidrogeológicas, foi proposta por Pessoa et al. (1980), no Mapa Hidrogeológico do Brasil, na escala 1: 2.500.000, no qual apresentam uma divisão do país em dez províncias e quinze subprovíncias (figura 01). Admitem como fatores influentes combinações de tectônica, morfologia, fisiografia e litologia. Ressaltam o caráter dinâmico dessa subdivisão e afirmam que cada província pode "ser subdividida, quando surgirem novas informações técnicas indicadoras".

Finalmente, Mente & Mont'Alverne (1982), como contribuição ao Mapa Hidrogeológico da América do Sul, adaptaram o trabalho de Pessoa et al. (op.cit.), para a escala 1:5 000.000.

Após esta subdivisão do país em Províncias Hidrogeológicas, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, lança, no ano de 2004, o “Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil”, conceituando Domínio Hidrogeológico como ***“Grupo de unidades geológicas, com afinidades hidrogeológicas, tendo como base principalmente as características litológicas das rochas”*** (ver Figura 02).

Este trabalho representa um novo avanço nos estudos hidrogeológicos nacionais, constituindo-se na primeira contribuição inovadora após cerca de 30 anos. É interessante notar a semelhança no traçado das linhas gerais deste mapa com aquele de Províncias Hidrogeológicas do Brasil, apesar desta subdivisão em províncias considerar uma série de fatores (tectônica, morfologia, fisiografia e litologia), ao invés de observar simplesmente a litologia, como o Mapa de Domínios.

A sinopse das condições hidrogeológicas do Brasil aqui apresentadas, é o resultado de análise criteriosa e interpretação dos dados hidrogeológicos disponíveis. Trata-se na realidade de uma síntese dos sistemas aquíferos do Brasil recorrendo-se ao modo sistemático em que os mesmos são agrupados e descritos de acordo com as diversas províncias hidrogeológicas em que o País está subdividido (figura 01). Mostram, em linhas gerais, as principais unidades e/ou sistemas hidrogeológicos de cada província de acordo com suas características lito-estratigráficas e potencial hidrogeológico.

2.1.1. As Províncias Hidrogeológicas do Brasil

Na **Província Escudo Setentrional**, os melhores aquíferos localizam-se nas áreas de ocorrência das areias finas, médias e grosseiras, que constituem as aluviões e a cobertura do Cenozóico (Boa Vista), Mesozóico (Tacutu) e Proterozóico (Roraima, Beneficente). Nas rochas cristalinas do Embasamento, os aquíferos restringem-se as zonas fraturadas, eventualmente ampliadas por material argilo-arenoso do manto de intemperismo.

Vale enfatizar que se trata de uma avaliação qualitativa, baseada principalmente nas características litológicas e fisiográficas da província, tendo em vista a escassez de dados hidrogeológicos nessa região. Apenas sobre os aquíferos Boa Vista e Aluviões dispõem-se de algumas informações de poços.

Na **Província Amazonas**, as escassas informações hidrogeológicas se restringem aos aquíferos dos depósitos arenosos do Cenozóico (Solimões), que apresentam bons índices de produtividade em diversas áreas (Belém, Ilha de Marajó, Santarém e Manaus). A captação é efetuada tanto por poços tubulares de 60 a 250 m, como por sistemas de ponteiros e poços-amazonas de grande diâmetro. As vazões são extremamente variáveis, com valores de 30 a 200 m³/h.

Dos outros sistemas aquíferos (Aluviões, Moa, Tapajós e Urupadi) existem apenas informações esporádicas quanto a seus comportamentos hidrogeológicos. As águas apresentam-se geralmente com teores de sais muito baixo. Entretanto, muitas requerem correções devido à sua acidez e altos teores de ferro, antes de serem utilizadas nos sistemas de abastecimento de água.

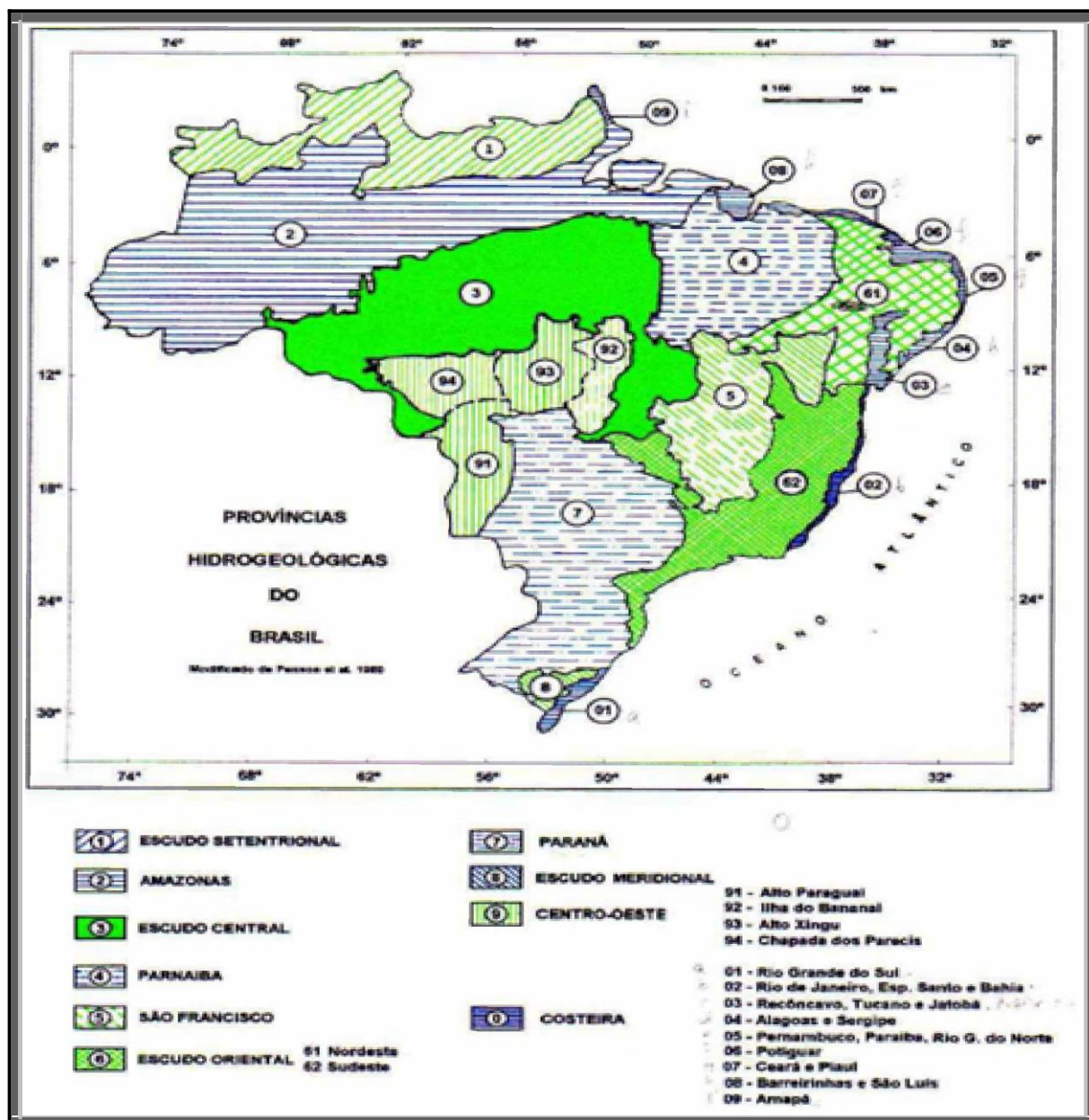


Figura 01 – Províncias Hidrogeológicas do Brasil (modificado de Pessoa et al., 1980, in Manoel Filho, 1996).

Os poços para o abastecimento de diversas localidades em Manaus captam apenas os aquíferos de menor profundidade. A base destes poços, a cerca de 200 m, é geralmente constituída de camadas com predominância de calcário (Formação Nova Olinda). As vazões dos poços não vão além de algumas dezenas de m³/h. De acordo com os dados do poço estratigráfico da Petrobrás (Mn-st-01-AZ), perto de Manaus, que atravessou uma espessura total de 1.500 metros de sedimentos, sem, contudo atingir o embasamento pré-cambriano, existem formações a grande profundidade (Prosperança e Trombetas) com certas possibilidades hidrogeológicas. A verificação do potencial explorável destas e, eventualmente, de outras unidades mais superiores existentes no pacote sedimentar, somente poderá ser analisada com base na comparação entre custos de captação de água subterrânea – utilizando-se diversas hipóteses, das mais pessimistas as mais otimistas, - e os custos de água de origem superficial. Seria uma obra tipicamente para o Governo, em face dos elevados custos necessários e da incerteza quanto ao sucesso da pesquisa; porém, com a perspectiva de benefícios no campo social e de saúde pública para a região de Manaus.

Vale observar que no Estado do Amazonas, cuja quase totalidade territorial está inserida na Província Amazonas, o manancial subterrâneo, em virtude do fator qualidade, desempenha papel fundamental no suprimento de água, apesar da abundância das águas de superfície. Em meados dos anos 90, das 58 localidades atendidas pela Cosama – Companhia de Saneamento do Amazonas, 28, ou seja, 48% do total eram abastecidas através de água subterrânea. Em termos volumétricos, a contribuição era de 608,5 L/s (52%) na produção total. Para a capital Manaus, a participação de água subterrânea era de 1.711 L/s (32,9%) na produção total. Atualmente a participação da água subterrânea no abastecimento é ainda maior.

Na **Província Escudo Central**, em face de ausência quase total de informações hidrogeológicas, estima-se que os aquíferos mais promissores correspondem aos arenitos proterozóicos (Beneficente, Pacaás Novas). As rochas fraturadas do Embasamento também apresentam razoáveis possibilidades, devido à alta pluviosidade da área. Os outros sistemas aquíferos (Aluviões antigas, Sedimentos colúvio-aluviais, Pedra de Fogo, Água Bonita, Gorotire, Pimenta Bueno e Rio Fresco) foram classificados como de pequeno porte quanto à sua importância hidrogeológica representativa, quer sob o ponto de vista litológico, com predominância de folhelhos e/ou siltitos sobre areias e/ou arenitos, ou devido às áreas de ocorrência muito restritas.

No Estado de Pará, com extensão territorial substancial inserida nas rochas fraturadas do embasamento da Província Escudo Central, constata-se que o sistema do aquífero fraturado é capaz de atender às demandas hídricas das pequenas comunidades, de forma economicamente compatível com as disponibilidades financeiras dos municípios de pequeno e médio porte (Marques & Araújo, 1994). O mesmo ocorre nos Estados de Mato Grosso e Rondônia, onde as expressões territoriais das rochas fraturadas dentro da mesma província são igualmente grandes.

Em Redenção – cidade no sul do Pará – a prospecção hidrogeológica, com apoio de trabalhos de geofísica (eletroresistividade), indicou algumas estruturas aquíferas favoráveis no substrato granítico da área. Dois poços-testes de 60 m de profundidade obtiveram vazões de 30 m/h e 40 m/h, respectivamente, ou seja, três a quatro vezes superiores à média esperada para este tipo de ambiente geológico (Araujo, Paulo P et al., 1994).

A **Província Parnaíba**, corresponde à bacia sedimentar do Parnaíba (também chamada do Meio-Norte) e abrange uma superfície de 600.000 km², representando a principal na região do Nordeste brasileiro. Os seguintes fatores geológicos conjuntamente condicionam a hidrogeologia da área:

- A forma da bacia quase circular;
- Os falhamentos da borda oeste;
- Os mergulhos das camadas geológicas dirigidas para o interior da bacia;
- Os eixos de maior subsidência das unidades Serra Grande e Cabeças;
- As intrusões de diabásio.

As formações geológicas se apresentam conforme uma série alternante de camadas permeáveis e menos permeáveis, dando origem a três sistemas aquíferos de extensão regional, em condições hidráulicas ora livres, ora confinados (às vezes surgentes).

Os principais sistemas aquíferos, ordenados conforme suas importâncias de produção são: 1) Cabeças, 2) Serra Grande e 3) Poti-Piauí. Outros aquíferos menos produtivos correspondem às formações Motuca, Corda e Itapecuru. Os três principais sistemas aquíferos possuem, em geral, águas de boa qualidade química havendo, porém riscos de salinidade na direção do interior da bacia.

Os aquíferos principais, Cabeças e Serra Grande, poderão ser captados através de poços com profundidades de até 400 e 700 m, respectivamente, nas áreas rebaixadas dos vales e nas zonas de ocorrência das formações impermeáveis contínuas, principalmente no Estado de Piauí. As vazões de exploração dos poços perfurados podem variar de algumas dezenas até várias centenas de m³/h.

No Estado do Piauí, que se insere em sua quase totalidade (90% da área) na Província Parnaíba, os principais sistemas aquíferos são representados pelas formações Cabeças, Serra Grande e Poti-Piauí, além de outros de menor porte, que vêm sendo aproveitados intensivamente para o abastecimento público. Muitas indústrias e particulares também utilizam o manancial subterrâneo para suprir suas necessidades de água. No Vale do Gurguéia, sul do Piauí, o Projeto de Irrigação do DNOCS explora os aquíferos profundos (Cabeças e Serra Grande) para a agricultura irrigada. Feitoso *et al.* (1990) analisando as baterias de poços existentes no Vale do Gurguéia propuseram a exploração de uma descarga global de 3.577 m³/h, capaz de irrigar uma área de 850,0 ha distribuída, em módulos, ao longo de 100 km. Acrescentaram, ainda, que essa descarga podia ser considerada como sustentável.

No Estado do Maranhão, parte integrante dessa bacia, a espessura total de sedimentos atinge a casa dos 2.000 m ou mais. Levando em consideração o relevo da região marcado por topografias elevadas, torna-se problemática a captação dos principais sistemas aquíferos (Cabeças, Serra Grande e Poti-Piauí), devido aos níveis d'água profundos. Assim, podem ser considerados, para efeito de perfurações para água, os aquíferos Corda-Motuca e Itapecuru. Os poços perfurados nestes aquíferos apresentam profundidades variando de 100 a 400 m, produzindo vazões de algumas até várias dezenas de m³/h (média em torno de 20 m³/h). As águas são geralmente de boa qualidade química, com exceção das do aquífero Codó, que se apresentam, muitas vezes, com altos índices de dureza.

Na **Província São Francisco** predominam os aquíferos restritos às zonas fraturadas em quartzitos, metagrauvacas, metaconglomerados, calcários e dolomitas, de idade proterozóico superior (Chapada Diamantina e Bambuí). Os aquíferos tornam-se mais amplos, quando ocorrem associados com rochas porosas do manto de intemperismo, ou, no caso dos calcários e dolomitas, onde a dissolução cárstica atuou amplamente. Poços tubulares de 60 a 200 metros de profundidade fornecem vazões da ordem de 10 m³/h, se bem que, não raro, podem alcançar valores de diversas dezenas m³/h. Esta Província situa-se em sua maior parte no estado da Bahia. Os domínios hidrogeológicos de destaque são aqueles representados pelos calcários e pelos quartzitos.

No domínio dos Calcários, o aquífero Bambuí tem sua maior representação territorial na região da Chapada de Irecê. Atualmente, já existem mais de 2.000 poços tubulares para abastecimento de localidades e utilização em pequenos projetos de irrigação. No domínio dos Quartzitos, o aquífero Chapada Diamantina, com maior expressão areal na região homônima, o aproveitamento das águas subterrâneas através de perfurações de poços também já é bastante avançado.

Apresentam-se como exemplo na tabela 01 algumas características médias sobre os principais aquíferos da Bahia, com base nos dados de poços cadastrados na CERB-Companhia de Engenharia Rural da Bahia, naquela época.

Outro sistema aquífero é encontrado nas coberturas de extensão regional formados por sedimentos mesozóicos, Ku, Urucuia (+Areado + Mata da Corda), que se constituem de arenitos finos a médios predominantes sobre argilitos e conglomerados. A condição morfológica de tabuleiro elevado e a litologia fina a média não impediram a exploração intensiva para a irrigação deste sistema nos últimos tempos, impulsionada pela agroindústria crescente. No lado oeste da

Bahia, o aquífero se apresenta com pelo menos 350 metros de espessura saturada; poços perfurados têm profundidades médias de 250 a 300 m e produzem vazões em torno de 400 m³/h. Este fato começa a preocupar as autoridades, pois este aquífero ocupa uma função reguladora bastante importante para o escoamento do trecho médio do rio São Francisco.

Sedimentos aluviais e colúvio-aluviais, compostos por arenitos, limos, areias e cascalhos, proporcionam bons a razoáveis aquíferos. Coberturas terciário-quadernárias de areias e areias argilosas formam aquíferos locais restritos.

A **Província Escudo Oriental** consta de duas subprovíncias (Nordeste e Sudeste), onde predominam rochas cristalinas (gnaisses, xistos, migmatitos, granitos, quartzitos, entre outras) sendo o meio aquífero caracterizado pelas fissuras e diáclases interconectadas resultantes dos esforços tectônicos sofridos. Apresenta, em geral, potencial hidrogeológico muito fraco (Nordeste) ou fraco a médio (Sudeste). No Nordeste, o reduzido potencial hidrogeológico está relacionado às condições deficientes de circulação das águas subterrâneas, as quais, aliadas às condições de clima semi-árido, resultam também nas taxas excessivas de salinização destas águas. No Sudeste, as condições climáticas propiciam um manto de alteração que pode alcançar várias dezenas de metros de espessura, favorecendo melhores condições hídricas subterrâneas, tanto no aspecto quantitativo como qualitativo. Enquanto os poços no Sudeste apresentam vazões médias da ordem de 10 m³/h, com águas de boa qualidade química, no Nordeste as vazões têm valores médios entre 1 e 3 m³/h e as águas são, em geral, salinizadas (índices de STD-Sólidos Totais Dissolvidos variando entre 1.1 e 35.000 mg/L), tornando-as, muitas vezes, inadequadas para o consumo humano. Dependendo, entretanto, de critérios de locação tecnicamente consistentes, que levam em conta os aspectos influentes ligados aos esforços tectônicos (tipo e distribuição dos fraturamentos) e os condicionamentos morfológico, hidrológico e litológico, poderá ser aumentada a probabilidade de obtenção de vazões razoáveis e de águas de potabilidade adequada, capazes de atender às necessidades do uso doméstico e de abastecimento de pequenas comunidades. O limite econômico de perfuração no Sudeste situa-se em torno de 150 metros de profundidade, enquanto no Nordeste o mesmo é de, aproximadamente, 60 metros.

A **Província Paraná** está situada na parte meridional do País e correspondendo à Bacia sedimentar homônima. Sedimentos, em geral, clásticos e intrusões de derrames basálticos preenchem a mesma, atingindo uma espessura máxima de 7.800 metros. O aquífero mais importante é o Botucatu, que representa cerca de 80 % do potencial hidrogeológico da região, contribuindo, em grande parte, para o abastecimento de diversas áreas. É constituído por espessa sequência sedimentar de idade mesozóica, reunindo as formações Botucatu, Pirambóia, Rio de Rastro e correlatos. Em segundo lugar destaca-se o aquífero basáltico Serra Geral, comportando-se como fissurado, além do aquífero Baurú que engloba as formações Bauru e Caiuá. Os aquíferos de menor importância e que correspondem a clásticos de idade paleozóica, são: Furnas, Ponta Grossa e Aquidauana.

A Tabela 02 mostra as características médias dos poços perfurados nos principais aquíferos do Estado de São Paulo, considerados representativos para o âmbito da província.

Considerando as diferentes extensões dos vários aquíferos nos Estados que se localizam na Província Paraná, ocorrem também variações no número de poços em determinado aquífero de um estado para outro. No Estado de São Paulo, por exemplo, o maior número de poços situa-se no Sistema Bauru-Caiuá. Já nos Estados de Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, o maior número se localiza no aquífero Serra Geral (basaltos).

A Tabela 03 mostra as características médias dos poços que exploram o aquífero Serra Geral, nos Estados de Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Em virtude da importância hidrogeológica do aquífero Botucatu e seu caráter transfronteiriço, abrangendo vários países vizinhos, iniciou-se em 1990, a elaboração de projeto internacional, com a participação da Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai além do GEF – Fundo para o Meio Ambiente Mundial, BIRD – Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento (Integrante do Banco Mundial) e a OEA – Organização dos Estados Americanos. Foi proposta a designação de Sistema Aquífero Guarani (SAG) em substituição às denominações aquíferas anteriores - *Botucatu*-(Brasil), *Misiones*-(Argentina e Paraguai) e *Tacuarembó* (Uruguai), unificando-o do ponto de - vista hidrogeológica. O SAG, com espessura de 200 a 800 m, distribui-se numa área de aproximadamente 1.194.000 km², com extensão pela Bacia do Paraná no sudeste do Brasil (839.000 km²) e ao leste da Bacia Chaco-Paraná em territórios de Argentina, Paraguai e Uruguai (355.000 km²). A partir de 2005, o Projeto Sistema Aquífero Guarani iniciou seus estudos, concluindo o projeto em 2008.

No início dos trabalhos, constatou-se que o SAG não se distribuía de forma homogênea em toda a sua extensão. Ao contrário, a ocorrência de intrusões de rochas básicas compartimenta o mesmo, principalmente nas áreas onde há influência das grandes estruturas regionais (Arcos de Ponta Grossa e do Rio Grande). Seus limites sul e oeste, em particular do lado da bacia de Chaco-Paraná, também eram bastante imprecisos. Outras indefinições se referem ao fluxo regional, às interconexões do SAG com as águas de formações superiores e/ou superficiais, além da transição de água doce-salgada na sua porção mais meridional.

Assim, os principais interesses do Projeto foram os seguintes pontos: definição de áreas de recargas/exutórios; direções do fluxo subterrâneo; interconexões com as formações sobrepostas e água superficial; características hidroquímicas gerais e específicas; caráter isotópico das águas; hidrotermalismo; locais de uso intensivo; áreas de interferência acentuadas; localização das áreas potenciais para aproveitamento; desenvolvimento de técnicas de sondagem e bombeamento; banco de dados e sistema de informações hidrogeológicas digital e georeferenciado; modelos conceituais e matemáticos; critérios de gerenciamento; proteção ambiental e uso sustentável; e, finalmente, envolvimento ativo da sociedade dos países participantes.

Por ocasião do término do projeto, no ano de 2008, foram geradas novas informações hidrogeológicas sobre o sistema aquífero Guarani, que têm fornecido subsídios para um gerenciamento efetivo de uso sustentável, integrado e participativo do aquífero em benefício às populações da Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai.

A **Província Escudo Meridional** situa-se no extremo sul do país, caracterizando-se por aquíferos restritos às zonas fraturadas das rochas cristalinas, de idades de Arqueano a Proterozóico Superior.

Os altos índices pluviométricos asseguram a perenização dos rios e contribuem para a recarga dos aquíferos cujas reservas são, em parte, restituídas a rede hidrográfica. Os poços perfurados têm uma profundidade média em torno de 73 m e uma vazão situada no intervalo de 1 a 36 m³/h, com uma média de 4,9 m³/h, o que é característico do aquífero explotado. O resíduo seco e a dureza, em geral muito baixos (médias de 230 mg/l e 7°F, respectivamente), indicam boa qualidade química das águas subterrâneas, podendo ser usadas para quaisquer finalidades, salvo pequenas restrições.

A **Província Centro-Oeste** compreende 4 subprovíncias: Ilha de Bananal; Alto Xingu; Chapada dos Parecis e Alto Paraguai, localizadas na região Centro-Oeste do País, no trecho onde se destaca uma cobertura fanerozóica pouco espessa. Apenas a subprovíncia Alto Paraguai dispõe de dados hidrogeológicos, os quais permitem localizar os aquíferos mais produtivos na cobertura cenozóica (Aluviões e Aluviões antigas). Os poços perfurados num total de 29

indicam, em termos médios, nível estático de 4,5 m, capacidade específica de 2,8 m³/h/m e profundidade dos poços de 50 m. Nas demais subprovíncias estima-se, com base nas características litológicas dos terrenos, que os melhores aquíferos correspondem aos sedimentos paleo-mesozóicos (Aquidauana, Botucatu) e cenozóicos (Aluviões antigas e Aluviões). Poços tubulares no aquífero Parecis apresentam valores de capacidade específica entre 10 e 15 m³/h/m: e atendem todo o sistema de abastecimento de Vilhena (RO).

A **Província Costeira** corresponde à extensa faixa litorânea do País, estendendo-se desde o Amapá até o Rio Grande do Sul, sendo formada pelas seguintes subprovíncias:

- Amapá;
- Barreirinhas e São Luis;
- Piauí/Ceará;
- Potiguar;
- Rio Grande do Norte/Paraíba/Pernambuco;
- Alagoas/Sergipe
- Recôncavo-Tucano-Jatobá/Chapada do Araripe;
- Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia;
- Rio Grande do Sul.

Em alguns trechos, a província apresenta-se com penetrações para o interior, como se observa nas áreas das bacias Potiguar e Recôncavo-Tucano-Jatobá. Neste contexto, inclui-se aqui, também, a Chapada do Araripe. Os aquíferos mais promissores e bem distribuídos correspondem aos clásticos inconsolidados e fracamente consolidados de idade cenozóica (Aluviões, Sedimentos flúvio-marinhos e eólicos e Barreiras), que mostram, em geral, bons índices de produtividade média, sendo aproveitados em diversas áreas para o abastecimento populacional.

O aquífero Barreiras, que ocupa maior espaço na área, apresenta-se com os seguintes resultados, em termos médios, para um universo de 1.880 poços cadastrados: profundidade 65 m, nível estático 13,8 m, vazão dos poços 8,7 m³/h, capacidade específica 3,16 m³/h/m.

Os clásticos médios e grosseiros de idade, principalmente, mesozóica que também se distinguem como aquíferos, em geral com elevados índices de produtividade média, são restritos a algumas subprovíncias.

Os mais importantes são citados, na Tabela 04, juntamente com os valores médios dos resultados obtidos nos poços tubulares:

O aquífero Barreiras, além de ser amplamente captado, principalmente para atender aos pequenos consumos localizados ao longo de toda a faixa litorânea, representa recurso de destaque no Rio Grande do Norte. Em meados dos anos 90, do número total de 365 poços, operados pela CAERN – Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte, nas diversas partes do Estado, 198 poços (54%) encontram-se no Barreiras, a maioria em suporte ao abastecimento da capital.

Nos Estados de Maranhão, Pará e Amapá, verifica-se que os aquíferos formados pelos depósitos terciários da Formação Alter do Chão, considerada equivalente à Formação Barreiras, também constituem importante recurso para o abastecimento geral, ao longo de toda a faixa litorânea (Bacia São Luís-Barreirinhas, área metropolitana de Belém, Marajá, dentre outras). Os poços, com exploração economicamente viável até a profundidade de 150 m, produzem vazões que variam de algumas a várias dezenas de m³/h, geralmente com valores de pH, quase sempre, inferiores a seis.

Até recentemente, a cidade de Mossoró, RN, era abastecida exclusivamente por poços captando o aquífero confinado Açu. Com a construção da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, parte desta bateria de poços foi desativada, sendo o município hoje abastecido conjuntamente pelos dois mananciais (superficial e subterrâneo). Parte significativa dos poços paralisados pela CAERN, é hoje em dia utilizada pelo INCRA, no abastecimento de comunidades assentadas na área da antiga MAISA (Mossoró Agro-Industrial Ltda.). O manancial também é intensivamente utilizado na fruticultura industrializada na região. Em decorrência das captações intensas, verificam-se rebaixamentos substanciais dos níveis piezométricos em alguns pontos de maior extração d'água, no decorrer do tempo.

AQUÍFERO	NÚMERO DE POÇOS	PROFUNDIDADE(m)	Q (m³/h)	TDS (mg/l)
p?b - Bambuí	1.280	88	9,8	250 - 1.000
p?b-Chapada Diamantina	215	74	8,9	250 - 1.000

TABELA 01 – CARACTERÍSTICAS MÉDIAS DOS PRINCIPAIS AQUÍFEROS PRÉ-CAMBRIANOS DA PROVÍNCIA SÃO FRANCISCO (Segundo Cunha, 1986).

AQUÍFERO	LITOLOGIA	PROF.(m)	Q (m³/h)
Bauru (Kb)	Arenitos calcíferos argilosos	100 - 200	8 - 30
Caiuá (Kc)	Arenitos	50 - 100	30 - 100
Botucatu (TRKb)	Arenitos (aflorantes)	200 – 1.500	60 - 600
Botucatu (TRKb)	Arenitos (confinados)	200 – 1.500	60 – 600
Itararé (PCi)	Lamitos, bancos de arenitos	100 – 300	7 – 20
Serra Geral (JKsg)	Basaltos, diabásios	100 - 150	10 - 100

TABELA 02 – POÇOS PERFURADOS NA PROVÍNCIA PARANÁ – ESTADO DE SÃO PAULO (adaptado de São Paulo, DAEE, 1990).

ESTADO	AQUÍFERO	Nº POÇOS	PROF.(M)	Q (M ³ /H)
PARANÁ	S. GERAL	1.382 ⁽¹⁾	109,00	16,00
SANTA CATARINA	S. GERAL	2.000 ⁽²⁾	100,00	7,20
R. G. DO SUL	S. GERAL	1.592 ⁽³⁾	138,00	19,30
		2.129 ⁽³⁾	96,30	9,70

TABELA 03 – Poços perfurados no Aquífero Serra Geral nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (adaptado de SANEPAR-Saneamento do Estado do Paraná; CIDASC – Companhia de Integração de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina; CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento. (in, Mente, 1996).

SUBPROVÍNCIA	AQUÍFERO	Nº POÇOS	PROF.(M)	Q (M ³ /H)
Potiguar	Jandira ⁽¹⁾	71	143	11,70
	Açu ⁽²⁾	15	700	100,00
PE/PB/RN	Beberibe	254	143	52,00
Recôncavo/Tucano/Jatobá	Tacaratu	11	87	5,60
	Marizal	104	110	15,10
	São	133	117	26,20
	Sebastião	67	107	12,10
	Ilhas			
Chapada do Araripe	Missão	42	123	121,00
	Velha	20	99	45,00
	Mauriti			

(1) Potabilidade permanente das águas é, em média, medíocre, porém a água é amplamente utilizada na agricultura.

(2) A qualidade química das águas é geralmente boa, exceto numa área no graben localizado no centro da bacia.

TABELA 04 – VALORES MÉDIOS DOS POÇOS TUBULARES DAS SUBPROVÍNCIAS POTIGUAR, PERNAMBUCO/PARAÍBA/RIO/GRANDE DO NORTE E RECÔNCAVO/TUCANO/JATOBÁ.

No Recife, o aquífero Beberibe é intensivamente solicitado por cerca de 140 poços tubulares da Compesa – Companhia Pernambucana de Saneamento, em suporte ao abastecimento da cidade, principalmente em períodos de seca, como nos meados dos anos 90. Verificou-se aqui, também, rebaixamentos significativos dos níveis piezométricos nos pontos de maior extração concentrada pelos poços.

A Bacia Recôncavo-Tucano, no Estado da Bahia, do ponto de vista da importância hidrogeológica para exploração de água subterrânea, pode ser resumida à Formação São Sebastião, Grupo Ilhas e Formação Sergi. O São Sebastião é considerado um dos melhores aquíferos do estado, possui espessura variando de 100 a 3.000 m, com excelente qualidade química até cerca de 900 m. Fornece altas vazões aos poços, em torno de 200 m³/h (Camaçari, Pojuca e no litoral). O grupo Ilhas possui espessura de 600 a 1.500 m, apresentando em sua porção média-superior, boas características aquíferas. Com afloramentos na porção centro ocidental da bacia, o aquífero está extensivamente presente em subsuperfície, produzindo água com artesianismo surgente e água de boa qualidade até profundidades de 800 m. A Formação Sergi aflora, no interior da bacia, como faixas alongadas na direção Norte-Sul. Possui espessura variável entre 100 e 400 m no Recôncavo, sendo de menor possança na Bacia de Tucano.

A Bacia de Jatobá, no Estado de Pernambuco, é um prolongamento da Bacia Recôncavo-Tucano. As formações Inajá e Tacaratu constituem os principais sistemas aquíferos da bacia. Os poços existentes no aquífero principal, Tacaratu, apresentam profundidades entre 50 e 250 m, com vazões de 5 a 30 m³/h e, em alguns casos, (Município de Inajá), com vazões de exploração chegando até 90 m³/h.

A Bacia do Araripe (Vale do Cariri) está situada no alto Jaguaribe, no Estado do Ceará. O sistema aquífero de Araripe-Cariri está formado por um conjunto sedimentar cuja espessura total é da ordem de 1.000 m, composto da Chapada do Araripe, que é um alto morfológico planar sem nítida rede hidrográfica, e com altitude média de 750 m, tendo no seu lado norte, com um desnível de 300 m, uma planície representada pelo Vale do Cariri. O sistema Araripe-Cariri engloba três importantes aquíferos correspondentes às formações Mauriti, Missão Velha e Feira Nova. Na planície existem excelentes condições de exploração de água subterrânea, cujos poços com profundidades de 140 a 170 m e vazões de 60 até 100 m³/h, abastecem cidades importantes da área (Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha).

2.1.2. Domínios Hidrogeológicos do Brasil

Segundo a CPRM (2004, op.cit), dentre os Domínios Hidrogeológicos do Brasil, mostrados na figura 02, destacam-se aqueles constituintes das Bacias Sedimentares (figura 03), que atingiram sua plenitude durante o Fanerozóico, sobressaindo-se, entre elas, as bacias paleozóicas do Paraná, do Parnaíba e do Amazonas.

O empilhamento estratigráfico dessas bacias permitiu o desenvolvimento de sequências intercaladas de formações com elevadas porosidade e permeabilidade com formações de menor permeabilidade, de forma a originar sistemas alternados de aquíferos e aquitard/aquicludo. Os primeiros são representados por sedimentos predominantemente arenosos, enquanto nos outros predominam termos pelíticos (argilosos). Formam aquíferos porosos e apresentam condições livres e confinadas, localmente jorrantes.

A **Bacia Sedimentar do Amazonas (Província Amazonas)** é compartimentada por estruturas regionais em bacias menores: do Acre, Solimões e Amazonas. Ocupa boa parte da região norte do Brasil, coincidindo, em grande parte, com a bacia hidrográfica do rio Amazonas. Ocupa uma área de cerca de 1.300.000 km² e apresenta localmente espessuras que podem atingir milhares de metros.

A deposição de sedimentos ocorreu entre o Ordoviciano (490 Ma.) e o Terciário (1,75 Ma.). A sequência paleozóica a mesozóica de (490 a 65 Ma.) chega a 7.000 m de espessura, sendo recoberta pelos sedimentos terciários com espessura média em torno de 600 m. Os sistemas aquíferos mais importantes são o Solimões e Alter do Chão. O conhecimento hidrogeológico dessa região é reduzido. Cabe ressaltar que a elevada pluviometria regional, a natureza porosa desses aquíferos e a elevada densidade de cursos de água superficiais propiciam condições para que o nível d'água nos aquíferos seja raso.

Correlacionadas com a Província Amazonas ocorrem ainda as bacias dos Parecis, Alto Tapajós e do Tacutu, ainda pouco conhecidas do ponto de vista hidrogeológico (figura 03).

A Bacia dos Parecis compõe-se das formações Cacoal, formada por conglomerados, grauvacas, folhelhos e dolomitos de leques aluviais e idade siluro-devoniana, formações Furnas e Ponta Grossa – arenitos com seixos e folhelhos de idade devoniana, Pimenta Bueno – tilitos, folhelhos e arenitos e Casa Branca – conglomerados, arcóseos e folhelhos de idades Carmo-permo-triássicos. Ocorrem ainda derrames basálticos representados pelas formações Anari e Tapirapuã – jurássicas e arenitos da Formação Rio Ávila. O cretáceo restringe-se aos conglomerados e arenitos fluviais da Formação Parecis, encerrando-se a sequência por uma unidade arenosa de idade terciária, denominada de Formação Ronuro. Localiza-se na região centro-oeste do Brasil, no setor sudeste da Cráton Amazonas.

A **Bacia do Alto Tapajós** está situada a sudoeste da Bacia do Amazonas, com a qual aparentemente se comunica e a norte da Bacia dos Parecis, ocupando uma área de aproximadamente 105.000 km², atingindo espessuras de até 1.700 metros (Santiago et al., 1980).

Compreende uma megasequência paleozóica formada por duas supersequências siluro-devoniana e carbo-permo-triássica, sobre as quais é muito escasso o conhecimento hidrogeológico.

Informações obtidas de um poço existente na Serra do Cachimbo, com 1.029 metros de profundidade, mostram uma sequência que se inicia com conglomerados com clastos de rochas vulcânicas, passando a arenitos com seixos esparsos. Ocorrem ainda arenitos e argilitos interacamadados, ritmitos com níveis de micro-brechas, calcários e dolomitos. Não existem dados de produção deste furo, uma vez que ele destinava-se a outros fins que não para produção de água.

A **Bacia do Tacutu** é composta por um sistema de grábens com direção NE-SW com 380 km de extensão e 30 a 50 km de largura. Ocorre no Brasil e na República da Guiana, onde recebe o nome de North Savannas Rift Valey. No Brasil, a Bacia do Tacutu possui 4.500 km².

De acordo com Eiras et al (1994), seu preenchimento sedimentar compreende uma Supersequência Jurássica, englobando as formações Apoteri e Manari, a primeira representada por 1.200 metros de basaltos, enquanto que a segunda é constituída por siltitos vermelhos de ambientes lacustres. No cretáceo depositaram-se as formações Rupununi e Pirara (evaporitos, folhelhos e arenitos) e Tacutu (Arenitos flúvio deltáicos).

A **Bacia Sedimentar do Parnaíba** é a principal bacia da região Nordeste com relação à potencialidade de água subterrânea, com área de 600.000 km², ocupando boa parte dos estados do Piauí e Maranhão.

De acordo com Góes (1995), coincide com a Província Sedimentar do Meio-norte, haja vista a dificuldade de compreensão do quadro tectono-sedimentar no contexto de uma bacia única.

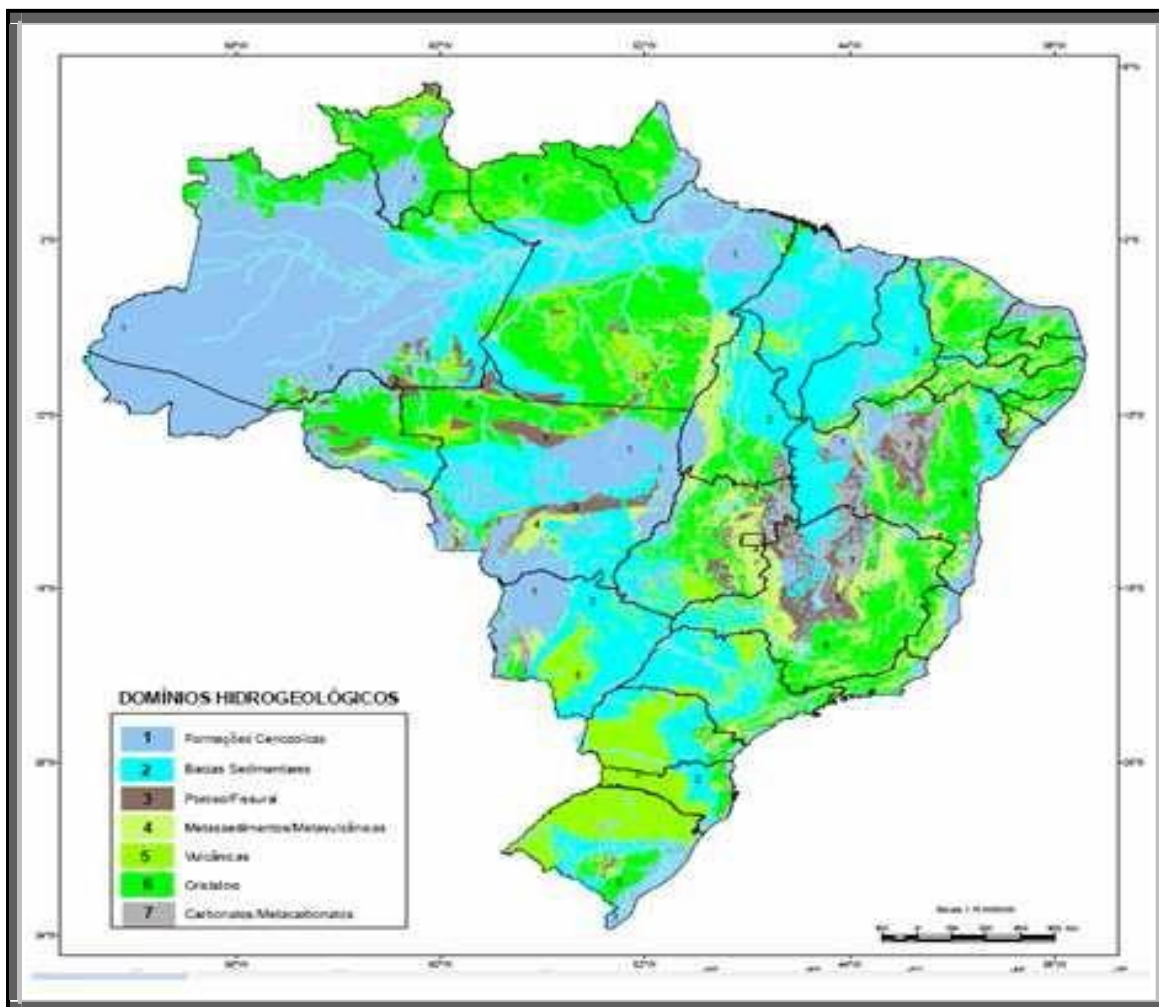


Figura 02 – Domínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2004).

Assim, consiste de quatro sítios deposicionais separados por discordâncias, denominadas de Bacia do Parnaíba propriamente dita, Bacia das Alpercatas, Bacia do Grajaú e Bacia do Espigão Mestre (Figura 04).

Sua espessura máxima no depocentro da bacia atinge cerca de 3.000 m, com deposição sedimentar estendendo-se desde o Siluriano (440 Ma.) até o Cretáceo (65 Ma.).

Do ponto de vista hidrogeológico destacam-se os seguintes sistemas aquíferos regionais: Cabeças, Serra Grande, Poti-Piauí e Itapecuru.

A água subterrânea representa a principal fonte de abastecimento das populações dos estados do Piauí (mais de 80% do total) e do Maranhão, onde 70 % das cidades usam água de poços.

Esta província ocupa uma área de 1.050.000 km² apenas em território brasileiro, estendendo-se para os territórios da Argentina, Paraguai e Uruguai (Milani e Thomaz Filho, 2000). Compreende três áreas de sedimentação independentes, separadas por profundas discordâncias: Bacia do Paraná propriamente dita, Bacia Serra Geral, compreendendo os arenitos eólicos da Formação Botucatu e os derrames basálticos da Formação Serra Geral, e a Bacia Bauru, intracratônica.

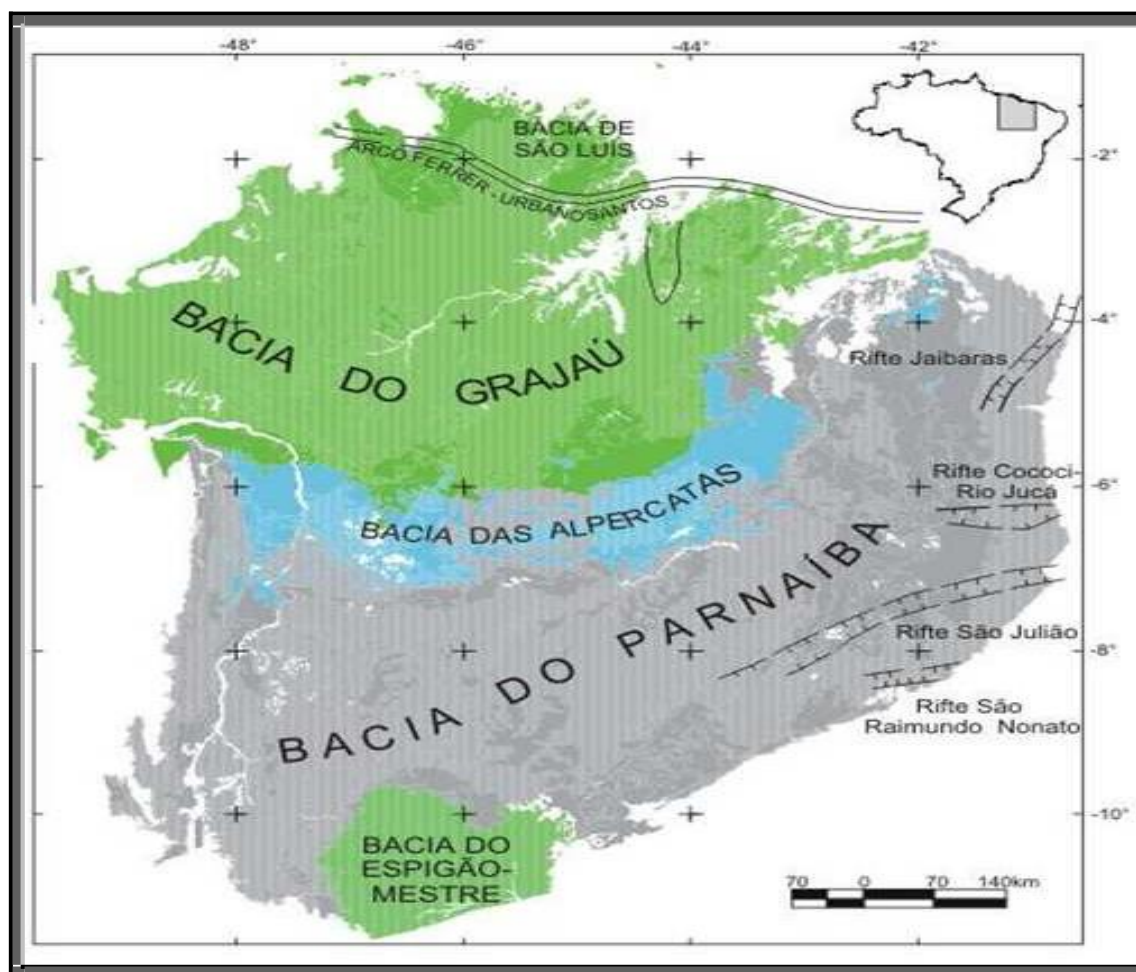


Figura 04 – Unidades geotectônicas da Província Parnaíba (Góes, 1995).

Comporta importantes sistemas aquíferos sedimentares, entre eles o sistema aquífero Guarani, um dos maiores mananciais subterrâneos do mundo, o sistema aquífero Serra Geral, formado por rochas que constituem um dos mais expressivos derrames globais de lavas basálticas, que originam um sistema fraturado, além dos sedimentos dos grupos Bauru e Caiuá, os quais originam o sistema aquífero Bauru-Caiuá. Nas regiões da borda da bacia sedimentar, merecem destaque os sistemas aquíferos Furnas e Ponta Grossa.

A exploração destes aquíferos, nas porções mais centrais da bacia, é dificultada pelas elevadas profundidades necessárias para os poços.

No estado de São Paulo, os principais sistemas aquíferos explorados estão situados na Bacia do Paraná.

No Brasil ocorrem várias outras Bacias Sedimentares Paleozóicas Interiores no Escudo Atlântico, situadas nas províncias Borborema, São Francisco, Mantiqueira e Tocantins, porém fora das grandes províncias sedimentares (Amazônia, Parnaíba e Paraná), destacando-se as descritas a seguir:

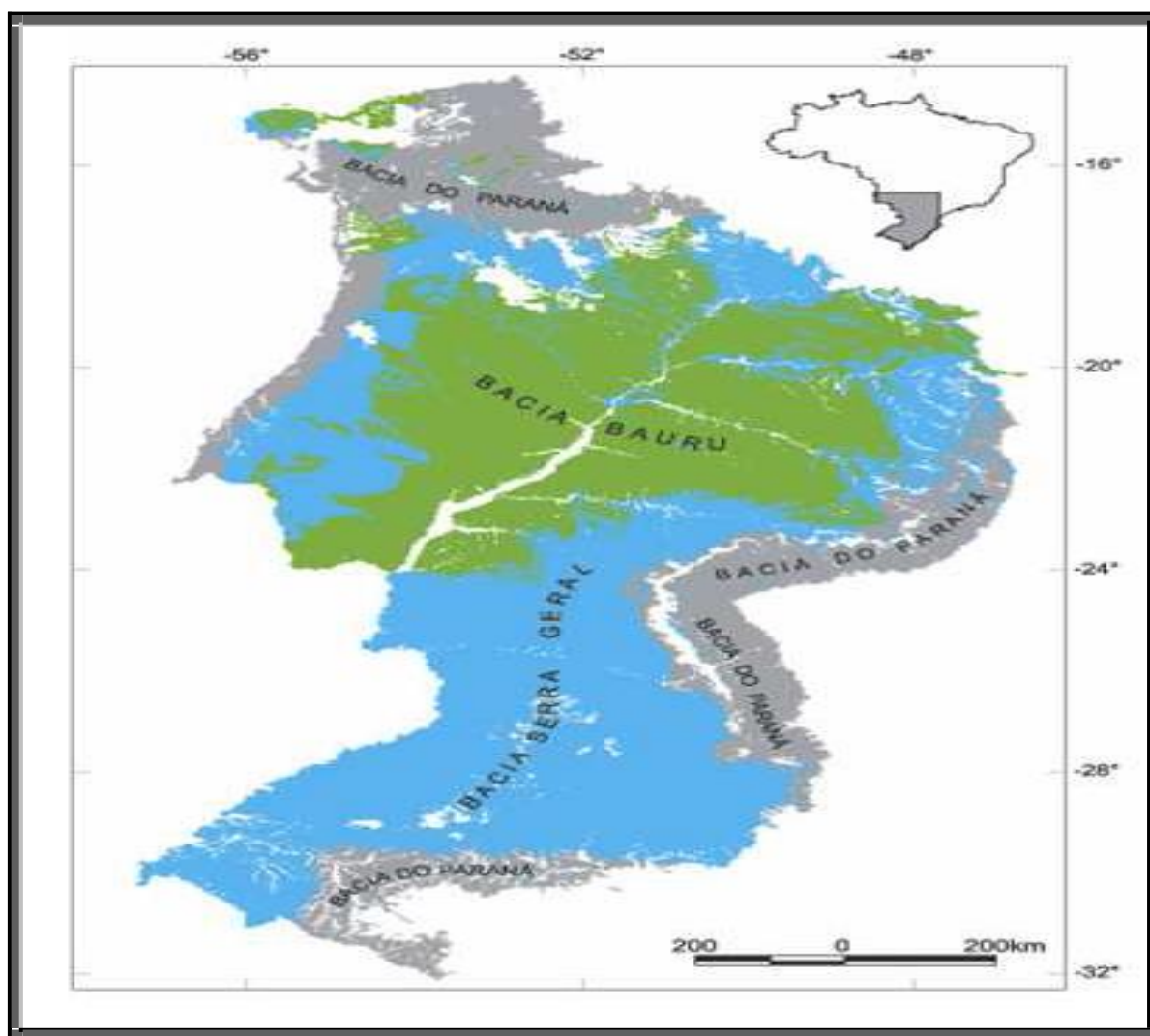


Figura 05 – Província Sedimentar Meridional (segundo CPRM, 2003).

As principais bacias cambro-ordovicianas da **Província Mantiqueira** são as de Castro, Guaratubinha, Camarinha, Campo Alegre, Itajaí e Camaquã.

A primeira situa-se a noroeste de Curitiba, estando parcialmente coberta pela Bacia do Paraná. Compreende três sequências a primeira das quais (Tronco) é formada por derrames andesíticos, seguidos por conglomerados e arenitos conglomeráticos; a segunda sequência, denominada Piraí do Sul, consiste de arenitos arcoseanos e lamitos, enquanto que a sequência Tirania (superior), é formada por brechas piroclásticas e lamitos.

A Bacia de Guaratubinha consiste de cinco associações litológicas, desde uma sequência basal, clástica e grosseira, duas sequências vulcânicas ácidas, uma vulcânica intermediária, finalizando com uma sequência superior, de caráter vulcanoclástica.

A Formação Camarinha aflora imediatamente a leste da Bacia do Paraná, estando parcialmente coberta por ela. Compreende arenitos grossos a finos, siltitos e argilitos/folhelhos, sendo frequentemente cortada por diques de diabásio.

A Bacia Campo Alegre situa-se no extremo nordeste de Santa Catarina, com preenchimento vulcanossedimentar composto por conglomerados, arcóseos, siltitos e raros argilitos, além de derrames basálticos.

A Bacia de Itajaí é descrita como uma antefossa molássica, sendo preenchida pelo Grupo Itajaí, composto por uma unidade arenítica basal e uma siltosa no topo.

A Bacia de Camaquã, situada no estado do Rio Grande do Sul, compreende três sub-bacias – Camaquã Ocidental, Central e Oriental, separadas pelos arcos de Caçapava do Sul e Serra das Esmeraldas. Todas são preenchidas pelo Grupo Camaquã, que possui 6.000 m de espessura e é composto, da base para o topo, pelas formações Maricá – clásticos continentais, Subgrupo Crespos, de natureza vulcanossedimentar e Formação Santa Bárbara, no topo, de ambientes transicional e marinho.

Além destas, são conhecidas as bacias de Eleutério e Pouso Alegre, no nordeste do estado de São Paulo, Pico do Itapeva, no mesmo estado, Ervalzinho, no Paraná, Corupá em Santa Catarina e Guaritas, no estado do Rio Grande do Sul.

Na **Província Tocantins** são conhecidos o conglomerado Rio das Barreiras, no estado de Goiás e a Formação Água Bonita, aflorante a noroeste do mesmo estado.

Nas províncias Borborema e São Francisco, ambas situadas no nordeste do Brasil, estas bacias paleozóicas adquirem maior importância, quer pela carência hídrica da região, quer pela sua grande área de ocorrência.

As **Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá**, situam-se na região nordeste do Brasil, abrangendo parte dos estados da Bahia, Sergipe e Pernambuco, sendo formadas por sistemas de grabens de direção N/S (Recôncavo-Tucano), que muda abruptamente para E/W, constituindo a Bacia do Jatobá. Estas três bacias encontram-se separadas umas das outras por altos do embasamento, o Alto de Aporá separando as bacias do Recôncavo e Tucano, enquanto que o Alto do São Francisco separa esta última da Bacia do Jatobá.

Em termos hidrogeológicos podem ser ressaltados os seguintes pontos:

- Bacia do Jatobá – Essa bacia tem cerca de 5.600 km² localiza-se no estado de Pernambuco, apresentando como principal sistema aquífero os sedimentos paleozóicos das formações Inajá e Tacaratu;
- Bacia de Tucano – As formações paleozóicas Inajá e Tacaratu formam os sistemas aquíferos homônimos nessa bacia. Merecem destaque ainda os sedimentos cretáceos das formações Marizal e São Sebastião, que formam importantes sistemas aquíferos, e a cobertura cenozóica representada pelo sistema Barreiras. A área dessa bacia é de cerca de 28.400 km², localizando-se no estado da Bahia.
- Bacia do Recôncavo – As formações cretáceas São Sebastião e Marizal representam os principais sistemas aquíferos dessa bacia. Ocorre em uma porção do estado da Bahia, ocupando cerca de 11.000 km².

A **Bacia do Araripe** ocupa uma área de cerca de 9.000 km², abrangendo parte do semi-árido dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí.

Seu preenchimento abrange três sequências cratônicas, correspondentes às sequências pré-rifte - formações Mauriti (Siluro-Devoniana) - conglomerados e arenitos conglomeráticos de leques aluviais, Brejo Santo (Jurássico) – folhelhos, argilitos e siltitos de origem lacustre e Missão Velha, também Jurássica, que consiste em depósitos de rios meandantes.

A fase rifte é representada pela Formação Abaiara, de idade jurássica, composta por sistemas de deltas flúvio-lacustres;

Na fase pós-rifte, foram depositadas as formações aptiano-albianas Rio da Batateira (arenitos conglomeráticos, arenitos, siltitos e folhelhos), Santana (folhelhos, calcários, argilas, margas e evaporitos) e Arajara, formada por sedimentos terrígenos de granulação fina.

Discordantemente por sobre essas unidades ocorre a Formação Exu, composta por arenitos argilosos, de depósitos de canal e argilitos de planícies de inundação.

A **Bacia Sedimentar Sanfranciscana**, recobre uma área de aproximadamente 150.000 km², abrangendo parte dos estados do Tocantins, Goiás, Bahia e Minas Gerais. Iniciou o seu desenvolvimento no final do Proterozóico, com a deposição do Grupo Bambuí, do Neoproterozóico (850 a 650 Ma.), com espessuras da ordem de até 2.500 m. Constitui importante sistema aquífero cárstico-fissural, de produtividade muito variável, função da heterogeneidade dos terrenos cársticos.

Recobrando esse grupo, e separada por diferenças tectônicas, estratigráficas e ambientais esta bacia está dividida em dois subdomínios: Sub-bacia Urucuia, a norte, e Sub-bacia Abaeté, ao sul. Destacam-se as formações eólicas componentes do Grupo Urucuia, que constituem excelentes unidades aquíferas.

Um conjunto de seis bacias paleozóicas, todas siluro-devonianas, pequenas em área de ocorrência, mas de grande importância hidrogeológica ocorre no interior de estado de Pernambuco:

- Bacia do Cedro: Preenchida pelas formações Mauriti e Brejo Santo, ocupando uma área de 168 km²;
- Bacia de São José do Belmonte: Abrange uma área de 744 km²; seu preenchimento se faz com as formações Mauriti e Missão Velha;
- Bacia de Fátima: Área de 138 km², preenchida pela Formação Tacaratu;
- Bacia de Mirandiba: Área de 143 km², Formação Tacaratu e Grupo Brotas;
- Bacia de Carnaubeira da Penha: Estende-se por uma área de 136 km², estando preenchida por sedimentos pertencentes à Formação Tacaratu;
- Bacia de Betânia: Ocupa uma área de aproximadamente 280 km², ocorrendo sedimentos da Formação Tacaratu e coberturas colúvio-eluviais.

Ocorrem ainda na Província Borborema um conjunto de pequenos riftes, de idade paleozóica, alongados no sentido NE-SW que afloram no estado do Ceará e continuam na direção sudoeste por baixo da Bacia do Parnaíba e bacias de antepaís e “piggy-back”, relacionadas com a Faixa Sergipana, conforme mostrado na figura 06 (Brito Neves, 1998).

As bacias sedimentares do Mesozóico (250 a 65 Ma.), em geral de dimensões inferiores às do Paleozóico, são comuns no território brasileiro, e concentram-se mais na região litorânea e, nesse caso, quase sempre têm uma parte imersa. Têm espessuras variáveis, mas, em geral, são espessas, podendo atingir alguns milhares de metros.

As principais bacias sedimentares mesozóicas costeiras, em relação ao potencial hidrogeológico, são:

- Bacia Potiguar – Ocupa uma área de cerca de 25.000 km² nos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. Tem como principais aquíferos o Açu e o Jandaíra, este último do tipo cárstico-fraturado;

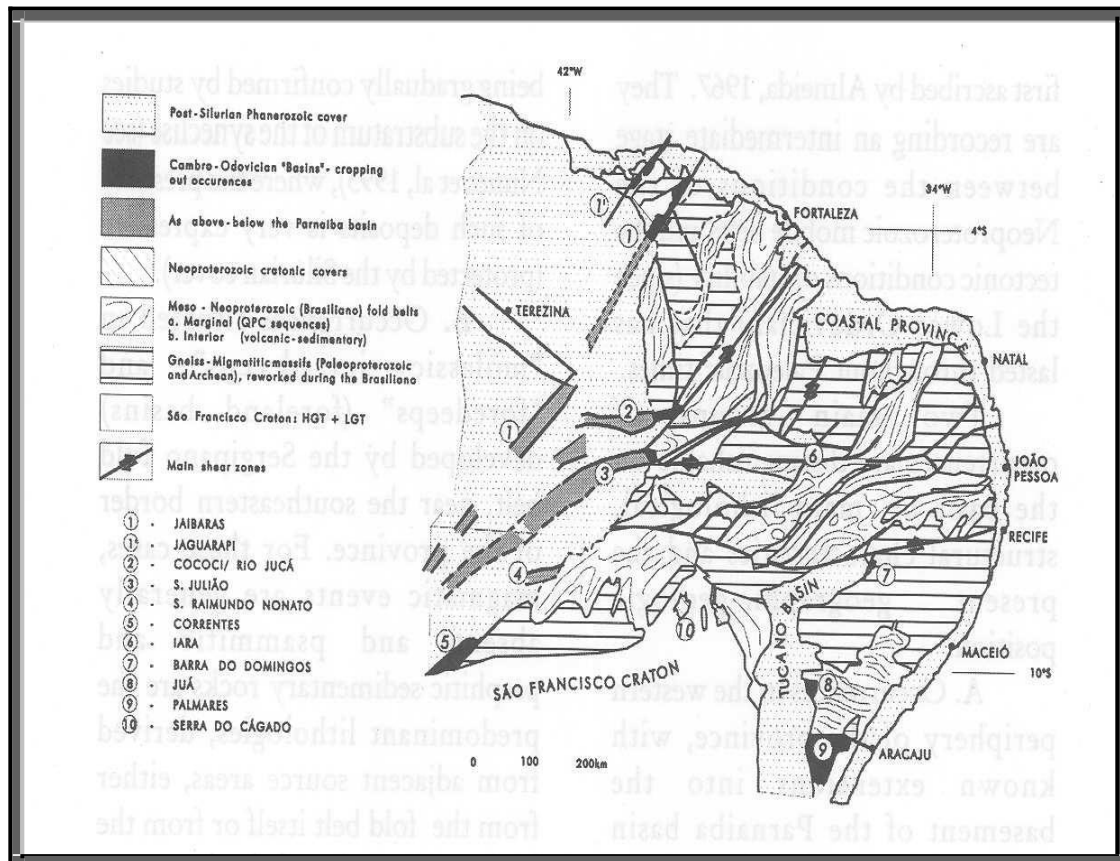


Figura 06 – Ocorrências Cambro-Ordovicianas no Nordeste do Brasil (Brito Neves, 1998).

- Bacia Pernambuco-Paraíba – Ocupa a costa oriental nordestina, entre o Rio Grande do Norte e Pernambuco, com cerca de 9.000 km², tendo como principal sistema aquífero a Formação Beberibe.
- Bacia Sergipe – Alagoas - Situa-se na margem continental nordeste do Brasil, apresentando, em sua porção continental, uma área de aproximadamente 13.000 km². Sua porção submersa possui uma área de cerca de 40.000 km². Seus principais aquíferos são as Formação Penedo, Serraria, Muribeca e Riachuelo.

A bacia é representada por um rifte assimétrico, alongado na direção NNE/SSW e limitada ao norte com a Bacia Pernambuco, pelo Alto de Maragogi, e a sul com a Bacia do Jacuípe, pelo sistema de falhas de Vaza-Barris. Divide-se em duas sub-Bacias, Alagoas e Sergipe, separadas pelo alto de Jaboatã-Penedo, nas imediações do Rio São Francisco.

Mais para o interior do continente, as principais bacia sedimentares interiores cretáceas são a Bacia do Rio do Peixe, no estado da Paraíba e as bacias de Iguatu, Malhada Vermelha, Lima Campos e Icó, todas no estado do Ceará.

A bacia sedimentar do **Rio do Peixe** é uma bacia sedimentar do tipo interior e encontra-se preenchida por sedimentos originados de leques aluviais, fluvial e fluvio-lacustre. Compõe-se das formações Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas, todas de idades Cretáceas. Por toda a bacia ocorrem extensos depósitos aluvionares, de idade Quaternária.

Litologicamente a Formação Antenor Navarro é constituída, por arenitos finos a grossos, com intercalações de siltitos e argilitos (leque aluvial e fluvial entrelaçado). A Formação Sousa é constituída por siltitos, argilitos, folhelhos e arenitos calcíferos (fluvio-lacustre). A Formação Rio Piranhas é constituída por arenitos finos a conglomeráticos (leque aluvial e fluvial entrelaçado).

A configuração geológica descrita acima permite definir a existência de dois aquíferos, Rio Piranhas e Antenor Navarro, separados pela Formação Souza que apresenta características de um aquíclodo ou aquíclard. O potencial hidrogeológico pode ser considerado variando de bom a médio e a exploração de água subterrânea já apresenta um nível significativo.

Na região sudeste do Ceará existe um conjunto de quatro pequenas bacias sedimentares mesozóicas interiores - **Iguatu, Malhada Vermelha, Lima Campos e Icó**, situadas entre o primeiro e o último destes municípios, que ocupam uma área aproximada de 1.000 km².

A bacia de Iguatu, a de maior extensão, com aproximadamente 55 km de comprimento, tem uma área total de 715 km², ocupando uma faixa de formato ligeiramente elíptico, com eixo principal na direção NE-SW.

A bacia de Malhada Vermelha está localizada a leste da bacia de Iguatu, formando uma pequena depressão com formato ligeiramente retangular, na direção NE-SW e ocupa uma área aproximada de 43 km².

A bacia de Lima Campos, com uma área total de 104 km², tem eixo principal também na direção NE-SW.

A bacia de Icó ocupa uma faixa estreita e alongada, e possui cerca de 3 km de largura e 46 km de comprimento, perfazendo uma área de aproximadamente 127 km².

Bredegal (1991, in “Estudos hidrogeológicos de bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro, CPRM, 2004”) calculou uma espessura máxima para a bacia de Iguatu de 1.750 a 1.790 metros, baseado em estudos geofísicos de gravimetria, enquanto outros autores estimam uma espessura em torno de 2.700 metros para a bacia de Lima Campos com base na relação angular (mergulho) dos sedimentos que a constituem.

Os sedimentos que as preenchem constituem três sistemas aquíferos denominados Icó, Malhada Vermelha e Lima Campos.

Os sistemas Icó e Malhada Vermelha têm comportamento livre a semi-confinado, quando não aflorantes, enquanto que o Sistema Lima Campos tem comportamento de aquífero livre.

Outro importante Domínio Hidrogeológico é aquele representado pelas Formações Cenozóicas (figura 07), constituído por pacotes de rochas sedimentares de naturezas e espessuras diversas, que recobrem as rochas mais antigas, ora aquelas que preenchem as bacias sedimentares, ora diretamente o embasamento cristalino Pré-cambriano.

Em termos hidrogeológicos, tem um comportamento de aquífero poroso, caracterizando-se por possuir porosidade primária, e valores de permeabilidade bastante variados, função direta dos diferentes tipos litológicos que ocorrem dentro deste domínio.

A depender da espessura e da razão areia/argila dessas unidades, podem ser produzidas vazões significativas nos poços tubulares perfurados, sendo, contudo bastante comum que os poços localizados neste domínio, captem água dos aquíferos subjacentes. Este domínio está representado por sedimentos relacionados temporalmente ao Quaternário e Terciário (aluviões, coluviões, depósitos eólicos e flúvio-lagunares, de leques aluviais, depósitos de pântanos e mangues, areias litorâneas, arenitos de praia, coberturas detriticas e detriticas-lateriticas diversas e coberturas residuais).

Os principais aquíferos componentes deste domínio são a Formação Barreiras, ocorrente de norte a sul do Brasil e os depósitos aluviais, de intensa utilização, principalmente nas regiões norte e nordeste do país.

O Domínio Poroso-Fissural (figura 08), envolve pacotes sedimentares com muito baixo grau metamórfico, onde ocorrem litologias essencialmente arenosas com pelitos e carbonatos no geral subordinados.

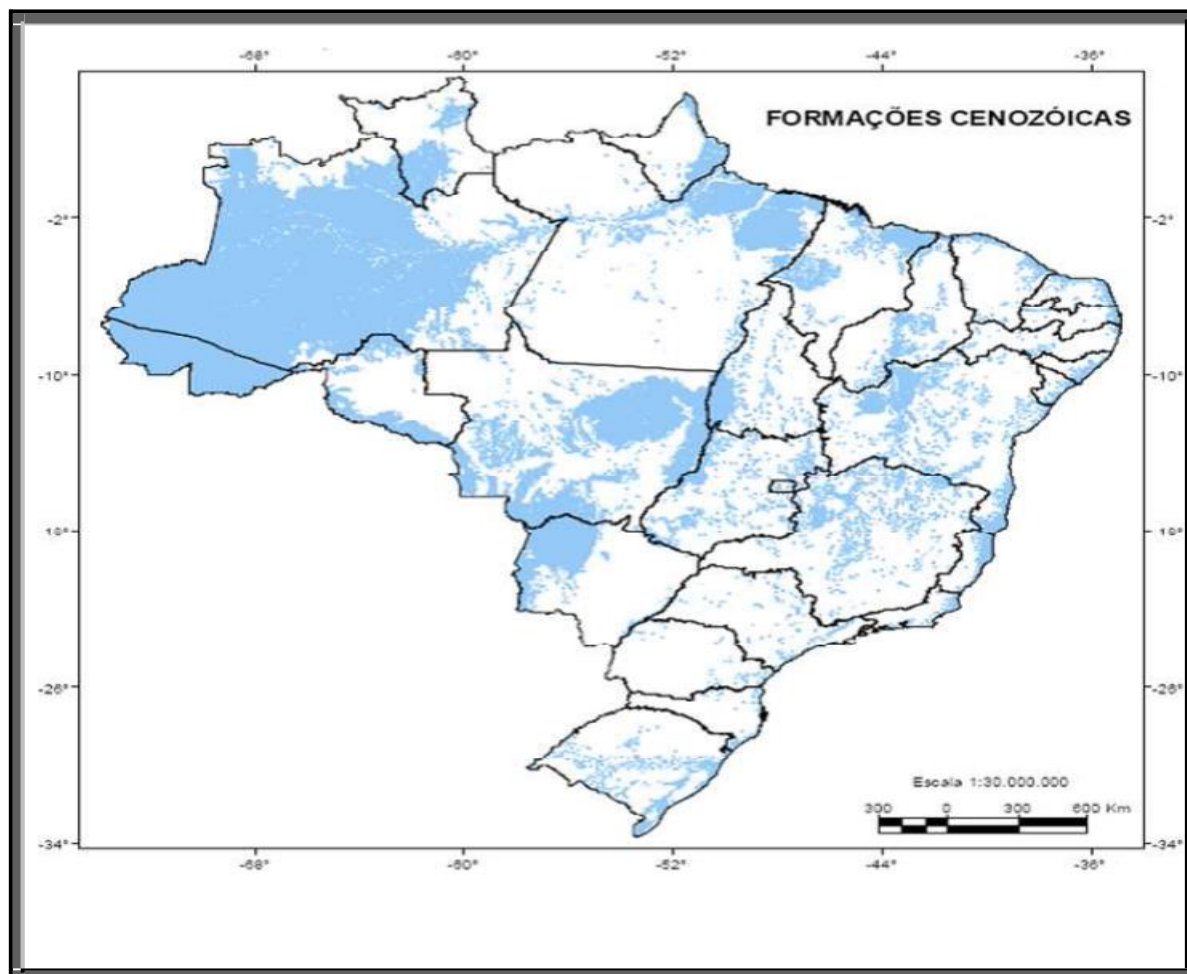


FIGURA 07 – Formações Cenozóicas (CPRM, 2004).

Tem como características gerais uma litificação acentuada, forte compactação e fraturamento acentuado, o que lhe confere, além do comportamento de aquífero granular com porosidade primária baixa a média, um comportamento fissural acentuado (porosidade secundária de fendas e fraturas), motivo pelo qual se enquadra com mais propriedade como aquífero do tipo misto, com baixa a média favorabilidade hidrogeológica.

O subdomínio hidrogeológico “Poroso/Fissural” (figura 08) envolve pacotes sedimentares (sem ou com muito baixo grau metamórfico) onde ocorrem litologias essencialmente arenosas com pelitos e carbonatos no geral subordinados. Tem como características gerais uma litificação acentuada, forte compactação e fraturamento acentuado, que lhe confere além do comportamento de aquífero granular com porosidade primária baixo-média, um comportamento fissural acentuado (porosidade secundária de fendas e fraturas). Por esta razão se prefere enquadrá-lo com mais propriedade como aquífero do tipo misto, com baixa a média favorabilidade hidrogeológica. Pode-se enquadrar neste domínio a maior parte das bacias proterozóicas de natureza eminentemente detriticas.

O denominado “Aquífero Fissural” foi dividido em quatro subdomínios, chamados de Carbonatos/Metacarbonatos, Metassedimentos/Metavulcanicas, Vulcânico e Cristalino propriamente dito, conforme veremos a seguir.

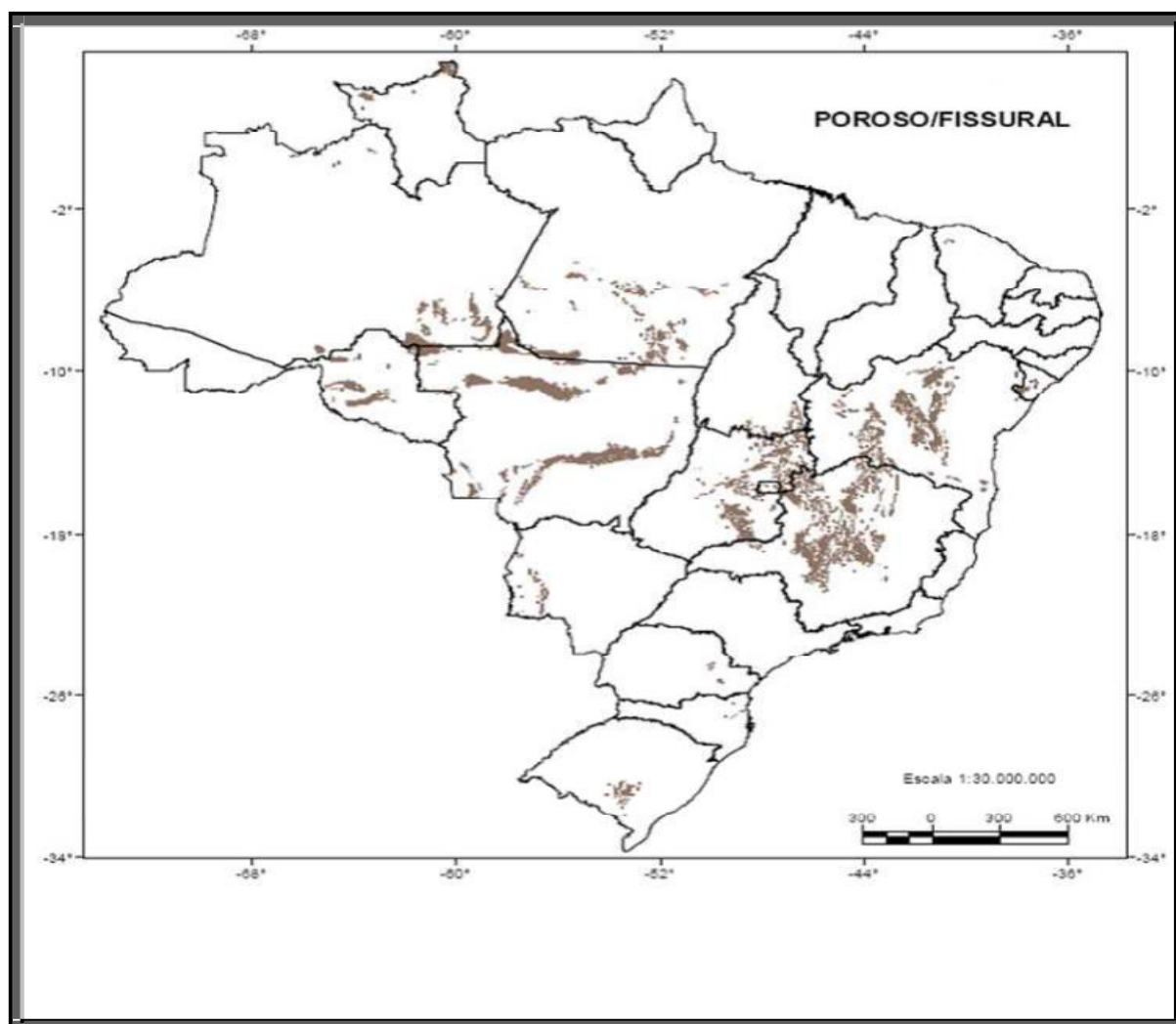


Figura 08 – Domínio Poroso - Fissural

Os domínios dos Carbonatos/Metacarbonatos (figura 09) constituem um sistema aquífero desenvolvido em terrenos onde predominam rochas calcárias, calcárias magnesianas e dolomíticas, que tem como característica principal, a constante presença de formas de dissolução cárstica (dissolução química de rochas calcárias), formando cavernas, sumidouros, dolinas e outras feições erosivas típicas desses tipos de rochas. Fraturas e outras superfícies de descontinuidade, alargadas por processos de dissolução pela água propiciam ao sistema porosidade e permeabilidade secundária, que permitem acumulação de água em volumes consideráveis. Infelizmente, essa condição de reservatório hídrico subterrâneo, não se dá de maneira homogênea ao longo de toda a área de ocorrência. Ao contrário, são feições localizadas, o que confere elevada heterogeneidade e anisotropia ao sistema aquífero. A água, no geral, é do tipo carbonatada, com dureza bastante elevada.

Os litótipos relacionados aos Metassedimentos/Metavulcanicas (figura 10), reúnem xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos, anfibolitos, quartzitos, ardósias, metagrauvacas, metavulcanicas diversas etc., que estão relacionados ao denominado aquífero fissural. Como quase não existe uma porosidade primária nestes tipos de rochas, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água é na maior parte das vezes salinizada. Apesar de este domínio ter comportamento similar ao do Cristalino tradicional (granitos, migmatitos etc.), uma separação entre eles é necessária, uma vez que suas rochas

apresentam comportamento reológico distinto; isto é, como elas têm estruturação e competência diferente, vão reagir também diferentemente aos esforços causadores das fendas e fraturas, parâmetros fundamentais no acumulo e fornecimento de água. Deve ser esperada, portanto, uma maior favorabilidade hidrogeológica neste domínio do que o esperado para o Cristalino tradicional.

O domínio das vulcânicas reúne rochas vulcânicas e metavulcanicas de baixo grau, de natureza ácida a básica, com comportamento tipicamente fissural (porosidade secundária de fendas e fraturas). Estas sequências rochosas tendem normalmente ao anisotropismo, com uma estruturação acentuada de foliação e/ou acamadamento (o que facilita o desenvolvimento da porosidade secundária), sendo que algumas delas apresentam uma porosidade primária relacionada a estruturas vesiculares (principalmente derrames básicos). Espera-se, portanto neste tipo de domínio, uma maior favorabilidade ao acumulo de água subterrânea, do que o esperado para o domínio dos metassedimentos/metavulcanicas.

No Cristalino, foram reunidos basicamente, granitóides, gnaisses, granulitos, migmatitos, básicas e ultrabásicas, que constituem o denominado tipicamente como aquífero fissural. Como quase não existe uma porosidade primária nestes tipos de rochas, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água em função da falta de circulação e do tipo de rocha (entre outras razões), é na maior parte das vezes salinizada. Como a maioria destes litótipos ocorre geralmente sob a forma de grandes e extensos corpos maciços, existe uma tendência de que este domínio seja o que apresente menor possibilidade ao acumulo de água subterrânea dentre todos aqueles relacionados aos aquíferos fissurais.

As figuras 11 e 12 mostram as distribuições dos Domínios das rochas Vulcânicas e do Embasamento Cristalino.

A figura 13 mostra de forma resumida as áreas de recargas dos principais aquíferos do Brasil; na tabela 05 são apresentadas suas principais características.



Figura 09 – Carbonatos/Metacarbonatos (CPRM, 2004).

2.2. Documentação Existente

Na avaliação da informação hidrogeológica no País foi feita uma distinção entre as informações de interesse escritas, ou seja, aquelas encontradas em publicações e informes disponíveis, e aquelas de interesse em forma de documentos cartográficas (cartas hidrogeológicas e outros mapas temáticos).

Destes dois tipos de informação, interesse especial foi voltado para os dados mais recentes, pelo menos posterior a do ano 1980, tendo em vista que o conhecimento hidrogeológico de data anterior já se encontra incorporado no Mapa Hidrogeológico do Brasil, 1:5.000.000, DNPM/CPRM, 1983. Quanto ao Mapa Hidrogeológico da América do Sul, na mesma escala (UNESCO/CPRM/DNPM, 1996), se bem que seja de edição mais recente, continua ser um resumo do conhecimento da hidrogeologia do continente dos anos 80, portanto, relativo ao Brasil, não é muito diferente do mapa anterior.

Com relação à documentação escrita, constituem fontes de informação específica os anais dos congressos da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS. Atenção especial merece os estudos hidrogeológicos regionais e de gerenciamento dos aquíferos, enquanto estudos locais foram considerados apenas na ausência de qualquer outro dado relativo à água subterrânea.

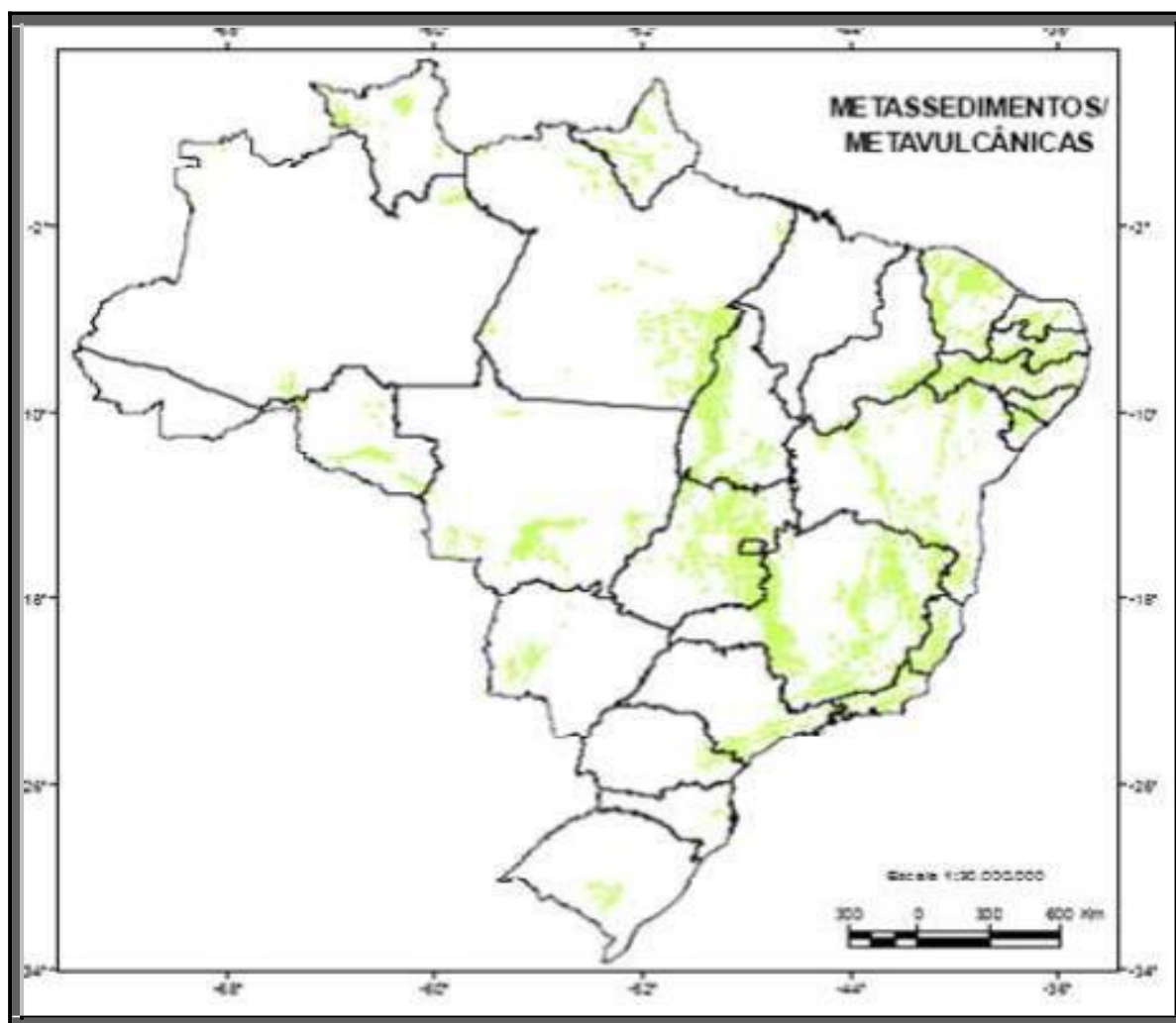


Figura 10 - Metassedimentos/Metavulcanicas (CPRM, 2004).

A importante contribuição acadêmica pode ser comprovada a partir de rápida análise do conjunto de Teses de Doutorado e Dissertações de Mestrado patrocinadas pela CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior revelando relevantes fontes para consulta de informações hidrogeológicas no País.

Durante a fase de coleta de informações, registrou-se, em várias ocasiões, a presença de banco de dados computarizados a diversos níveis (institucional, estadual e federal), com dados de poços tubulares profundos e informações sobre água subterrânea. Mais adiante, informa-se sobre estes bancos de dados e se apresentam suas principais características conhecidas.

No contexto geral deste relatório foi dada atenção às informações hidrogeológicas relativas às grandes regiões do País, com ênfase especial na sua região Nordeste, tendo em vista sua condição tradicionalmente crítica em termos de carência hídrica, inclusive subterrânea, que interfere severamente na vida da população na região. Avaliam-se, em primeira instância, as condições hidrogeológicas gerais da região e, em seguida, os diversos programas de desenvolvimento de recursos hídricos subterrâneos efetuados, assim como seus respectivos produtos.

2.2.1 - Documentação Escrita ¹

“Desde os primórdios do descobrimento da nossa nação, já se registravam secas na região Nordeste do Brasil, com frequentes narrativas de migrações de tribos indígenas inteiras, em busca de sobrevivência em locais afastados de seu habitat natural.

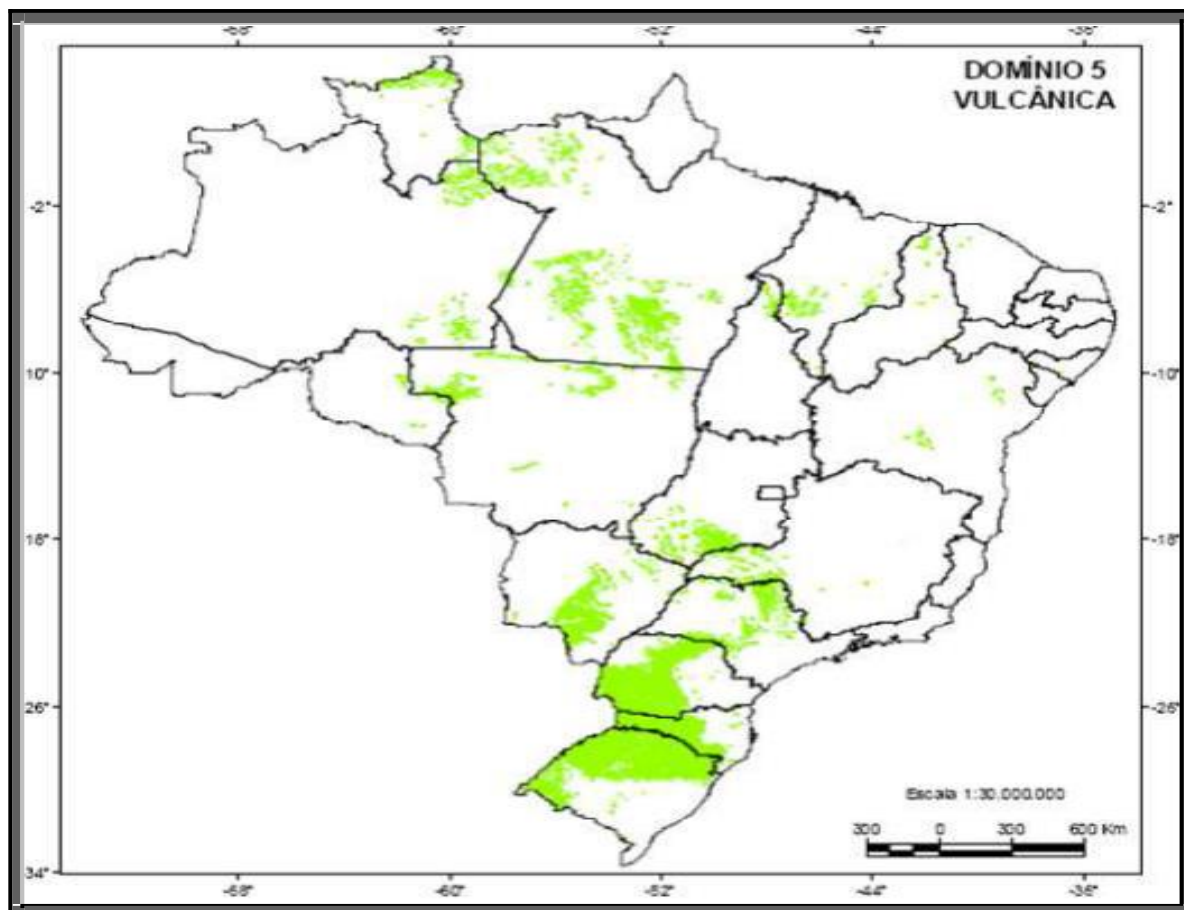


Figura 11 – Domínios das Rochas Vulcânicas (CPRM, 2004).

Em 1877, ocorreu a mais devastadora de todas as secas: metade da população de Fortaleza pereceu, a economia ficou arrasada, as doenças e a fome dizimaram o rebanho, principal meio de subsistência e sustentabilidade econômica existente naquela época.

Relatos históricos afirmam que ao tomar conhecimento da tragédia, o Imperador D. Pedro II chorou e prometeu vender até a última jóia da coroa para garantir que nenhum nordestino voltasse a morrer de fome. Com esse objetivo, criou a **COMISSÃO DA SECA**, ocasião que foram apresentadas propostas para a construção de açudes e reservatórios públicos, das quais apenas uma, um açude na cidade de Quixadá, no Ceará, de fato foi construído, concretizando-se efetivamente. Governos passaram então, em todos os níveis, a planejar e executar ações de combate as estiagens, conforme veremos a seguir:

Durante o **Período Colonial**, a água subterrânea era captada de nascentes ou fontes e extraída por meio de poços escavados nos núcleos de povoamento, visando garantir, ainda que precariamente, o abastecimento humano e animal.

¹ Reprodução parcial do Trabalho – “Histórico da Atuação dos Órgãos Públicos de Pesquisa de Água Subterrânea na Região Nordeste do Brasil”, Diniz, J.A.O. & Feitosa, F.A.C. ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Anais, XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal, 2008.

Registros históricos mostram que a construção de mosteiros, fortes e outros prédios importantes eram precedidos por prospecções efetuadas por monges e outros indivíduos conhecidos como apontadores de água.

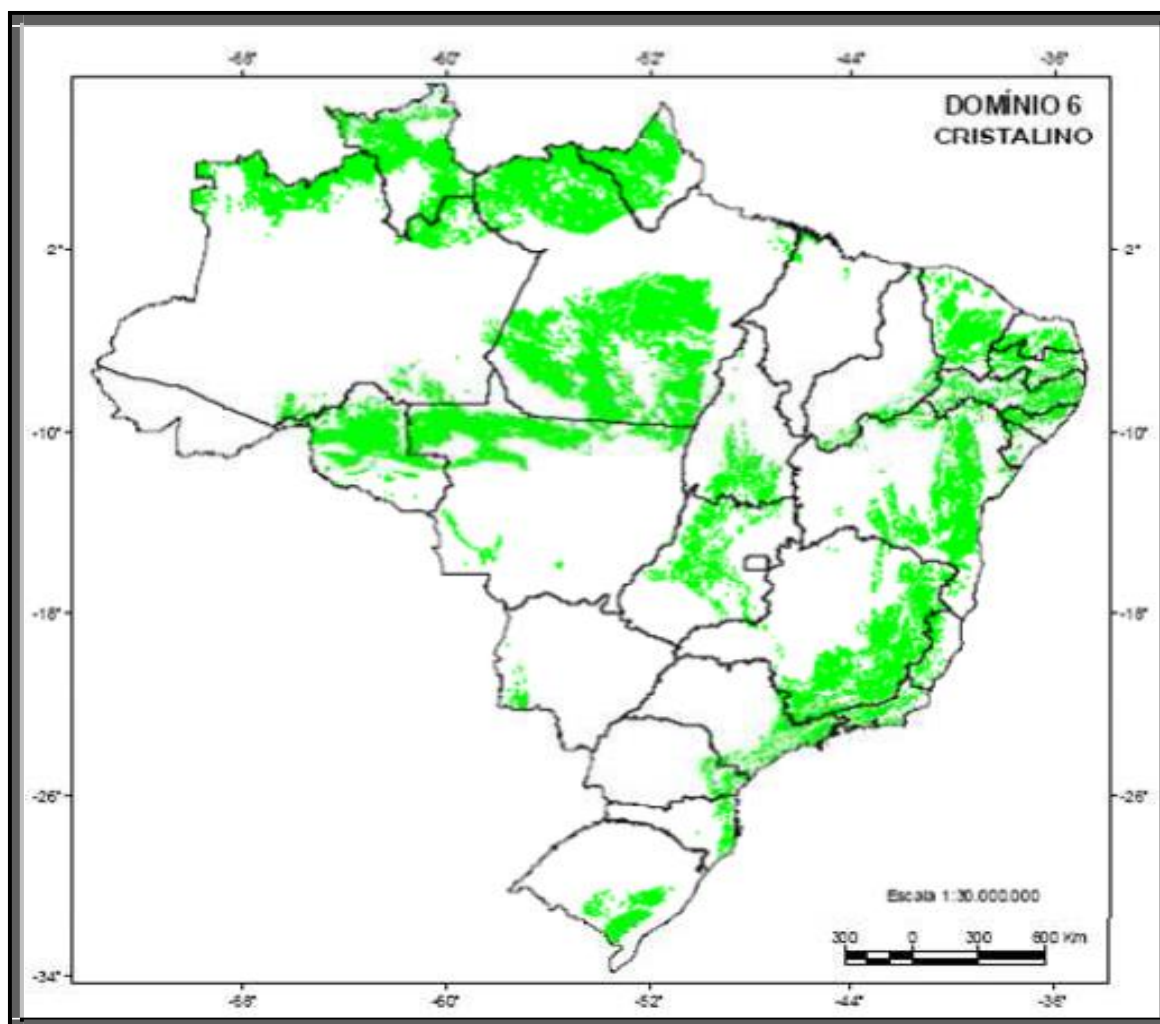


Figura 12 – Domínio das Rochas do Embasamento Cristalino (CPRM, 2004)

Após a chegada da família real ao Brasil em 1808, e durante todo o **Período Imperial**, para a perfuração de qualquer poço era necessária uma autorização do Rei, exigindo-se o envio ao Museu Imperial das amostras geológicas, dados de produção e informações sobre o uso da água, exceto no caso de abastecimento da população afetada pelas secas do Nordeste.

Em seguida à abertura dos portos às nações amigas (1808), o país passou a ser visitado por viajantes e cientistas estrangeiros que, com o apoio do grande naturalista brasileiro José Bonifácio de Andrade e Silva, percorreram as mais diversas regiões do Brasil. Dentre esses se destacam, na primeira metade do século XIX, nomes como os de Spix e Martius, George Gardner, Agassiz, Liais e Hartt, que realizaram estudos e pesquisas na região Nordeste.

Durante a seca de 1846, a Ceará Water Supply Company foi autorizada a perfurar poços artesianos, uma vez que lagoas e poços escavados que abasteciam Fortaleza estavam secando. Para tanto, foi contratada a empresa Armstrong & Sons Drillers, do Texas, que perfurou três poços em Fortaleza com profundidades de até 150 metros. Como os poços não jorraram o que era uma exigência contratual, o contato foi rescindido, sendo as máquinas apreendidas.

Os estudos geológicos sistemáticos, ainda que embrionários, somente tiveram início de fato a partir de 1870, com a vinda ao Brasil da Missão Morgan, que contava com a colaboração de dois eminentes geólogos: Charles F. Hartt e Oville Derby. A Comissão Geológica do Império, que durou apenas dois anos, entre 1875-1877, realizou o estudo da região costeira do Nordeste, no trecho que vai da Bahia a Pernambuco.

Com a **República**, a Norma Imperial de controle das perfurações foi abolida, sendo os novos poços feitos sem qualquer fiscalização. Somente a partir de 1934, com a promulgação do Código de Águas do Brasil, houve nova tentativa de disciplinar esta atividade, com a inserção de exigências como a não interferência entre poços, o direito de precedência, de uso e proteção.

34

Sistema Aquífero	Tipo ¹	Região Hidrográfica dominante	Área de recarga (km ²)
Solimões	P,L	Amazônica	457.664
Alter do Chão	P,L		312.574
Boa Vista	P,L		14.888
Parecis	P,L		88.157
Jandaíra	CF	Atl. NE Ori.	11.589
Açu	P,C		3.674
Itapecuru	P,L	Tocantins-Araguaia Parnaíba	204.979
Corda	P,L,C		35.266
Motuca	P,L		10.717
Poti-Piauí	P,L,C		117.012
Cabeças	P,L,C		34.318
Serra Grande	P,L,C		30.450
Barreiras	P,L,C	Atl. Leste Atl. SE Atl. NE Ori. Atl. NE Ocid. Tocantins-Araguaia	176.532
Beberibe	P,L,C	Atl. NE Ori.	318
Marizal	P,L,C	Atl. Leste São Francisco	18.797
São Sebastião	P,L,C	Atl. Leste	6.783
Inajá	P,L,C	São Francisco	956
Tacaratu	P,L	São Francisco	3.890
Exu	P,L,C	Atl. NE Ori.	6.397
Missão Velha	P,C	Atl. NE Ori.	1.324
Urucuia-Areado	P,L	São Francisco Parnaíba	144.086
Bambuí	CF	Tocantins-Araguaia	181.868
Bauru-Caiuá	P,L	Paraná	353.420
Serra Geral	F	Paraná Atl. Sul Uruguai Paraguai	411.855
Guarani	P,L,C	Tocantins-Araguaia Paraguai	89.936
Ponta Grossa	P,L,C		24.807
Furnas	P,L,C		24.894
TOTAL			2.761.086

¹: P: Poroso; L: Livre; C: Confinado; F: Fraturado; CF: Cárstico-fraturado.

Tabela 05 – Características Gerais dos Principais Sistemas Aquíferos do Brasil (ANA – Agência Nacional de Águas – Cadernos de Recursos Hídricos).

Nas três primeiras décadas do século XX, foram marcantes os trabalhos de Teodoro Sampaio sobre a depressão do São Francisco e a Chapada Diamantina (1922), de Delgado de Carvalho sobre a fisiografia do Brasil (1923), procurando realizar uma visão de síntese e, sobretudo o de Branner, que em 1906 publicou uma Geologia Elementar e em 1919 o primeiro mapa geológico do Brasil (Ab' Sáber, 1964, p. 137-140 in PLIRHINE, 1980).

A Criação do Serviço Geológico e Mineralógico em 1907 e da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), em 1909, marcam o reinício das atividades de pesquisas geográficas e geológicas do Brasil. Grandes áreas nordestinas passaram a ser estudadas, como a Serra do Espinhaço, por Derby, o médio São Francisco, o vale do Parnaíba (Arrojado Lisboa), em 1914, além dos estudos realizados na região por Branner e Crandall.

Assim, os estudos e trabalhos técnicos sobre águas subterrâneas começaram a se desenvolver a partir de 1909, com a criação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, a mais antiga instituição federal com atuação no Nordeste. Criado sob o nome de

Inspetoria de Obras Contra as Secas - IOCS através do Decreto 7.619, de 21 de outubro de 1909, editado pelo então Presidente Nilo Peçanha, foi o primeiro órgão a estudar a problemática do semi-árido. Em 1919, passou a denominar-se Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas – IFOCS, vindo a assumir sua denominação atual em 1945, e transformado em autarquia federal, através da Lei nº 4.229, de 01/06/1963.

De 1909 até por volta de 1959 foi, praticamente, a única agência governamental federal executora de obras de engenharia na região. Construiu açudes, poços, estradas, pontes, portos, ferrovias, hospitais e campos de pouso; implantou redes de energia elétrica e telegráficas, usinas hidrelétricas e foi, até a criação da SUDENE, o responsável único pelo socorro às populações flageladas pelas secas.

A sua fundação permitiu que fossem realizados estudos diversos e interdisciplinares em uma região bastante carente de informações, valendo-se para isto de grandes especialistas internacionais, como agrônomos, botânicos, geólogos, engenheiros e hidrólogos.

Originam-se aí os primeiros trabalhos técnico-científicos sobre as estiagens, refletindo-se posteriormente no início construção das grandes obras de atenuação de seus efeitos, pela retenção dos escoamentos superficiais ou pelo acesso a mananciais subterrâneos.

Segundo Albuquerque (1984), o “Boletim”, publicação nº 06 do DNOCS, de novembro de 1954, no item 01 – referente a serviços técnicos (p.178 – 188), trata do tema Águas Subterrâneas, com o registro as atividades desse órgão entre os anos de 1910 – 1950, destacando-se, de acordo com ele, os trabalhos de Geraldo A. Warming e R.H. Sopper, ambos publicados em 1913.

O primeiro, de Geraldo A. Warming, intitulado “Suprimento d’água no Nordeste do Brasil”, avalia as possibilidades de águas subterrâneas nos Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí, com base em observações realizadas durante uma viagem de campo realizado entre novembro de 1910 e fevereiro de 1911, entre Campina Grande–PB e Teresina–PI.

R.H.Sopper, disserta sobre a dificuldade de obtenção de água subterrânea no embasamento cristalino do Nordeste, ressaltando que a mesma “existe em pequenas quantidades nos seus planos inclinados e nas fendas e junções dos xistos e gnaisses, sendo provavelmente de má qualidade, mas de ampla serventia para o gado” (Albuquerque, 1984, op. cit).

A partir do início dos anos 40, o conhecimento geológico do Nordeste passa por novo incremento, com o início da atuação dos geólogos do Departamento Nacional da Produção Mineral – fundado em 08/03/1934 através do Decreto Nº 23979, de 08/03/1934, que realizaram o levantamento de várias folhas do Mapa Geológico do Brasil. Além disso, juntamente com os demais órgãos de perfuração de poços do Nordeste (DNOCS, Grupo Cariri, 1º Grupamento de Engenharia, entre outros), realizou várias perfurações com relativo sucesso.

Entre 1960-61, uma missão da UNESCO, órgão das Nações Unidas para educação e ciência, realizou estudos preliminares na região dos Cariris Velhos – PB, por solicitação do Grupo Cariri, órgão do DNOCS que atuava especificamente nesta região, em serviços de engenharia rural, açudagem e perfuração de poços.

Esta Missão elaborou um “Relatório sobre pesquisa de água em curso no Cariri (Paraíba)”, que expunha sucintamente “as condições hidrogeológicas da região, bem como as medidas a serem tomadas sem tardança no que diz respeito à valorização das águas subterrâneas” (Albuquerque, op. cit, *ipsis litteris*). Com três capítulos, aborda inicialmente as condições hidrogeológicas do Cariri, passando em seguida para uma discussão sobre as condições de exploração por perfurações e concluindo com a apresentação de sugestões para o prosseguimento dos trabalhos.

Entre as décadas de 1950 -1960 foram criados os primeiros cursos de geologia do Nordeste, no Recife e em Salvador, assim como a SUDENE, que deram o impulso que faltava às pesquisas geológicas e hidrogeológicas.

A implantação do Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN), no governo Juscelino Kubitschek, realizada através do decreto n° 40.554 de 14/12/1956 foi o marco inicial no surgimento da SUDENE. O relatório final do GTDN deu origem, por sua vez, à mensagem n° 79-A do Poder Executivo ao Congresso Nacional, de 20/02/1959, tratando da criação da instituição regional. A lei n° 3.692 criando a SUDENE foi finalmente sancionada pelo mesmo presidente, Juscelino Kubitschek, em 15/12/1959, depois de ser aprovada pelo Poder Legislativo (Almeida et al, 1990).

A lei 3.962/59 determinou que a SUDENE tivesse as atribuições de planejamento, coordenação, cooperação e assistência técnica, e execução de projetos estratégicos. Desta forma, a instituição regional deveria ser capaz de estabelecer as diretrizes para o desenvolvimento do Nordeste, bem como supervisionar, controlar e coordenar a elaboração e implementação de projetos a cargo de outras instituições federais na região.

Adicionalmente, o baixo estágio de desenvolvimento da região exigiria do órgão de planejamento *o estabelecimento de programas de cooperação nacional e internacional*. Finalmente, a instituição poderia, eventualmente, ficar diretamente responsável pela execução de alguns projetos relativos ao desenvolvimento regional. Na mesma lei, ficou estabelecido que a SUDENE fosse composta de um Conselho Deliberativo, sua instância política e decisória, e de uma Secretaria Executiva, a qual teria a responsabilidade de subsidiar o Conselho com trabalhos técnicos e de implementar suas decisões (SUDENE, op.cit.).

Por ocasião da criação da SUDENE, inexistia no Nordeste uma malha institucional capaz de permitir a realização dos levantamentos e estudos acima mencionados, como inexistiam também organizações em condições de operar programas de desenvolvimento. A SUDENE foi obrigada a adotar uma orientação, quase intervencionista, criando empresas para execução desses programas, empresas essas, que a própria SUDENE extinguiu posteriormente, na medida em que os Estados foram sendo preparados para a condução dos seus respectivos programas de desenvolvimento. Foram criadas empresas como: Companhia de Eletrificação Rural do Nordeste (CERNE), Companhia Nordestina de Sondagens e Perfurações (CONESP), Companhia de Água e Esgoto do Nordeste (CAENE), Companhia de Serviços Gerais (CONESG) e, ainda, um Núcleo de Assistência Empresarial (NAE).

Na época da SUDENE, as ações iniciais foram orientadas no sentido de conhecer profundamente a Região, concentrando sua estratégia em programas diretamente relacionados com aerofotogrametria, geologia, hidrologia, pedologia e cartografia, uma vez que o conhecimento da mesma era pré-condição para se poder intervir conscientemente na realidade nordestina.

Assim, já no ano de 1961 Heinz Ebert, então professor da escola de geologia do Recife executou para a SUDENE, o trabalho “O Embasamento Cristalino do Nordeste, como Eventual Base de Abastecimento com Águas Subterrâneas, Estudo Baseado no Levantamento Hidrogeológico de uma Parte do Cariri Paraibano” (Albuquerque, 1984, op cit).

Os trabalhos técnico-científicos no campo de águas subterrâneas, excetuando-se serviços de perfuração ou especulações filosóficas meramente empíricas, foram todos quase que de iniciativa da SUDENE, que publicou dentro de sua série HIDROGEOLOGIA, quase uma centena de títulos, sobre todos os Estados de sua área de atuação, destacando-se estudos regionais, como a série de 25 folhas de 2° X 3° na escala de 1:500.000 do “Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste”, elaboradas entre os anos 60 e 70, abrangendo desde o

Norte de Minas Gerais até o Maranhão, que se constitui até hoje, na única tentativa de síntese do conhecimento regional efetuada.

Dentre os principais trabalhos publicados por esta autarquia, destacam-se: “Aspectos Hidrogeológicos do Cariri Paraibano (Siqueira, 1963); “Análise dos Fatores que Influenciam na Hidrogeologia do Cristalino (Costa, 1965 – publicado na Revista Água Subterrânea, editada pela CONESP); “ As Águas Subterrâneas do Nordeste – Estimativas Preliminares” (Rebouças & Gaspary, 1966), “Contribuição da geologia à pesquisa de água subterrânea no cristalino” (SIQUEIRA, 1967, publicado Revista Água Subterrânea, editada pela CONESP), o livro didático “Elementos de Hidrogeologia Prática” (Manoel Filho, 1967 – editor) e “Estudo Hidroquímico Preliminar das Águas Subterrâneas do Nordeste” (Cruz & Melo 1968).

Estas publicações, pela sua importância e pioneirismo representam verdadeiros marcos na hidrogeologia do Nordeste e de todo o país.

Os trabalhos de Siqueira (1963, 1967) foram realizados principalmente na região dos Cariris Velhos – PB, a partir de estudos geológicos de certo detalhe, conjuntamente com a análise de dados de poços perfurados pelo DNOCS (Grupo Cariri), DNPM e CONESP.

Esse autor lançou as bases metodológicas para a locação de poços no cristalino do Nordeste, que até hoje são seguidas praticamente à risca.

Nasce dos seus trabalhos a terminologia do “*riacho fenda*”, termo de ampla aceitação entre os hidrogeólogos nordestinos, até os dias de hoje.

Costa (1965) publica trabalho onde discorre sobre o ciclo hidrológico de uma região de rochas cristalinas, fazendo uma análise dos fatores que influenciam na recarga do sistema aquífero fraturado. Afirmar que apenas os cursos d’água superficiais têm condições de alimentar os depósitos do subsolo, sendo esta alimentação tanto mais efetiva quanto maior for a coincidência entre a direção desses cursos d’água e as citadas fendas.

Em trabalho publicado pelo Departamento de Recursos Naturais da SUDENE, Rebouças & Gaspary (1966), discorrem sobre os fatores condicionantes da hidrogeologia do Nordeste, atem-se aos aspectos climáticos e geológicos. Apesar dos poucos dados existentes à época, arriscam-se a fazer estimativas de reservas de águas subterrâneas (tabela 05).

Destacando novamente a atuação da SUDENE, nota-se a memorável contribuição da mesma à pesquisa científica, ao publicar o livro intitulado “Elementos de Hidrogeologia Prática” (Manoel Filho, 1967 – editor). Esta publicação se constituiu, durante 30 anos no único livro de hidrogeologia escrita por pesquisadores brasileiros.

Outro importante trabalho publicado sobre a hidrogeologia do Nordeste foi aquele de autoria de Cruz & Melo (1968, op. cit), intitulado “Estudo Geoquímico Preliminar das Águas Subterrâneas do Nordeste do Brasil”.

Os referidos autores, baseados em dados obtidos em 1.200 amostras de águas de fontes e poços de todo o Nordeste, sendo 650 análises de água de rochas sedimentares e 550 águas do embasamento cristalino, desenvolvem um interessantíssimo processo discursivo, apresentando a distribuição e ocorrência dos principais grupos de água no Nordeste, bem como interpretações sobre os principais processos de salinização que atuaram nas mesmas.

A década de 70 marca o princípio do esvaziamento da SUDENE, caracterizado já nos primeiros momentos pela grande evasão dos seus mais notáveis técnicos. O último trabalho expressivo patrocinado por esta instituição foi o “PLIRHINE – Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste”, publicado em 1980.

Constitui-se na primeira avaliação integrada dos recursos hídricos do Nordeste, tendo, além disso, o mérito de unificar os conceitos e a terminologia hidrogeológica, até então altamente variável de órgão a órgão e até mesmo de autor a autor dentro de um mesmo projeto.

Também é importante ressaltar a valiosa contribuição da SUDENE na formação e treinamento técnico dos recém formados hidrogeólogos nordestinos, enviando-os para cursos de aperfeiçoamento no exterior, além de celebrar frequentes acordos de cooperação técnica com organismos internacionais como a ONU, através da FAO, UNESCO e da WMO, a OEA, USAID, e Missões de Assistência Técnica da França e Alemanha. Sobre este aspecto, destaca-se a importante contribuição da Missão Francesa, responsável pela implantação na região do Sistema de Informações Pluviométricas e Hidrológicas.

Além destes trabalhos, a SUDENE publicou várias dezenas de outras contribuições importantes, quer diretamente, quer através de sua subsidiária CONESP – Companhia Nordestina de Sondagens e Perfurações, cuja revista periódica “Água Subterrânea” tornou-se importante fonte de consulta entre os hidrogeólogos de todo país, entre os anos 60 e 70.

Com o esvaziamento da SUDENE e a evasão de seus técnicos, começa um período no qual os principais trabalhos técnico-científicos são produzidos quase que exclusivamente pelas Universidades, ainda nos anos 70, principalmente a partir do ano de 1973, com a criação do Curso de Mestrado em Hidrogeologia na Universidade Federal de Pernambuco, único no nordeste e um dos dois existentes até primórdios dos anos 90 em todo o país.

Os mais notáveis trabalhos publicados dentro do âmbito acadêmico foram a Tese de Doutorado de Rebouças (1973), a Dissertação de Mestrado de Albuquerque (1984), a Tese de Doutorado de Costa (1986), a Dissertação de Mestrado de Diniz (1987), a Tese de Doutorado de Manoel Filho (1996) e a Tese de Doutorado de Oliveira (1987). Chama a atenção, pelo seu ineditismo e abordagem integrada entre geologia e hidrogeologia, o trabalho elaborado por Brito Neves e Albuquerque (2004), publicado na Revista do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, abordando aspectos de tectônica e águas subterrâneas no Nordeste brasileiro”.

A busca no acervo de Teses de Doutorado e Dissertações de Mestrado da CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (ver relação do ANEXO I) revela a existência de 83 Teses de Doutorado já defendidas e 156 Dissertações de Mestrado na mesma condição relacionadas à água subterrânea em sentido amplo, entre os anos de 1984 e 2008. Demonstra a expressiva contribuição do setor acadêmico ao desenvolvimento deste tema. É importante salientar que a relação mostrada abaixo representa tão somente as Teses e Dissertações realizadas com o auxílio deste órgão, existindo vários outros trabalhos realizados com outros patrocínios (CNPq, PETROBRÁS, Governos Estaduais) ou mesmo de iniciativa privada que não constam na referida relação.

Atualmente, destaca-se o papel da CPRM – Cia. de Pesquisas de Recursos Minerais, que desde a sua constituição como Serviço Geológico do Brasil, em 1994, tem desenvolvido importantes trabalhos sistemáticos de pesquisa abrangendo toda a área nordestina.

Têm sido desenvolvidos vários projetos de pesquisas, destacando-se, o “Projeto de Reconhecimento das Aluviões do Nordeste – Próalúvio”, os “Estudos Hidrogeológicos de Pequenas Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro”, realizados em parceria com Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP/Secretaria Executiva do FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

O programa “Cadastramento de Fontes de Abastecimento de Águas Subterrâneas”, objetivou o registro de todas as captações (poços tubulares, amazonas, fontes e barragens

subterrâneas), existentes no Nordeste, incluindo partes dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, incluídas no semi-, árido. Alcançou grande repercussão, possibilitando a elaboração de um relatório real da situação, a formulação de políticas de abastecimento e o planejamento de ações emergenciais nos períodos de secas.

O programa de estudos de rochas cristalinas teve como finalidades básicas o desenvolvimento de novas metodologias para prospecção de águas subterrâneas no embasamento cristalino, visando à aplicação de métodos e técnicas modernas na tentativa de reduzir o índice de insucesso na locação dos poços nestas regiões. Conduzido conjuntamente e com apoio financeiro da Agência Canadense de Desenvolvimento Internacional – CIDA, e com o GSC – Serviço Geológico do Canadá, Universidades Federais e diversas outras instituições de pesquisa do Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.

Dentro deste trabalho, foram desenvolvidas pesquisas de geofísica aérea e terrestre, estudos geoquímicos e mapeamentos geológicos de áreas-piloto pré-selecionadas.

Além destes, foi confeccionado o “Mapa de Domínio e Sub-Domínios Hidrogeológicos do Brasil” na escala de 1:2.500.000, totalmente elaborado em ambiente SIG, estando atualmente em execução o “Projeto Mapa Hidrogeológico do Brasil”, na escala de 1:1.000.000, também com Sistemas de Informações Geográficas.

Dispõe ainda de importante banco de dados georreferenciados sobre águas subterrâneas, o sistema SIAGAS, onde se encontram cadastradas informações sobre mais de 180.000 poços em todo o país, fonte constante e confiável de pesquisa para órgãos públicos, empresas privadas e profissionais liberais de todo o país.

É importante salientar que embora as pesquisas científicas não tenham se desenvolvido de forma tão satisfatória após o esvaziamento da SUDENE, surgiu nova oportunidade para divulgação dos trabalhos realizados, através dos Congressos Brasileiros de Águas Subterrâneas e Simpósios Regionais, promovidos por uma associação específica da área, a ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, criada no final da década de 70. O conjunto de Anais bi-anuais dos Congressos e Simpósios Regionais da ABAS, a partir de 1970 até 2009 representa fonte valiosa para consulta de diversos trabalhos técnicos relacionados principalmente a estudos hidrogeológicos localizados e, às vezes, de âmbito regional, assim como ao estado de arte e progresso na área de perfuração de poços de água subterrânea no País.

2.2.2-Documentação Cartográfica

Os primeiros mapas hidrogeológicos elaborados de forma sistemática foram feitos na região Nordeste do Brasil, nos anos 70. Coordenados pela SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, no programa Inventário Hidrogeológico do Nordeste, os mapas Hidrogeológicos do Nordeste, elaborados na escala 1:500.000 cobriram 21 folhas de formato 3° por 2° geográficos. Posteriormente, de 1984 a 1989, a CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais efetuou, conforme a mesma metodologia da SUDENE, mais 11 folhas da região Nordeste, completando as áreas periféricas do programa original, que cobrem toda a área de atuação da SUDENE, cerca de 1.650.000 km². Além da produção de mapas hidrogeológicos de referência, que continuam sendo consultados até os dias de hoje, o programa se tornou, historicamente, conhecido como o “berço” de um grande número de hidrogeólogos atuante no País.

Posteriormente, no final dos anos 70 e início dos anos 80, Mapas Hidrogeológicos do Brasil nas escalas de, respectivamente, 1:2.500.000 e , 1:5.000.000, elaborados pela CPRM e patrocinados pelo DNPM, foram iniciados. Apenas o último foi publicado pelo DNPM em 1983 (BRASIL, DNPM/CPRM, 1983).

B A C I A S S E D I M E N T A R E S	Tipo de Aquífero	Area (km ²)	Vazão Escoamento Natural	Recursos Permantes	Recursos Explotáveis
	Embasamento Cristalino	720.000	50 – 250.10 ⁶ m ³ /ano	-	50 – 250.10 ⁶ m ³ /ano
	Aluviões	35.000	1.10 ⁸ m ³ /ano	5.10 ⁹ m ³	1 – 2.10 ⁹ m ³ /ano
	Parnaíba	450.000	3.10 ⁹ m ³ /ano	2.10 ¹² m ³	1.10 ¹⁰ m ³ /ano
	São Luís / Barreirinhas	50.000	5.10 ¹¹ m ³	-	-
	São Francisco ⁽²⁾	160.000	7.10 ⁸ m ³ /ano	3.10 ¹¹ m ³ (?)	3.10 ⁹ m ³ /ano
	Rio Jacaré ⁽²⁾	70.000	15.10 ⁷ m ³ /ano	1.10 ¹¹ m ³ (?)	1.10 ⁹ m ³ /ano
	Alto Jaguaribe ⁽³⁾	11.500	40.10 ⁶ m ³ /ano	7.10 ⁹ m ³	1.10 ⁷ m ³ /ano
	Recôncavo	10.000	5.10 ⁷ m ³ /ano	20.10 ¹⁰ m ³	2.10 ⁹ m ³ /ano
	Tucano	40.000	1.10 ⁸ m ³ /ano	1.10 ¹² m ³	1.10 ⁹ m ³ /ano
	Jatobá	6.000	15.10 ⁶ m ³ /ano	1.10 ¹¹ m ³	1.10 ⁷ m ³ /ano
	Potiguar	22.000	1.10 ⁷ m ³ /ano	75.10 ⁹ m ³	75.10 ⁷ m ³ /ano
	Costeiras	25.000	30.10 ⁶ m ³ /ano	50.10 ⁹ m ³	-
	Pequenas bacias do Norte ⁽⁴⁾	8.000	-	-	-
	TOTAIS	1.607.500	5.10¹¹m³/ano	3.10¹²m³	19.10⁹m³/ano

TABELA 06 – Capacidades Hidrogeológicas do Nordeste (segundo Rebouças, A & Gasparly, J.1966, modificada em Diniz, J.A.O. & Feitosa, F.A.C., 2008)

(1) Valores adotados para poços de até 1.000 m de profundidade por um período de 50 anos

(2) Vazões de escoamento natural baseadas apenas nas estimativas dos aquíferos livres

(3) Corresponde a atualmente chamada Bacia do Araripe

(4) Compreende as bacias de Custódia (atual Betânia), Iguatú, Icó, Lima Campos e Rio do Peixe

A confecção dos mapas hidrogeológicos acima mencionados foi baseado na análise dos resultados de aproximadamente 20.000 poços tubulares. Atualmente, existem no arquivo do SIAGAS cerca de 180.000 poços cadastrados, cuja localização pode ser vista na figura 15. Ao observar essa figura, verifica-se a concentração das informações hidrogeológicas na metade oriental do País, o que está de acordo com o quadro de ocupação do território nacional por seus habitantes. A metade ocidental – região Centro-Oeste e Norte – é praticamente desprovido de dados hidrogeológicos.

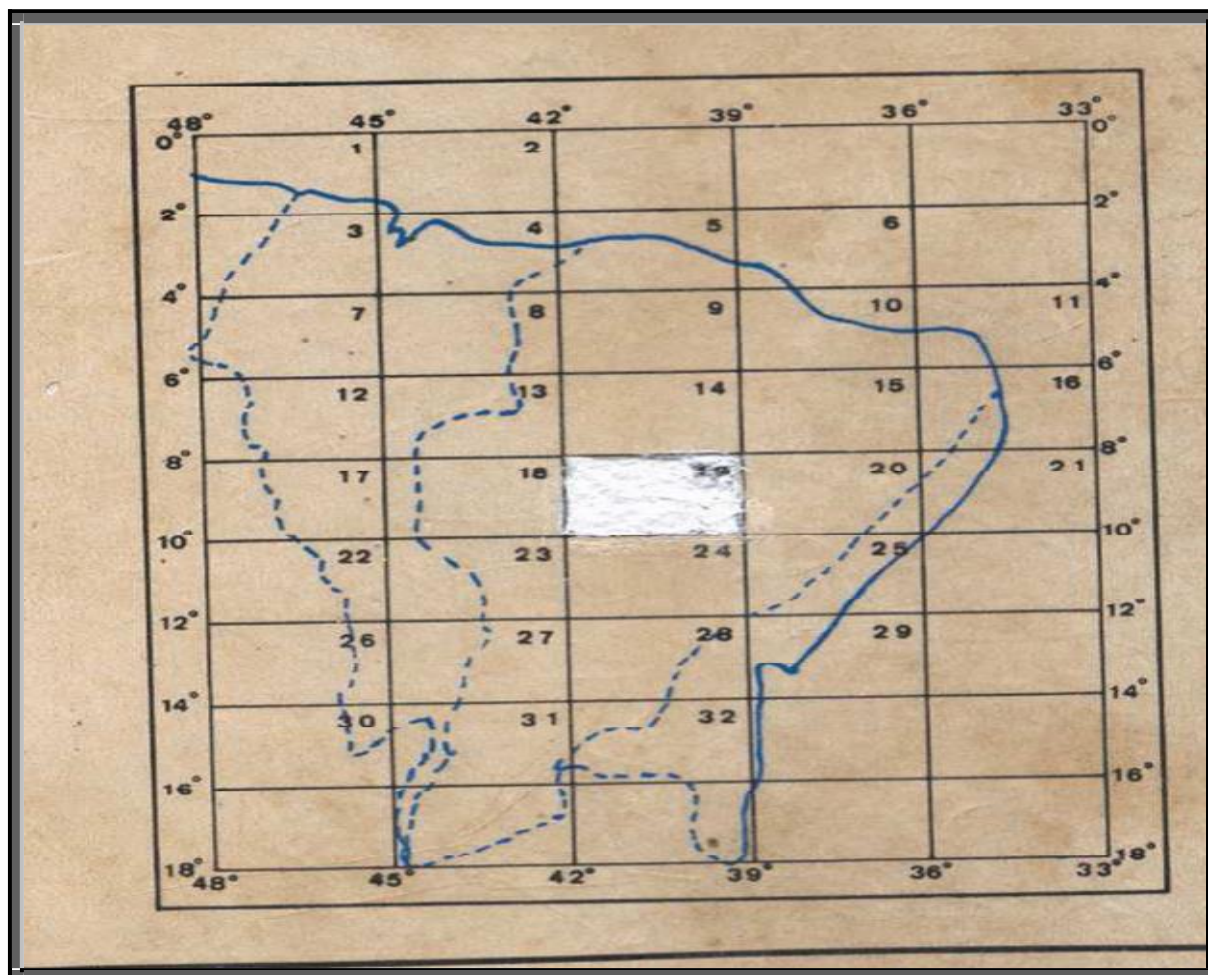


Figura 14 – Área coberta pelos mapas do Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, 1:500.000 – SUDENE e CPRM. A área hachurada representa a porção central do polígono das secas. A área administrativa da SUDENE está indicada neste diagrama (Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste – Folha 19 – Aracaju NO).

Cardoso, et. al, 2008, apresentam uma estimativa do número de poços tubulares perfurados no país de 1958 até hoje. Segundo estes autores, a utilização das informações mais recentes disponíveis, provenientes de artigos técnicos e acadêmicos, de órgãos gestores estaduais de recursos hídricos e da Agência Nacional de Águas (ANA), permitiram estimar em 416.000 o número total de poços perfurados até então, sendo esta estimativa efetuada em separado para cada estado brasileiro. Os dados cadastrados e as estimativas realizadas encontram-se mostradas na tabela 7. Nesta tabela, a primeira coluna representa o total de poços efetivamente cadastrado no sistema SIAGAS, e a segunda coluna representa o total estimado por esses autores, por estado da federação.

A Figura 16 mostra um gráfico elaborado por Cardoso et. al. (2008, op.cit), onde se encontram plotados os totais anuais estimados de poços tubulares construídos Brasil, após 1958, compreendidos a partir da primeira avaliação efetuada por Rebouças (1988).

Segundo estes autores, o número total anual de poços perfurados no país deve ser próximo das 10.800 unidades. O cálculo para se atingir este valor foi obtido a partir da diferença entre o número de poços estimados atualmente - 416 mil em 2008, e o número de poços estimados por Rebouças em 1988 - em torno de 200 mil poços (Cardoso, et.al, op.cit.).

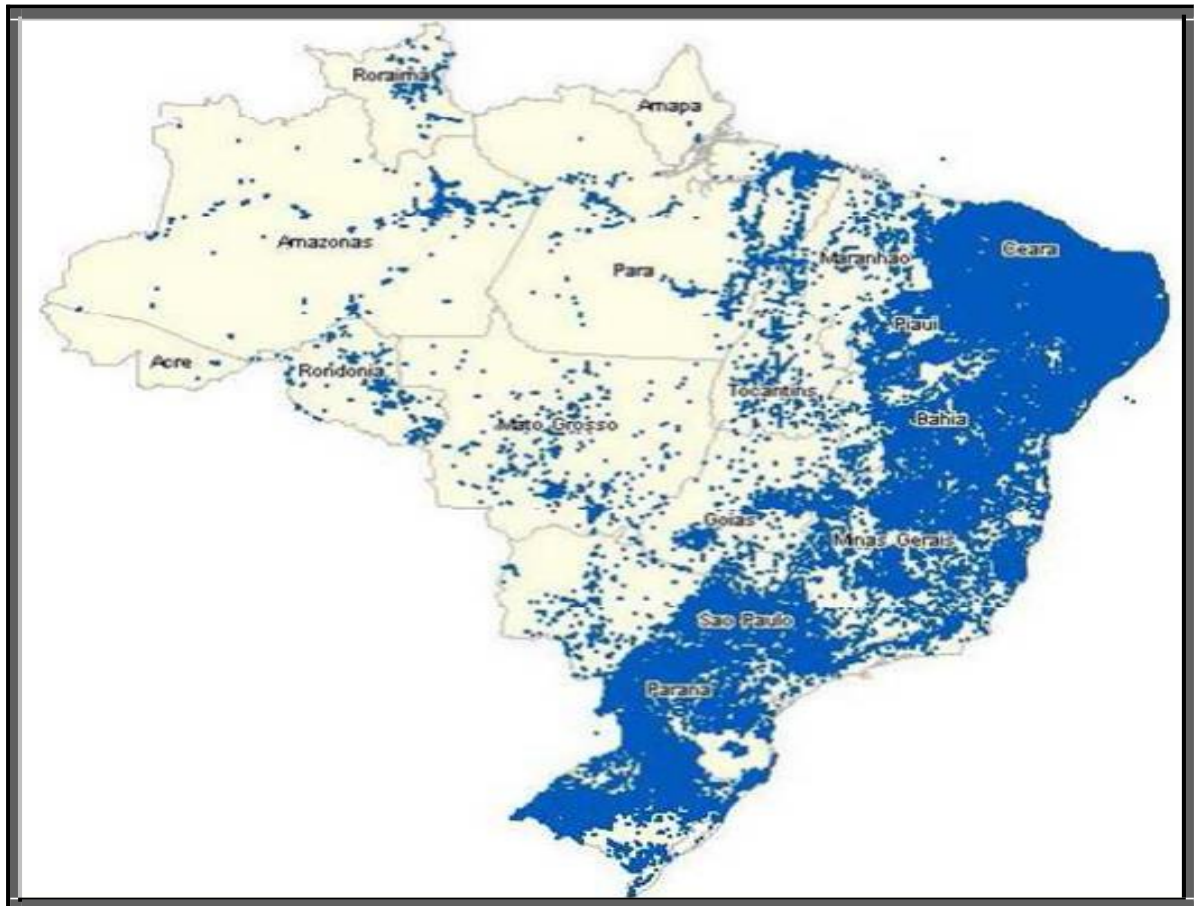


Figura 15. Localização dos poços tubulares no Brasil (CPRM/SIAGAS, 2009)

Assim, de acordo também com esta figura, pode-se estimar que possivelmente o número total de poços construídos no Brasil até o ano de 2010 será de 437.600, e no ano de 2020 a previsão é de 545.600.

- 1) A caracterização em termos hidrogeológicos das grandes unidades geológicas do País, classificando-as de acordo com sua importância relativa como aquífero no âmbito do território nacional.

A base geológica para a sistematização hidrogeológica foi o Mapa Geológico do Brasil (versão Preliminar), escala 1:2.500.000 (DNPM/CPRM, 1979). Assim, o conjunto das grandes unidades geológicas do Brasil foi enquadrado em 11 classes principais de terrenos hidrogeológicos, que por sua vez podem ser agrupados nos seguintes três grupos fundamentais de ocorrência de água subterrânea e internacionalmente conhecidos:

- Formações permeáveis, com permeabilidades primárias, constituídas de sedimentos não consolidados;

- Formações permeáveis, com permeabilidades secundárias, constituídas de rochas compactas fraturadas;
- Formações impermeáveis, constituídas de sedimentos e rochas compactas fissuradas.

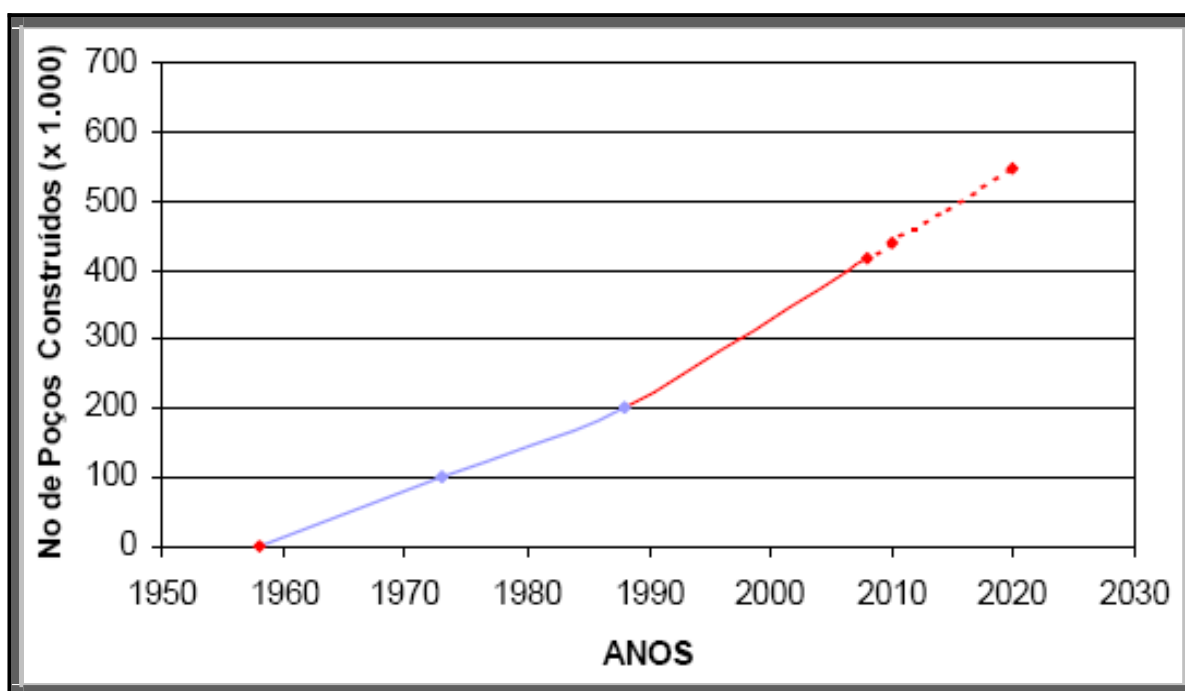


Figura 16 - Número de poços construídos no Brasil a partir de 1958 (Cardoso, et. al., 2008)
Três pontos principais constituem os elementos maiores na elaboração dos mapas hidrogeológicos do Brasil supracitados. São eles:

A classificação qualitativa, acima descrita, possibilitou a representação cartográfica das grandes unidades hidrogeológicas do País, de forma sistemática (Mente *et al.*, 1980).

- 2) A análise dessas unidades hidrogeológicas com base em estudos pontuais, locais e regionais, utilizando-se o acervo de dados técnicos disponíveis referentes aos poços tubulares, com o apoio do sistema de computação eletrônica (Leal, *et al.*, 1980). O resultado foi apresentado através dos conceitos de *Produtividade de Aquífero* (muito elevada, elevada, elevada a média, média a fraca e muito fraca), *Poços Representativos do Aquífero* e *Poço Individual*, que constituem elementos-base (símbolos) do mapa.
- 3) A introdução do conceito Província Hidrogeológica, como meio de sistematização e localização das grandes unidades hidrogeológicas existentes no País, representa um elemento-chave para o fácil manuseio e compreensão do mapa hidrogeológico (Pessoa, *et al.*, 1980, figura 01). Constitui talvez o mais importante dos três pontos relevantes na elaboração dos mapas hidrogeológicos do Brasil. Uma província hidrogeológica é uma região de características gerais semelhantes com relação às principais ocorrências de águas subterrâneas (Tolman, 1937).

Destacam-se os fatores geológicos e fisiográficos entre os elementos que contribuem mais para essa definição, embora outros fatores tenham sido considerados também. Vale salientar que a divisão de províncias hidrogeológicas é um processo dinâmico, ou seja, à medida que surgem novas informações relevantes, uma determinada província poderá ser sujeita a modificação ou subdivisão.

Atualmente, O Serviço Geológico do Brasil – CPRM está elaborando o Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo em ambiente SIG, previsto para ser lançado em 2010. Em sua primeira fase, foi estruturada a base geológica cujos resultados permitiram o lançamento em 2006, do Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil na escala 1:2.500.000. O conceito de Domínio Hidrogeológico, tal como utilizado no mapa, foi definido como representativo de um conjunto de unidades geológicas com similaridades hidrogeológicas, tendo como base, principalmente, as características litológicas das rochas. Com base neste critério e utilizando as informações da Carta Geológico do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2004), o território brasileiro foi dividido em sete grandes Domínios Hidrogeológicos, conforme ilustrado na figura 02 - Domínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2004).

UF	Número de Poços Cadastrados no SIAGAS	Estimativa Atual dos Poços Perfurados no Brasil
Acre	372	5.000
Alagoas	1.420	6.000
Amapá	-	1.000
Amazonas	3.994	12.000
Bahia	11.749	30.000
Ceará	19.269	24.000
Distrito Federal	198	10.000
Espírito Santo	917	4.000
Goiás	1.900	12.000
Maranhão	879	12.000
Mato Grosso	810	10.000
Mato Grosso do Sul	337	10.000
Minas Gerais	9.803	40.000
Paraná	11	31.000
Paraíba	5.728	8.000
Pará	3.618	15.000
Pernambuco	15.598	19.000
Piauí	26.419	31.000
Rio Grande do Norte	8.030	21.000
Rondônia	747	4.000
Roraima	182	1.000
Rio Grande do Sul	11.750	30.000
Rio de Janeiro	487	20.000
Santa Catarina	5.307	10.000
São Paulo	10.894	40.000
Sergipe	3.605	5.000
Tocantins	283	5.000
TOTAL	144.307	416.000

Tabela 7 – Número de poços cadastrados no SIAGAS e a estimativa atual de poços perfurados no Brasil, a partir de 1958, tabulados numericamente de acordo com as unidades da Federação (Cardoso, et. al., 2008).

A nível estadual foram lançados, ultimamente, dois mapas hidrogeológicos:

- Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, Escala 1:1.000.000, DAEE-IG-IPT-CPRM, 2005.
- Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:750.000, SOPS-SEMA-DRH/RS-CPRM, 2005.

2.3. Bancos de Dados Cadastrais de Poços Tubulares

Bancos de dados computarizado em níveis estadual e federal, com dados de poços tubulares profundos e informações sobre água subterrânea foram encontrados diversas vezes durante a coleta de informações. Suas características principais apresentam-se a seguir:

- IPH – Instituto de Pesquisa Hidráulica da U.F.R.S. Possui dados de mais de 1.200 poços do Rio Grande do Sul.
- CORSAN – Companhia Rio Grandense de Saneamento. Detentor de dados superiores 2.000 poços referentes à Rio Grande do Sul. Opera um sistema de banco de dados fornecido pela UNESCO.
- SUDERHSA – Superintendência de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente. Opera um sistema com dados de cerca de 4.000 poços do Estado do Paraná.
- IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. Detentor de um grande número de dados de São Paulo e diversos outros Estados do País (entre outros, Rio Grande do Norte).
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Detentor de dados de cerca de 40.000 poços do Estado de São Paulo.
- COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Detentor de dados de cerca de 4.000 poços referentes a Minas Gerais.
- SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Contém dados de cerca de 30.000 poços referentes à região Nordeste do Brasil, além de 7.000 informações básicas de poços ainda não integradas no sistema. Encontra-se em fase de desativação.
- DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. Opera o sistema SIAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas; detentor de dados de cerca de 35.000 poços no âmbito do território nacional, inclusive os pontos d'água (fontes e poços) de águas minerais e águas potáveis de mesa.
- CPRM – (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) - Serviço Geológico do Brasil opera o sistema SIAGAS – Sistema de Apoio a Gestão das Águas Subterrâneas, com uma base central no Rio de Janeiro e diversas unidades independentes situadas nas suas respectivas superintendências regionais (Manaus, Belém, Goiânia, Recife, Salvador, Belo Horizonte, São Paulo e Porto Alegre) e residências (Porto Velho, Teresina e Fortaleza). SIAGAS foi criado com o objetivo de armazenar, sistematizar e disponibilizar dados e informações georreferenciadas; inicialmente para dar suporte à elaboração de mapas hidrogeológicos inseridos no Programa Levantamentos Geológicos Básicos e, posteriormente, para atender as demandas dos usuários no sentido de instituir o Cadastro Nacional de Poços suprimindo as necessidades da área de Recursos Hídricos e correlatas, além de apresentar

mecanismos que facilitam a coleta, consistência e armazenamento de dados hidrogeológicos e sua difusão. Atualmente encontram-se cadastrado no Sistema mais de 180.000 poços. O sistema SIAGAS, que foi desenvolvido junto com o Instituto de Hidrogeologia de Waterloo de Canadá, é interligado a Internet e pode ser acessado através do “site”: www.cprm.gov.br. Além disso, a CPRM está colaborando, através de convênios, na implantação e funcionamento do sistema SIAGAS em âmbito nacional junto aos órgãos gestores e usuários de hidrogeologia em diversos Estados do Brasil e, atualmente, mesmo em âmbito internacional. – em Cuba.

- Esta empresa está iniciando atualmente o “Projeto de Implantação da Rede Nacional de Monitoramento de Poços”, cujas informações, a partir do início de seu funcionamento, serão disponibilizadas na web juntamente com os demais dados já divulgados no sistema SIAGAS.

3. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS REGIONAIS

3.1. Região Sul

Do ponto de vista geológico, a região Sul é constituída por rochas cristalinas e cristalofilianas do embasamento pré-cambriano e por rochas sedimentares do Cenozóico e da bacia sedimentar do Paraná, além de basaltos da formação Serra Geral. A combinação dos fatores geológicos (litologia e estruturas) e climáticos deu lugar à formação de estruturas altamente favoráveis ao armazenamento de água subterrânea, ao ponto de a bacia do Paraná constituir um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo.

Faixa de rochas cristalinas, pertencentes às Províncias Escudos Meridional e Oriental se desenvolvem entre a orla marinha e a bacia sedimentar do Paraná, nos estados do Paraná e Santa Catarina (escudo Oriental – subprovíncia Sudeste) e do Rio Grande do Sul (escudo Meridional). São constituídas por rochas do embasamento cristalino (gnaisses, granitos, migmatitos, xistos etc.), em que o meio aquífero é representado por fissuras e diáclases.

O baixo potencial hidrogeológico desses aquíferos é normalmente ampliado pela presença de coberturas inconsolidadas com as quais mantém muitas vezes conexão hidráulica permanente, formando um sistema único. Os poços, com profundidades em média inferiores a 90 m, apresentam vazões em torno de 5 m³/h, podendo alcançar, quando em condições favoráveis, até cerca de 40 m³/h.

Devido às condições climáticas e morfológicas que favorecem a circulação e renovação das águas subterrâneas, estas apresentam boa qualidade química. O aquífero, contudo, é muito vulnerável à ação antrópica, e por falta de maiores cuidados no seu aproveitamento é muito comum na região a detecção de altos níveis de contaminação de suas águas.

A Província Paraná corresponde à bacia sedimentar homônima, sinéclise do Paleozóico que se estende por uma área de cerca de 1.600.000 km², dos quais 1.000.000 km² ficam em território nacional. Compreende uma sequência predominantemente clástica, cuja sedimentação teve início no Ordoviciano e desenvolveu-se até o Cretáceo superior. As formações paleozóicas (Furnas, Rio Bonito, Itararé etc.), constituídas predominantemente por clásticos finos consolidados, apresentam baixa permeabilidade e representam sistemas aquíferos pobres, geralmente pouco produtivos.

O conjunto sedimentar formado pelas formações Botucatu-Rio do Rastro/Rosário do Sul-Pirambóia constitui o principal sistema aquífero da província do Paraná, detendo cerca de 80% das reservas de água da província.

O sistema aquífero Botucatu, também conhecido por Aquífero Gigante do Mercosul ou sistema aquífero Guarani, desenvolve-se por uma área de 1.195.000 km², dos quais 840.000 km² estão no Brasil, sendo 338.100 km² na região Sul. Sua espessura chega a ultrapassar os 800 m (limites do Rio Grande do Sul com a Argentina), podendo estar ausente em áreas internas da bacia.

Os poços perfurados na porção livre do sistema apresentam vazões que só excepcionalmente ultrapassam os 40m³/h, sendo em média de 20 m³/h, no Paraná, 10 m³/h, no Rio Grande do Sul e de 3 m³/h, em Santa Catarina. As águas são quimicamente de boa qualidade.

Os parâmetros hidrodinâmicos representativos do sistema (Rebouças, 1994) são:

- Porosidade efetiva: 10 a 20% (Aquífero livre)
- Coeficiente de armazenamento: 10⁻³ a 10⁻⁶ (Cresce com o aumento do confinamento)
- Condutividade hidráulica: 10⁻²cm/s (Sedimentos eólicos); 10⁻³cm/s (Sedimentos fluviais).

Os basaltos do sistema aquífero Serra Geral ocorrem por uma superfície da ordem de 50% da região Sul, sobrepondo o sistema Botucatu. Normalmente do tipo fissural, sendo o meio aquífero constituído por fraturas, contatos intertrapps e sedimentos intratrapianos. O sistema é intensamente explorado, encontrando-se em uso cerca de 9.000 poços tubulares com vazão média de 13 m³/h. De modo geral, os poços perfurados ao norte do rio Iguaçu apresentam melhores resultados do que os localizados ao sul do mesmo rio.

No extremo noroeste do estado do Paraná, ocupando uma área de 11.000 km², ocorre, sobrepondo os basaltos, a formação Caiuá, do Cretáceo, constituída por clásticos de granulação variando de fina a grossa. Esses sedimentos, com espessura média de 80m, constituem um aquífero livre, muito permeável (10⁻⁵cm/s), de elevado a médio potencial, e de grande importância social e econômica, graças a sua localização e ao baixo custo de aproveitamento. Disponibilidades e Condições de Utilização das águas Subterrâneas.

Embora o sistema aquífero Botucatu, uma das mais importantes reservas de água subterrânea do mundo, tenha 36% de sua porção brasileira nessa região, ele ainda é pouco aproveitado. As suas reservas permanentes, da ordem de 48.10¹² m³, correspondem a 80% das reservas da província hidrogeológica do Paraná e a 40% de todas as reservas de água subterrânea do Brasil.

As reservas exploráveis do sistema Botucatu são de 56.10⁹ m³/ano (Rebouças, 1994), tocando à região Sul cerca de 21,2.10⁹ m³/ano. Todavia, os aquíferos mais aproveitados, devido às facilidades de exploração, são o Serra Geral, predominantemente fissural, que ocorre capeando em cerca de 80% o sistema Botucatu, e os aquíferos das coberturas cenozóicas, que ocorrem em estreitas faixas entre as escarpas dos basaltos e o litoral.

Embora não se disponha de um banco de dados de poços completo, sabe-se que no sistema das rochas basálticas da formação Serra Geral encontram-se em uso cerca de 9.000 poços tubulares. Admitindo-se para o sistema uma vazão média da ordem de 13 m³/h, teremos um volume de água disponibilizado anualmente através dos poços da ordem de 1,08. 10⁹ m³.

Embora dispondo de potencial hidrogeológico elevado, o aproveitamento de água subterrânea na região ainda é feito visando principalmente o abastecimento público de pequenas comunidades do meio rural e na suplementação do abastecimento de cidades de porte médio.

No Rio Grande do Sul, das mais de 300 localidades com sistema de abastecimento, 55% é atendida total ou parcialmente com água subterrânea, fornecendo diariamente de cerca de 170.000 m³.

Paraná, aproximadamente 80% das cidades de pequeno porte, compreendendo 20% da população total, têm atendimento com água do subsolo. Em Santa Catarina, 95% da população são abastecidos com água de superfície, exercendo a água subterrânea importância apenas no meio rural.

3.2. Região Sudeste

A geologia da área é muito diversificada, incluindo vários segmentos tectônicos do escudo Oriental e das bacias intracratônicas do Bambuí e do Paraná, que deram origem a um arcabouço tectonoestrutural muito complexo. Sobrepondo, em determinadas áreas, as sequências mais antigas, ocorrem sedimentos do Cretáceo e do Cenozóico de composição variável.

Da conformação geológica da região e da diversidade das condições climáticas e fisiográficas resultaram sistemas aquíferos dos tipos porosos, fissurais e cársticos, com características hidrogeológicas muito diversificadas.

Na província do escudo Oriental predominam aquíferos do tipo fissural. Nestes, a recarga, circulação, permanência e descarga das águas subterrâneas dependem da densidade e configuração espacial das estruturas abertas, da morfologia e das condições climáticas dominantes.

Na região norte de Minas Gerais, de relevo pouco acidentado e com índices pluviométricos relativamente baixos (< 800 mm/ano), a renovação das águas subterrâneas é ineficiente, resultando com frequência em águas com resíduo seco superior a 500 mg/l. A produtividade do sistema é baixa, sendo grande o número de poços improdutivos. Esta produtividade, contudo, aumenta para o sul e o leste, graças ao aumento da pluviometria, que favorece o desenvolvimento da cobertura intemperizada, que facilita a recarga do sistema. Em determinadas áreas a zona intemperizada pode ter várias dezenas de metros de espessura.

Nas regiões serranas dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, as melhores condições de ocorrência de água subterrânea estão nos vales, que, não raro, refletem fraturamentos abertos, e nos depósitos de encosta, às vezes espessos, resultantes dos constantes movimentos de massa estimulados pelas fortes declividades e dos elevados índices pluviométricos.

As vazões específicas dos poços variam de menos de 0,36 m³/h/m, a mais de 3,6 m³/h/m, sendo os menores valores obtidos nos metassedimentos e granitóides do norte de Minas Gerais e os maiores, em áreas localizadas dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. As águas são de boa qualidade química.

A província hidrogeológica do São Francisco ocupa, na porção mineira da bacia do rio São Francisco, uma área da ordem de 180.000 km². O sistema cárstico-fissural é representado pelo grupo Bambuí. Este reúne rochas calcárias e dolomíticas escuras, associadas a níveis clásticos diversos. Essas rochas mostram-se fracamente metamorfizadas, subhorizontais na região central e dobradas e falhadas nas zonas de contato com as rochas do escudo oriental. Ocorre

sotoposta em grandes áreas a sedimentos cretáceos (formação Urucuia e grupos Mata da Corda e Areado) e cenozóicos.

Esse sistema é caracterizado por formas de dissolução cársticas (dolinas, sumidouros, cavernas etc.) que, associadas às fraturas, possibilitam a formação de grandes reservatórios. Essas feições, por serem muito localizadas, atribuem ao sistema um caráter de elevada heterogeneidade e anisotropia. Na região Sudeste, o sistema cárstico distribui-se em grandes áreas, tais como na bacia do rio Verde Grande e na região de Sete Lagoas-Lagoa Santa, onde se podem obter vazões superiores a 150 m³/h. O normal, todavia, são poços com vazões inferiores a 20 m³/h.

O sistema intersticial, que ocorre capeando em determinadas áreas o sistema cárstico, inclui, aqui, além da formação Urucuia, os arenitos dos grupos Mata da Corda e Areado. Esses sedimentos, devido à sua disposição tabular, apresentam superfície profundamente retalhada com seccionamento dos domínios de acumulação, que facilita o rápido retorno das águas à superfície como escoamento de base dos rios. A zona de saturação tende a situar-se no terço inferior do sistema. Com base no escoamento subterrâneo total, determinaram-se valores de infiltração entre 10 e 20% (CPRM, 1980), da mesma ordem de grandeza dos obtidos por métodos químicos. As vazões dos poços que captam o sistema intersticial variam de 1 m³/h a 60 m³/h, com média de 18 m³/h. Os valores mais representativos das características hidrodinâmicas do sistema Mata da Corda/Areado são:

- Transmissividade: $2,5 \cdot 10^{-3}$ m²/s
- Permeabilidade: $4,1 \cdot 10^{-6}$ m/s
- Coeficiente de Armanezamento: 10^{-7}

A província hidrogeológica do Paraná ocupa cerca de 60% do estado de São Paulo e a quase totalidade da região do Triângulo Mineiro. O principal sistema aquífero é o Botucatu-Pirambóia, que se estende na região Sudeste por uma área de 207.000 km², com espessura média de 300 m, podendo ultrapassar os 800 m na parte confinada. O sistema mergulha para as regiões centrais da bacia, na maior parte confinado pelos basaltos da formação Serra Geral, podendo atingir profundidade de mais de 1.500 m.

O rendimento dos poços raramente ultrapassa os 40 m³/h na porção livre do sistema, podendo obter-se vazões de mais de 1.000 m³/h (Três Lagoas, Pereira Marreto etc.) na parte confinada.

Dois poços perfurados para a Companhia de Saneamento de Minas Gerais, no Triângulo Mineiro, alcançaram as profundidades de 602 m (Uberaba) e 1.160 m (Frutal); o primeiro, definindo uma espessura do sistema, no local, de 80 m; o segundo, penetrando 170 m do Botucatu. As vazões obtidas foram, respectivamente, de 360 e 300 m³/h. Em Frutal, foi medida uma temperatura da água de 51°C.

As formações paleozóicas da bacia do Paraná, constituídas por sedimentos finos consolidados, apresentam em geral baixa produtividade. O sistema Tubarão fornece vazões geralmente inferiores a 20 m³/h. Por ocorrer em uma área densamente habitada e industrializada e com escassos recursos hídricos de superfície, é intensamente explorado através de mais de 5.500 poços tubulares.

O sistema aquífero Serra Geral, predominantemente do tipo fissural, ocorre sobre o Botucatu por uma área de cerca de 155.000 km², ora aflorando ora recoberto pelos aquíferos Bauru e Caiuá; o primeiro com predominância de arenitos finos e o segundo constituído de clásticos de granulação variando de fina a grossa.

Esses aquíferos, devido à grande extensão de ocorrência, do potencial e da boa qualidade química das águas e devido ao baixo custo de captação, são intensamente explorados.

No domínio do sistema fissurado (escudo Oriental) as pequenas bacias sedimentares cenozóicas (bacias de São Paulo, Taubaté e Resende) ou o manto de intemperismo bem desenvolvido constituem reservatórios hídricos importantes, já intensamente explorados na região. Essas bacias, pela sua localização, exercem importante papel sócio-econômico.

Ao longo do litoral desenvolve-se a província Costeira, representada por uma estreita faixa de sedimentos fluviais, marinhos e lacustres que, localmente, transicionam com as restingas. Estudos recentes realizados em Arraial do Cabo indicaram espessuras de sedimentos de mais de 100 m. Todavia, em termos hidrogeológicos, são mais importantes as ocorrências do grupo Barreiras, do Terciário, presentes no norte dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Ocupam faixas com largura de mais de 30 km, apresentando espessuras que podem ultrapassar os 100 m. Ocorre formando tabuleiros profundamente recortados, o que limita o armazenamento de água a menos da metade de sua espessura.

Em virtude das características hidrogeológicas de seu substrato geológico, a região Sudeste apresenta grande variedade de condições de armazenamento de água. As rochas cristalinas e as formações inferiores da bacia sedimentar do Paraná constituem sistemas aquíferos pobres, mas que, devido às suas condições de ocorrência e localização, são intensamente aproveitados.

Os sistemas aquíferos Botucatu, da província hidrogeológica do Paraná, e Bambuí e Urucuaia, da província do São Francisco, são os mais importantes em termos de potencialidades, apresentando o primeiro reservas exploráveis da ordem de $13,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$, e os dois últimos, de cerca de $5,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$. Pela intensidade do aproveitamento merecem destaque, além do sistema fissurado citado anteriormente, os aquíferos livres da bacia sedimentar do Paraná (Caiuá, Botucatu e Serra Geral) e as bacias de São Paulo e Taubaté. Esses sistemas, devido aos baixos custos de captação de suas águas, geralmente ao alcance da maioria dos usuários, constituem reservatórios hídricos subterrâneos de grande alcance social e econômico.

Rebouças (1976) determinou para os 300.000 km^2 de ocorrência do aquífero Bauru, sendo 125.000 na região Sudeste, reservas exploráveis de $24 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Na região norte de Minas Gerais e no vale do rio Doce foram determinadas recargas anuais para o aquífero fissurado, respectivamente, de $1.471 \text{ m}^3/\text{km}^2$ e $4.884 \text{ m}^3/\text{km}^2$ (CPRM, 1978 e 1980), esta mais de três vezes superior à primeira, o que demonstra a importância das condições climáticas e das coberturas inconsolidadas na eficiência da renovação das águas.

Os volumes de água subterrânea disponibilizada através dos poços tubulares distribuem-se irregularmente pela região, sendo visivelmente maiores no estado de São Paulo, seguindo-se Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Nesse último estado, a participação das águas subterrâneas no abastecimento público e em outras atividades sociais e econômicas ainda é muito modesta, e só agora vem merecendo maior atenção, principalmente na planície costeira.

O emprego das águas subterrâneas na irrigação e na indústria ainda é muito pequeno se comparado ao abastecimento público. O único grande projeto de irrigação com grande participação dos recursos hídricos do subsolo é o Jaíba, no vale do rio Verde Grande, em Minas Gerais. Em toda a região há, principalmente próximo aos grandes centros, uma proliferação da pequena irrigação, realizada em nível familiar, principalmente de ortifruticultura, onde é muito utilizada a água dos aquíferos freáticos. Na indústria as águas subterrâneas ainda não são utilizadas como esperado. Mente (1996) apresenta uma tabela, elaborada a partir de informações do DAEE, mostrando que 93% da demanda industrial de água no estado de São Paulo provêm do

manancial de superfície. Todavia, é grande a utilização industrial das águas subterrâneas em algumas regiões do estado do Rio de Janeiro, notadamente na Baixada Fluminense. As águas subterrâneas ainda são largamente utilizadas no abastecimento de hotéis, condomínios, colégios e postos de gasolina.

3.3. Região Centro-Oeste

A geologia da área é muito diversificada, incluindo os diferentes litótipos (arcósio, calcário, quartzito, micaxisto, granito, gnaiss etc.) do complexo cristalino pré-cambriano, e sedimentos diversos das províncias hidrogeológicas do Paraná, São Francisco e Centro-Oeste, esta representada pelas subprovíncias Ilha do Bananal, Alto Xingu, Chapada dos Parecis e Alto Paraguai.

As rochas cristalinas e cristalofilianas do embasamento ocupam toda a região situada a norte da bacia sedimentar do Paraná e a oeste das bacias do São Francisco e Parnaíba, desenvolvendo-se para o norte e para o oeste, ultrapassando os limites da região. Na maior parte da província do Centro-Oeste e em áreas do escudo Central os sistemas aquíferos fissurados encontram-se recobertos por sedimentos cenozóicos e paleozóicos que constituem, muitas vezes, importantes aquíferos.

A província do escudo Central, com maior área de ocorrência no estado de Goiás, ainda é hidrogeologicamente pouco conhecida, mas, por sua constituição geológica, pode-se afirmar que representa um sistema aquífero de baixa produtividade, podendo ter suas condições melhoradas pela presença local de manto de intemperismo permeável, que possibilita vazões superiores a 15 m³/h. De modo geral, as vazões variam entre 4 e 25 m³/h. O Distrito Federal está localizado sobre essa província.

A província hidrogeológica do Centro-Oeste é representada em superfície, principalmente por sedimentos do Cenozóico, constituídos por aluviões e coberturas detrítico-lateríticas. Apesar de sua grande área de ocorrência (30% de Mato Grosso do Sul, 55% de Mato Grosso e 6% de Goiás), o potencial hidrogeológico pode ser considerado pequeno devido à predominância de uma permeabilidade baixa. Merece destaque a subprovíncia dos Parecis, que ocorre no centro-oeste de Mato Grosso, na Chapada dos Parecis. Compreende uma extensa ocorrência de sedimentos clásticos, consolidados ou não, de média permeabilidade.

A província hidrogeológica do São Francisco ocupa uma área no nordeste do estado de Goiás, nos limites com a Bahia. Está representada pelo sistema aquífero Urucua, composto por sedimentos eólicos e lacustres. Devido à reduzida espessura, sua importância como aquífero é muito pequena, sendo, todavia, muito importante como meio de transmissão de água das chuvas aos aquíferos fissurados subjacentes.

A província do Paraná, com ocorrência em uma vasta área da região, ocupa cerca de 70% do estado de Mato Grosso do Sul, desenvolvendo-se para o norte até o paralelo de 17° que corta o sul do estado de Mato Grosso. Os aquíferos paleozóicos (formações Aquidauana, Ponta Grossa e Furnas) afloram nas margens da bacia sedimentar do Paraná, e, embora ocupem expressiva superfície, ainda são pouco explorados. Os poucos poços captando o aquífero Aquidauana apresentam vazões baixas, variando entre 5 e 12 m³/h, enquanto o aquífero Furnas pode fornecer vazões superiores a 60 m³/h.

O mais importante aquífero é o Botucatu, que ocorre em uma área de 295.000 km², sendo 213.000 km² no estado de Mato Grosso do Sul e 55.000 km² no estado de Goiás. Aflora em uma faixa NNE-SSO desde o SO de Goiás até os limites de Mato Grosso do Sul com o Paraguai. Sua espessura é muito variável, podendo ultrapassar os 600 m na sua porção confinada. As vazões são muito variáveis, em média de 5 m³/h na porção livre e de 200 m³/h ou mais quando

confinado. Capeando o Botucatu, ocorre o sistema aquífero dos basaltos, predominantemente do tipo fissural, mas que pode ser localmente ampliado pelo sistema inter e intratrapps. As vazões dos poços são muito variáveis, ocorrendo valores entre 60m³/h a mais de 80 m³/h.

Recobrando os basaltos por uma área de 180.000 km², ocorre o pacote arenoso de granulação variável do aquífero Bauru. A sua superfície é retalhada por vales geralmente profundos e estreitos que, muitas vezes, seccionam os domínios de acumulação, facilitando o rápido retorno à superfície, como escoamento de base dos rios, das águas das chuvas infiltradas. As vazões apresentam valores compreendidos entre 2 e 80 m³/h.

Os recursos hídricos subterrâneos vêm sendo aproveitados intensamente na região, principalmente nas áreas de influência dos grandes centros urbanos, como Brasília, Campo Grande e Dourados, essas duas últimas cidades com uma participação de 60% de água das reservas subterrâneas no total distribuído às populações.

Os estados de Goiás e Mato Grosso possuem grandes áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos fissurados e das coberturas detrito-lateríticas e aluviões antigas pouco permeáveis, cujo potencial hidrogeológico pode ser considerado baixo. Todavia, esses sistemas são muito importantes no abastecimento de pequenas comunidades. Em Goiás, cerca de 30% das localidades com sistema de abastecimento são atendidas com água subterrânea, percentual que em Mato Grosso sobe para 60%. Entretanto, o volume de água correspondente é muito baixo, menos de 5% em Goiás. Nos dois estados a participação dos recursos hídricos de subsuperfície na indústria e na irrigação é pouco significativa. Em Goiás, a maior parte das indústrias está localizada na bacia do rio Paranaíba, e tem sua demanda hídrica atendida principalmente por água de superfície.

O Distrito Federal apresenta uma densidade relativamente grande de poços tubulares, captando principalmente o sistema fissurado do escudo Central em certos trechos, como em Brasília, ampliado pelo manto de intemperismo. As vazões são muito variáveis, podendo apresentar valores superiores a 30 m³/h, contudo predominando vazões inferiores a 15 m³/h. A água subterrânea, de boa qualidade, é utilizada, principalmente no abastecimento doméstico e de pequenas comunidades, contribuindo de forma suplementar no abastecimento de algumas cidades-satélite, como Sobradinho e São Sebastião.

Melhores condições hidrogeológicas são encontradas no estado do Mato Grosso do Sul, que conta com vastas ocorrências dos principais aquíferos da bacia do Paraná. O aquífero Botucatu, de maior potencialidade, exibe vazões específicas superiores a 8 m³/h/m e ocorre, em parte, confinado a grandes profundidades (até mais de 1.000 m), o que dificulta o seu aproveitamento.

Os aquíferos Serra Geral e Bauru são os mais importantes, social e economicamente, e mais explorados, participando com 72% dos 220.106 m³ da água disponibilizada por ano pela Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL), principalmente para abastecimento público.

Merecem destaque pelo potencial econômico que representam, principalmente para o estado de Goiás, as águas termais e minerais comuns em diversas regiões. Muitas dessas ocorrências são intensamente aproveitadas para centros de turismo. Entre estes se destacam os balneários de Caldas Novas (água com temperatura de até 58° C), Rio Quente e Cachoeira Dourada.

3.4. Região Norte

A região Norte é caracterizada por um quadro hidrogeológico bastante favorável, em virtude da presença, em mais da metade de seu território, de depósitos sedimentares de litologia variável, com ocorrência de horizontes de elevada permeabilidade e com frequentes condições de artesianismo.

Ocorre também o domínio dos sistemas aquíferos fissurais de baixa produtividade quando aflorantes, mas frequentemente melhorada pela presença, em superfície, de sedimentos inconsolidados, com espessura que pode ultrapassar os 40 m, formando muitas vezes sistema aquífero único. As coberturas, além de constituírem reservatórios hídricos de boa potencialidade, constituem um meio permeável que permite a recarga contínua do sistema fissurado subjacente.

Esses dois domínios hidrogeológicos estão concentrados predominantemente em três grandes áreas: duas representadas pelos sistemas aquíferos fissurais das províncias hidrogeológicas do escudo Setentrional, que ocupa a faixa norte da região (maior parte do Amapá e Roraima e áreas dos estados do Amazonas e Pará), e do escudo Central, correspondente à metade sul do Pará e grandes superfícies de Rondônia e Tocantins. Esses sistemas têm recarga facilitada pelo elevado índice pluviométrico da região, pela presença de coberturas cenozóicas e pela abundância de água de superfície.

O escudo Setentrional é constituído por rochas cratônicas do complexo Guianês e por coberturas de plataforma do grupo Roraima (arenitos, ortoquartzitos, arcósios, conglomerados etc.). Os clásticos de granulação fina a grosseira das unidades Roraima, Prosperança e Takutu apresentam as melhores possibilidades de ocorrência da água subterrânea da província. As demais associações rochosas do escudo apresentam aquíferos locais associados a zonas fraturadas e outras descontinuidades geológicas.

O principal domínio das rochas porosas, a província hidrogeológica do Amazonas, ocorre separando as duas províncias anteriormente citadas e desenvolve-se dos limites do Brasil com o Peru para nordeste até o litoral, ocupando uma área de mais de 50% da extensão territorial da região Norte. É constituída por sequência sedimentar que vai do Paleozóico, aflorante nas margens da bacia Amazônica, ao Cenozóico, que ocupa toda a porção central da bacia.

Não obstante o seu elevado potencial, a província do Amazonas, com uma área da ordem de 1.300.000 km², ainda é pouco conhecido em profundidade, dispondo-se de melhores informações sobre os aquíferos Solimões e Alter do Chão, que têm apresentado boa produtividade na ilha de Marajó, Castanhal, Santarém e Manaus. Em Belém, são explorados os aquíferos Pirabas, Barreiras e Pós-Barreiras (Cenozóico), com poços que variam de 12 m a 280 m de profundidade. Os poços com menos de 20 m de profundidade apresentam baixas vazões e captam normalmente o aquífero Pós-Barreiras. Este, devido a sua grande vulnerabilidade e ao seu uso secular e intensivo, necessita urgentemente da realização de estudos dos níveis de poluição, além do estabelecimento de uma política de proteção dos horizontes aquíferos subjacentes. O problema de poluição do aquífero freático na Amazônia já tem sido constatado inclusive em cidades menores, como em Rolim de Moura (RO), com problemas de contaminação do lençol freático provocados pelo mal uso de uma termoeletrica.

Em Belém (PA), o aquífero Pirabas apresenta elevada produtividade, com vazões de até mais de 250 m³/h. O Pré-Pirabas, ainda praticamente desconhecido e que ocorre a partir dos 200 m de profundidade, apresenta perspectivas de excelentes vazões e água de boa qualidade, constituindo, portanto, uma boa opção para projetos que requeiram grandes volumes de água.

Ocupando áreas menores, merecem destaque a província Costeira, representada pela subprovíncia do Amapá (sedimentos inconsolidados e aquífero Alter do Chão), a província do

São Francisco (sedimentos clásticos de baixa a média permeabilidade da formação Urucuia), localizada nos limites dos estados de Tocantins e Bahia, e a província hidrogeológica do Parnaíba, que se estende por mais de 110.000 km² do estado de Tocantins. A província do Parnaíba, com uma sequência alternada de aquíferos e aquíferos, apresenta reservatórios compartimentados moldados por eventos tectônicos. Os principais aquíferos são Serra Grande, o mais explorado, Cabeças e Poti-Piauí (Ver Região Nordeste).

Em Rondônia, merece menção, além dos aquíferos das aluviões e eluviões, o aquífero Parecis, com sequência sedimentar constituída predominantemente por clásticos, e que apresenta elevada produtividade (vazões específicas de 10 a 15 m³/h/m). Sua ocorrência fica restrita à porção sudeste do Estado, onde se desenvolve para o estado de Mato Grosso.

Na região Norte, a água subterrânea é utilizada quase que exclusivamente para o abastecimento humano. Embora não dispondo de informações precisas, pode-se dizer, com certa segurança, que o volume de água destinado a outros usos (irrigação, pecuária, indústria etc.) é inferior a 10% do total. O uso industrial é concentrado nas maiores cidades, como Belém e Manaus, onde se encontram as principais indústrias, com atividades voltadas principalmente para as áreas alimentícia, madeireira e de cerâmica.

De um total de 352 localidades com sistema de distribuição de água (dados de 1995), 169 utilizam água subterrânea, correspondente em volume a 40% dos cerca de 1,2.10⁶ m³ disponibilizados por dia. Em alguns estados, a contribuição subterrânea ainda é relativamente pequena, se levadas em consideração as grandes possibilidades. Nesse caso estão incluídos os estados do Acre (18,7%), Rondônia (25%) e Tocantins (20%). Por outro lado, estados como o Pará, com 79,4% das localidades, e o Amapá, com 64%, mostram o predomínio das águas subterrâneas no abastecimento público. O Amazonas é o estado que utiliza maior volume de água subterrânea, com cerca de 25% do total disponibilizado na região.

O aquífero explorado é representado pelos sedimentos cenozóicos da província do Amazonas, através de poços tubulares com até 250 m de profundidade e, com maior frequência, por poços escavados de grande diâmetro e poços-ponteiras. Em Manaus, as oito dezenas de poços tubulares utilizados no abastecimento têm profundidade média de 160m e captam o aquífero Alter do Chão com uma vazão média de 78 m³/h.

Existe na região um número muito grande de poços rasos que, por deficiências construtivas e falta de conservação, constituem verdadeiros canais de poluição aos aquíferos. Só na Grande Belém existem cerca de 20.000 desses poços, utilizados no abastecimento de residências, hotéis, hospitais, lava-jatos, pequenas indústrias etc.

3.5. Região Nordeste

3.5.1. Avaliação hidrogeológica detalhada

A distribuição espacial das águas subterrâneas na região nordeste se faz de maneira heterogênea, principalmente considerando as áreas de maior escassez do semi-árido.

Cerca de 50% do nordeste é representado por rochas do embasamento cristalino (granitos, gnaisses, xistos, etc.) de reduzida potencialidade hídrica, correspondendo essa área à localização das zonas de maior aridez, dos Estados do Ceará, R. G. do Norte, Paraíba, Pernambuco, norte da Bahia e leste do Piauí.

Das reservas totais, incluindo as reservas permanentes e as reservas reguladoras devem ser consideradas inicialmente a profundidade máxima explotável em função dos aspectos técnicos e econômicos da construção de poço e ainda da qualidade química da água. Quanto aos

primeiros, admite-se atualmente uma profundidade limite, na região nordeste, em torno dos 1.000m, já existindo vários poços perfurados até esse limite, principalmente na região de Mossoró (RN), na Chapada do Araripe e na Bacia do Parnaíba no Piauí. No que se refere à limitação de profundidade em função da qualidade, pode ser citada a Bacia Sedimentar do Recôncavo, na Bahia, onde as águas dos aquíferos situados a profundidades superiores a 800m já se acham salinizados. Em função dessas limitações, consideram-se como explotáveis apenas as águas armazenadas até o limite definido regionalmente para cada aquífero ou sistema aquífero da bacia sedimentar, e, por extensão, para os terrenos cristalinos.

Os grandes sistemas aquíferos distribuídos ao longo da superfície do Brasil foram classificados, conforme já visto, em províncias hidrogeológicas com subdivisão, quando cabível, em subprovíncia, constando a distribuição dessas províncias no Mapa Hidrogeológico do Brasil, publicado pelo DNPM/CPRM em 1983.

Na região nordeste as províncias hidrogeológicas mapeadas são:

- Parnaíba;
- Escudo Oriental;
- São Francisco;
- Costeira.

A província "Escudo Oriental" subdivide-se nas sub-províncias Nordeste e Sudeste.

A província "Costeira" subdivide-se nas seguintes sub-províncias São Luiz/Barreirinhas, Ceará/Piauí, Potiguar, Pernambuco/Paraíba, Alagoas/Sergipe e Recôncavo/Tucano/Jatobá.

As províncias Parnaíba e Costeira são constituídas por aquíferos intersticiais ou porosos, dotados de porosidade e permeabilidade boas a regulares; a província São Francisco inclui aquífero intersticial e aquífero cárstico-fissural em que a porosidade e a permeabilidade são secundárias, proporcionadas por fraturas e dissolução dos calcários; a província Escudo Oriental é representada pelo aquífero fissural, de rochas duras fraturadas, com baixas porosidades e permeabilidade.

A Província Parnaíba

Esta província localiza-se na região nordeste ocidental, abrangendo cerca de 90% do Estado do Piauí e todo o Estado do Maranhão, correspondendo geologicamente à Bacia Sedimentar do Parnaíba também conhecida como Bacia Sedimentar do Maranhão ou do Meio-Norte.

Nesta bacia sedimentar constituída de uma alternância de formações geológicas de composição litológica variada entre arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos, os principais aquíferos são representados pelas formações Serra Grande, Cabeças, Poti e Piauí (explotados no Piauí), Corda e Codó, restritos ao Estado do Maranhão. Os aquíferos Barreiras e aluvial ocorrem indistintamente nos dois Estados. O aquífero Pastos Bons/Motuca ocorre na faixa limítrofe aos dois Estados, porém é pouco explotado face a sua permeabilidade muito baixa.

O aquífero Serra Grande era explotado principalmente sob condições de artesianismo, proporcionando poços jorrantes ao longo da borda oriental da bacia sedimentar, desde Pedro II ao norte, até São João do Piauí ao sul. Atualmente, são raros os casos de artesianismo jorrante, devido ao grande rebaixamento de níveis que ocorreu por conta da superexplotação, notadamente na região de Picos e São João do Piauí.

Os seus coeficientes hidrodinâmicos médios (Projeto Áridas, 1994) são:

- Transmissividade - $T = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 4,3 \cdot 10^{-4}$

A produtividade é muito elevada, com poços de vazão específica superior a $4 \text{ m}^3/\text{h/m}$ e vazões superiores a $100 \text{ m}^3/\text{h}$ para rebaixamento do nível d'água de 25m; a qualidade da água é bastante satisfatória, com Resíduo Seco (R.S.) médio de 300 mg/l .

O aquífero Cabeças, separado do Serra Grande por um aquitardo – Formação Pimenteiras - é considerado o melhor aquífero da região apesar de possuir menor espessura do que o Serra Grande, em função das suas condições de exploração serem mais favoráveis. Acompanha a Formação Serra Grande ao longo da faixa de afloramentos, sendo, todavia melhor explotado em condições de artesianismo, por sob a Formação Longá, constituída de folhelhos. Seus coeficientes hidrodinâmicos médios são:

- Transmissividade - $T = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 3,7 \cdot 10^{-4}$

As características de produtividade são as mesmas do aquífero Serra Grande, e a qualidade química da água é semelhante, com média de $\text{R.S.} = 330 \text{ mg/l}$.

O sistema aquífero Poti/Piauí será considerado conjuntamente por não existir entre as duas formações aquíferas nenhum aquicludo ou aquitardo que proporcione separação das águas armazenadas nos dois aquíferos.

O sistema aflora extensivamente no Estado do Piauí, ao norte do paralelo $8^\circ 00'$, sendo mais comumente explotado na condição de aquífero livre a semi-confinado.

Seus coeficientes hidrodinâmicos médios são os seguintes:

- Transmissividade - $T = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Porosidade eficaz - $M = 2,0 \cdot 10^{-3}$

A produtividade do sistema é elevada a média, tendo os poços vazão específica entre 1 e $4 \text{ m}^3/\text{h/m}$ e vazões entre 25 e $100 \text{ m}^3/\text{h}$ para rebaixamento de nível d'água de 25m. A água é de boa qualidade, com R.S. médio da ordem de 200 mg/l .

A potencialidade do sistema aquífero Pastos Bons/Motuca é fraca, visto que o mesmo ocorre em área restrita, sendo pouco explotado. Seus parâmetros hidrodinâmicos médios são:

- Transmissividade - $T = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 2,0 \cdot 10^{-4}$

A produtividade do sistema aquífero é média a fraca, tendo os poços vazões específicas entre $0,13$ e $1,0 \text{ m}^3/\text{h/m}$ com vazões entre $3,2$ e $25 \text{ m}^3/\text{h}$ para rebaixamento de nível d'água de 25m.

O aquífero Corda ocorre na condição de livre, semi-confinado e confinado, sendo mais explorado como semi-confinado onde apresenta melhores condições hidrodinâmicas. Sua área de exploração situa-se no centro-sul do Estado do Maranhão e seus parâmetros hidrodinâmicos médios são (de acordo com o Projeto Áridas, 1994).

- Transmissividade - $T = 8,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 4,0 \cdot 10^{-6}$

A produtividade do aquífero é média, tendo os poços à vazão específica entre 1 e 4 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ e vazões entre 5 e 25 m^3/h para rebaixamento de nível d'água de 25m. A água é de boa qualidade com média de R.S. = 400mg/l.

O aquífero Codó apresenta-se em muitos locais como aquífero em função da presença de pelitos e carbonatos e, regionalmente, tem uma baixa produtividade. Apresenta os seguintes coeficientes hidrodinâmicos médios:

- Transmissividade - $T = 9,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 3,4 \cdot 10^{-3}$

A produtividade é inferior ao aquífero Corda e a média do R.S. é de 300mg/l.

O aquífero Itapecuru é o que apresenta maior extensão de ocorrência na superfície, em geral sob a forma de livre a semi-confinado. Todo o centro-norte do Maranhão é representado por esse aquífero que é intensamente explorado, sobretudo para a pecuária e abastecimento rural. Seus coeficientes hidrodinâmicos médios são:

- Transmissividade - $T = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 3,8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- Porosidade eficaz - $m = 1,3 \cdot 10^{-1}$

A produtividade do aquífero é média a fraca, tendo os poços a vazão específica entre 1 e 0,13 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ e a vazão entre 25 e 3,2 m^3/h para rebaixamento de nível d'água de 25m.

Os aquíferos Barreiras e Aluvial ocorrem em áreas muito restritas, o primeiro na porção mais setentrional dos Estados do Piauí e Maranhão, numa estreita faixa ao lado do rio Parnaíba, enquanto o segundo ocorre em áreas descontínuas, nos leitos e margens fluviais. Desempenham um papel muito secundário não tendo por isso sido calculados os seus parâmetros hidrodinâmicos, na Província do Parnaíba.

A Província São Francisco

Localiza-se na porção ocidental do Estado da Bahia, ingressando no Estado de Goiás até Brasília e, para sul, no Estado de Minas Gerais (zona noroeste), até as proximidades de Belo Horizonte.

Apenas dois sistemas aquíferos ocorrem nessa província: o Sistema Cárstico-Fissural (Grupo Bambui e F. Caatinga) e o Sistema Poroso (Formação Urucua e Formação Areado).

O Sistema Aquífero Cárstico-Fissural é representado pelas formações Bebedouro - metassedimentos siltico-argilosos e Salitre - calcários cinza, que compõem o Grupo Bambui do Pré-Cambriano Superior, capeadas discordantemente pela Formação Caatinga de idade Quaternária.

Esse sistema tem por característica principal a constante presença de formas de dissolução cárstica (dissolução química de rochas calcárias) formando cavernas, sumidouros, dolinas e outras feições erosivas típicas desse tipo de rocha. Essas formas de dissolução cárstica aliadas às fraturas e juntas de estratificação propiciam ao sistema uma porosidade e permeabilidade secundárias que permite acumulação de água em volumes consideráveis, fornecendo vazões em poços, de até 200 m^3/h .

Essa condição do reservatório hídrico subterrâneo não se faz de maneira homogênea ao longo de toda a área, mas ao contrário, são feições muito localizadas, que conferem uma elevada heterogeneidade e anisotropia ao sistema aquífero.

A partir dos vários estudos levados a efeito na região da Província São Francisco, pode-se admitir como valores mais representativos para os coeficientes hidrodinâmicos do Sistema Cárstico-Fissural, os seguintes:

- Transmissividade: $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Armazenamento: $5,0 \cdot 10^{-3}$

O sistema aquífero cárstico-fissural é de produtividade média a fraca, com vazão específica dos poços variando entre 1,0 e 0,13 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ e vazões entre 25 e 3,2 m^3/h para rebaixamento de nível d'água de 25m.

A qualidade da água, embora dentro dos limites de tolerância quanto à potabilidade - R.S. = 1.400 mg/l (em média) apresenta-se carbonatada, com dureza média de 870 mg/l, bem acima do limite tolerado.

Quanto ao Sistema Poroso, representado pelas Formações Urucuia e Areado de idade cretácica associado a coberturas detríticolateríticas recentes, ocorre na faixa ocidental do Estado da Bahia, a oeste do Rio São Francisco e os valores dos parâmetros hidrodinâmicos oscilam em torno das médias seguintes:

- Transmissividade - $T = 10^{-4}$ a $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 10^{-5}$ a 10^{-7} m/s
- Porosidade eficaz - $m = 1$ a $5 \cdot 10^{-2}$ (condição de livre)
- Armazenamento - $S = 1 \cdot 10^{-4}$ (condição de confinado)

A Formação Urucuia possui espessura variável entre 30 e 400m enquanto a Formação Areado sotoposta possui espessura máxima de 200m.

O Sistema Arenítico da Província São Francisco apresenta produtividade elevada com vazões específicas da ordem de 10 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$, tendo os poços perfurados na área da agricultura irrigada profundidades de 250 a 300 m que produzem vazões em torno de 400 m^3/h (Informações verbais: Geol. Arnaldo Correia Ribeiro, Hidrocon - Hidrogeólogos Consultores Ltda.).

A Província Escudo Oriental

Compreendendo a maior área da região semi-árida nordestina, inclui praticamente todo o Estado do Ceará, cerca de 60% do Estado do R.G. do Norte, 95% dos Estados da Paraíba e Pernambuco, aproximadamente 70% dos Estados de Alagoas e Sergipe, 40% da área nordeste da Bahia, além de 50% da área sudeste desse mesmo Estado.

Sua constituição geológica é de rochas do embasamento cristalino, representado por gnaisses, granitos, migmatitos, xistos, quartzitos, vulcanitos, dentre outros tipos líticos, os quais caracterizam o “aquífero fissural”.

A subdivisão da província nas sub-províncias “Nordeste” e “Sudeste” é baseada não no tipo litológico que é o mesmo, mas nas condições hidrogeológicas bastante diferenciadas entre aquelas duas regiões, devido à ausência de manto de cobertura - ou eluvião, ou regolito - na sub-província Nordeste, em contraposição a sua existência na sub-província Sudeste.

A existência desse regolito capeando as rochas na sub-província Sudeste é decorrente do clima mais chuvoso e úmido, que favorece o intemperismo químico da rocha, acarretando a sua

decomposição com a consequente formação do manto de intemperismo, cuja espessura chega até 50 ou 80m; esse manto eluvial por ser de constituição areno-argilosa, possui regular porosidade e permeabilidade, facilitando a recarga do aquífero fissural sotoposto.

Na sub-província Nordeste, ao contrário, predomina um clima semi-árido seco, pouco chuvoso, onde o intemperismo dominante é o físico, acarretando pela desintegração da rocha um solo de cobertura muito raso às vezes totalmente ausente.

Em decorrência dessas características climáticas, a sub-província Nordeste é representada por aquíferos fissurais livres, constituídos por rochas metamórficas ou ígneas, de baixa permeabilidade (adquirida secundariamente por deformações rupturais).

A produtividade desse aquífero fissural na sub-província Nordeste é muito fraca, com vazões específicas inferiores a $0,13 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ e vazões inferiores a $3,2 \text{ m}^3/\text{h}$ para rebaixamento de nível d'água de 25m. A água em geral é de má qualidade, com predominância de cloretos, e R.S. médio da ordem de 3.000 mg/l.

A sub-província Sudeste, limitada no Estado da Bahia a sul do paralelo 13° (na altura de Salvador), é representada por aquíferos fissurais, ampliados em certos trechos devido à associação com rochas porosas do manto de intemperismo. São aquíferos livres de permeabilidade baixa e boa qualidade química das águas, cujo resíduo seco fica em geral, abaixo de 500 mg/l.

A sua produtividade é média a fraca, com poços de vazão específica entre 1 e $0,13 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ e vazões entre 25 e $3,25 \text{ m}^3/\text{h}$ para rebaixamentos do nível d'água de 25m.

Bacias Sedimentares Interiores

No âmbito da Província Escudo Oriental, de rochas cristalinas e cristalofilianas, ocorrem pequenas bacias sedimentares, denominadas de “bacias sedimentares interiores” por se acharem no interior do continente.

A mais importante por sua extensão (cerca de 11.000 Km^2), espessura de depósito ($\pm 1.200\text{m}$) e presença de vários aquíferos, é a Bacia do Araripe localizada nos limites dos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí.

Nessa bacia o principal aquífero é o Missão Velha, explorado por cerca milhares de poços na região do Cariri cearense e por abastecer importantes cidades locais, como o Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha, etc.

Outros aquíferos de menor importância dessa bacia são o Mauriti na base da sequência e o Exu no topo da coluna.

Várias outras bacias sedimentares interiores de menor porte ocorrem nessa província, podendo-se citar:

a) No Estado de Pernambuco

- Bacia de São José do Belmonte
- Bacia de Cedro
- Bacia de Mirandiba
- Bacia de Araras
- Bacia de Carnaubeira da Penha

b) No Estado do Ceará

- Bacia de Iguatu-Icó
- Bacia de Varzea Alegre-Lavras da Mangabeira

c) No Estado da Paraíba

- Bacia do Rio do Peixe

d) No Rio Grande do Norte

- Bacia de Martins
- Bacia de Pau dos Ferros

Embora esses depósitos sedimentares não desempenhem papel importante em potencialidades, quando comparadas às grandes bacias sedimentares (exceto a Bacia do Araripe), representam de qualquer forma um paliativo para abastecimento de água às populações locais, sobretudo rurais, servindo até mesmo para irrigação de pequenas áreas (até 5 ha.) como ocorre na Bacia de São José do Belmonte.

A Província Costeira

Essa província é a que se apresenta mais diversificada, por abranger várias bacias sedimentares costeiras, de diferentes constituições e idades geológicas, distribuídas desde o Maranhão no extremo norte da área de estudo até o sul da Bahia no outro extremo.

A tabela 08 mostra resumidamente a situação das sub-províncias em que foi dividida a Província Costeira (consideram-se apenas os aquíferos até 1.000m de profundidade).

Segue-se uma apreciação resumida de cada sub-província, seus aquíferos ou sistemas aquíferos com respectivos coeficientes hidrodinâmicos e produtividade.

Sub-Província São Luiz / Barreirinhas

Os sistemas aquíferos de São Luiz e Barreirinhas conquanto sejam separados entre si por um alto estrutural do cristalino, que também separa os dois sistemas do sistema do Maranhão, já analisado atrás, serão tratados em conjunto nesse capítulo devido à semelhança dos aquíferos neles explorados.

Os dois Sistemas são de origem comum, tendo sido depositados em fossas tectônicas que atingem profundidades de até 10.000m, porém os aquíferos ali explorados são apenas os mais superficiais, até profundidades máximas de 200m.

Além dos depósitos recentes de aluviões e dunas, explorados por captações rasas na faixa mais costeira, os aquíferos explorados por poços tubulares mais profundos (média de 100m) são o Barreiras, aqui denominado de Formação Alter do Chão e o Itapecuru.

A produtividade desses sistemas aquíferos pode ser considerada como média com vazão específica entre 0,5 e 3 m³/h/m e vazões variáveis entre 3,2 e 25 m³/h para rebaixamentos de nível d'água de 25m.

A qualidade da água é boa, com média de R.S. de 500 mg/l para a Formação Alter do Chão e de 250 mg/l para a F. Itapecuru.

Sub-Província Ceará / Piauí

Os poços existentes nessa sub-província exploram o Sistema Dunas/Barreiras que possui idênticas características as analisadas para a subprovíncia anterior.

Sub-Província Potiguar

A parte superior é representada pelo aquífero cárstico-fissural livre da Formação Jandaíra, um espesso pacote de calcários que atinge 600m na região de Mossoró, possuindo produtividade bastante variada, passando de baixa a alta, em função da ocorrência de zonas carstificadas. Seus parâmetros hidrodinâmicos médios são:

- Transmissividade - $T = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
- Porosidade eficaz - $= 5,0 \cdot 10^{-2}$

Os poços nele perfurados apresentam vazões também muito heterogêneas em função destas carstificações, variando desde poucas unidades a várias centenas de metros cúbicos por hora. A qualidade da água é razoável, oscilando os R.S. entre 500 e 1.000 mg/l, tendo ampla aplicação para irrigação.

A parte inferior é representada pelo aquífero Açu, uma camada de arenitos que chega a 300m de espessura, porém com limitada área de recarga. Atualmente vem sendo super-explotada para abastecimento de cidades, irrigação e indústrias, acusando um forte declínio da sua carga piezométrica. Seus coeficientes hidrodinâmicos médios são:

Designação da Sub-província	Estado(s) incluído(s)	Formações Aquíferas	Espessura (m)	Constituição Litológica
São Luiz / Barreirinha	Maranhão	Barreiras	50 a 80	Arenitos argilosos
		Itapecuru	100	Arenitos, siltit. e folhelhos
Ceará/Piauí	Ceará /Piauí	Dunas e Barreiras	50 a 80	Arenias eólicas e aren. arg.
Potiguar	Rio Grande do Norte	Jandaíra	600	Calcários
		Açu	200	Arenitos c/interc. silt.arg.
Pernambuco / Paraíba	Pernambuco e Paraíba	Maria Farinha	30	Calcário
		Gramame	120	Calcário
		Beberibe	200	Arenito
Alagoas / Sergipe	Alagoas e Sergipe	Barreiras	60 a 80	Arenitos argilosos
		Piaçabuçu	500	Arenitos e calcários
		Cotinguiba	300	Arenitos e calcários
Recôncavo / Tucano / Jatobá	Bahia e Pernambuco	Barreiras	60	Arenitos e argilas
		Marizal	200	Arenitos e conglomerados
		São Sebastião	3.000	Aren. gros., folhelho e calc.
		Ilhas	2.500	Folhelho e arenitos
		Candeias	1.200	Folhelhos calc. e arenitos
		Sergi	400	Arenitos fin. e gr., argila
		Aliança	750	Siltitos, aren., folhel. e calc.
		Inajá	300	Arenito f. e m., folhel. e silt
		Tacaratu	200	Arenitos gr. fin. e conglom.

Tabela 08 – Subdivisão Hidrogeológica da Província Costeira (PROJETO ÁRIDAS, 1994).

- Transmissividade - $T = 2,3. 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 7,5. 10^{-6} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 1,0. 10^{-4}$

A produtividade do aquífero é elevada a média, com vazões específicas médias nos poços entre 4 e 1 m³/h/m e vazão entre 100 e 25 m³/h para rebaixamento da ordem de 25m. A qualidade da água é boa, com média de R.S. inferior a 1.000 mg/l.

Sub-Província Pernambuco / Paraíba

Os calcários Maria Farinha e Gramame não vêm sendo explorados face à elevada dureza das suas águas e baixíssimas vazões obtidas nos poços.

O aquífero Beberibe se constitui no principal manancial hídrico subterrâneo, e vem sendo amplamente utilizado para abastecimento d'água das cidades costeiras dos dois Estados, além de suprir os respectivos parques industriais. Seus parâmetros hidrodinâmicos médios são:

- Transmissividade - $T = 1,7. 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 3,8. 10^{-5} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 2,2. 10^{-4}$

A produtividade do aquífero é elevada a média, tendo os poços uma vazão específica entre 4 e 1 m³/h/m, com vazões de 100 m³/h a 25 m³/h para rebaixamento de nível da ordem de 25m. A qualidade da água é boa, com R.S. médio inferior a 400 mg/l.

Sub-Província Alagoas / Sergipe

Embora sejam explorados os três aquíferos relacionados no Quadro 2.2, a maior parte dos poços existentes vêm captando o conjunto representado pelo aquífero Barreiras e aquífero Marituba (membro mais superior da Formação Piaçabuçu). Do ponto de vista hidrodinâmico essas duas unidades se comportam como um só sistema aquífero, com espessura máxima de 300m.

A cidade de Maceió é totalmente abastecida por esse sistema aquífero, cujos coeficientes hidrodinâmicos médios são os seguintes:

- Transmissividade - $T = 3,7 \cdot 10^{-2}$ m²/s
- Permeabilidade - $K = 1,4 \cdot 10^{-4}$ m/s
- Armazenamento - $S = 3,6 \cdot 10^{-3}$

A produtividade do aquífero é elevada a média no Estado de Alagoas e média a fraca no Estado de Sergipe, onde o Membro Marituba é pouco representado. A qualidade da água é excelente, com R.S. < 100 mg/l.

Sub-Província Recôncavo / Tucano / Jatobá

Apesar de se tratar de uma mesma sequência geológica, sob o ponto de vista hidrogeológico deverão ser tratados separadamente o conjunto Recôncavo/Tucano, do Jatobá.

a) Bacias Recôncavo/Tucano

Nestas duas bacias podem ser considerados três sistemas aquíferos, a saber:

- sistema aquífero superior, representado pelos aquíferos Barreiras, Marizal e São Sebastião;
- sistema aquífero médio, representado pelos aquíferos Ilhas e Candeias;
- sistema aquífero inferior, constituído pelos aquíferos Sergi e Aliança.

O sistema aquífero superior é o mais explorado e o de maior potencialidade, principalmente através da Formação São Sebastião. Apenas do primeiro sistema se dispõe de dados hidrodinâmicos, sendo as médias dos coeficientes as que se seguem:

- Transmissividade - $T = 3,5 \cdot 10^{-3}$ m²/s
- Permeabilidade - $K = 1,2 \cdot 10^{-5}$ m/s
- Armazenamento - $S = 2,0 \cdot 10^{-4}$

A potencialidade do aquífero é elevada a média, com vazão específica dos poços entre 4 e 1 m³/h/m e vazões entre 100 e 25 m³/h com rebaixamento de nível de 25m. As águas do sistema aquífero até a profundidade média de 800m são muito boas, com média de R.S. de 210 mg/l.

b) Bacia do Jatobá

As formações aquíferas Inajá e Tacaratu apresentadas na base da coluna do Quadro 2.2 são exclusivas da Bacia do Jatobá e constitui ali o principal sistema aquífero explorável. Por outro lado, as formações Aliança, Candeias e Ilhas são constituídas predominantemente de materiais finos não apresentando boas características hidrogeológicas; as formações Barreiras e

são Sebastião não ocorrem nessa bacia e a Marizal é muito restrita não sendo igualmente explorada como aquífero.

O sistema Inajá/Tacaratu vem sendo captado na zona de confinamento e apresenta os seguintes parâmetros médios:

- Transmissividade - $T = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- Permeabilidade - $K = 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- Armazenamento - $S = 2,0 \cdot 10^{-4}$

A produtividade do sistema é elevada a média, com vazão específica dos poços entre 4 e $1 \text{ m}^3/\text{h/m}$. A qualidade da água é boa, sendo o R.S. médio de 540 mg/l.

3.5.2. Programas de desenvolvimento de recursos hídricos subterrâneos e respectivos produtos

Análise da Situação Vigente

O Governo Federal do Brasil vem reagindo historicamente, conforme já vimos, a cada período de seca intensiva na região nordeste, com a criação de um novo programa e novas entidades: com a seca de 1951 foi criado o BNB; a seca de 1958 determinou a criação do GTDN e da SUDENE; com a seca de 1970 surgiu o PIN/PROTERRA; a seca parcial de 1976 criou o movimento necessário ao lançamento do PROJETO SERTANEJO; à seca de 1979 deveu-se a criação do PROHIDRO que, posteriormente, em 1984, ao final dessa mesma seca, foi "substituído" pelo PROJETO NORDESTE cujo principal programa, o PAPP - Programa de Apoio ao Pequeno Produtor apresentou importante desempenho, desenvolvendo, no período de 1985/87 a irrigação pública em 2.839 hectares e privada em 36.170 hectares, com uma população assistida de 2.477 famílias na irrigação pública, 18.580 famílias na irrigação privada e 120.718 famílias com abastecimento d'água.

Outros programas de apoio ao desenvolvimento sócio-econômico e do meio físico da região nordeste surgiram como o POLONORDESTE, o Programa São Vicente, o FINOR-Agropecuário, o PROÁLCOOL etc.

Finalmente, entre os anos de 1992/1993, mais uma vez sob a influência de uma seca intensiva, cria-se o PROJETO ÁRIDAS que buscava um desenvolvimento sustentável que permitisse ao nordeste uma "convivência pacífica" com o fenômeno das secas.

O último grande projeto de estudo de recursos hídricos conduzido no nordeste brasileiro foi o Projeto Água Subterrânea no Nordeste do Brasil, ou PROASNE, programa de transferência de tecnologia financiado pela Agência Canadense para o Desenvolvimento Internacional – CIDA. Teve como objetivo principal contribuir para o desenvolvimento dos recursos hídricos subterrâneos da região, aumentando a disponibilidade de água a longo prazo nas comunidades rurais sertanejas e reduzindo as dificuldades causadas pela seca.

Durante os quatro anos que esteve em operação (2000 - 2004), o PROASNE conseguiu atingir sucessos significativos em várias áreas, tais como: no uso dos métodos aerogeofísicos como ferramenta para mapear rapidamente as ocorrências de água subterrânea em grandes áreas; na adaptação de uma tecnologia solar canadense para tratar as águas salobras do cristalino nordestino; no desenvolvimento e adaptação de um sistema nacional de informações de poços de água acessível através da Internet; e na avaliação e desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos disponíveis. Ao nível das comunidades, com seu programa de educação e de desenvolvimento comunitário, o PROASNE se transformou num modelo para a elaboração de projetos similares em outras partes do mundo.

Principais Benefícios Advindos dos Programas Federais de Recursos Hídricos

De uma maneira geral, expressivos ganhos foram alcançados, apesar dos percalços, pelos programas federais de recursos hídricos conduzidos no nordeste brasileiro. Entre os principais benefícios poderíamos citar:

a) Em pesquisas, estudos e projetos.

- O contínuo aprimoramento dos conhecimentos sobre as reservas e recursos exploráveis das províncias hidrogeológicas do nordeste, buscando sempre a definição das suas reais potencialidades e a elaboração de políticas de exploração dos aquíferos regionais;
- A permanente busca do desenvolvimento de novas metodologias para locação de poços em terrenos cristalinos, visando diminuir as taxas de insucesso, principalmente o alto índice de poços secos e com águas salinizadas;
- A pesquisa de novas tecnologias para dessalinização de águas, a custos mais acessíveis e com volumes de água dessalinizada mais elevados;
- O estudo integrado dos aquíferos aluviais, estudando suas recargas e descargas dentro de toda bacia hidrográfica, assegurando vazão regularizada nos sistemas de captação neles instalados, sobretudo para o abastecimento d'água de pequenas comunidades;
- A pesquisa de metodologias apropriadas para projetos de barragens subterrâneas e barragens de assoreamento, visando melhor aproveitamento dos depósitos aluviais;

b) Em obras de captação

- Perfuração de novos poços em rochas cristalinas e sedimentares, mediante a locação tecnicamente correta e o emprego de métodos de perfuração adequados a cada formação geológica;
- A execução de projetos de recadastramento regional de poços, permitindo a recuperação daqueles abandonados, ao invés de se proceder simplesmente à perfuração de novos poços;
- Instalação de equipamentos de bombeamento nos poços já perfurados, preferencialmente que não requeiram energia elétrica ou combustível para acionamento de moto-bomba, como, por exemplo, o uso de catavento;
- Execução de poços rasos em áreas aluviais, do tipo mais adequado para cada caso: poço tubular, poço amazonas, poço coletor com dreno radial, galeria filtrante, etc.;
- Incremento substancial na construção de barragens subterrâneas de forma tecnicamente adequada;
- Construção de barragens de assoreamento visando aumentar o volume de aluviões e acumular água mais facilmente explorável.

c) Em recursos humanos

- Treinamento técnico para formação de equipes de nível médio, para auxiliarem os geólogos nos estudos e acompanhamentos de obras de captação;
- Treinamento a nível de pós-graduação, em cursos de atualização concentrados, para melhoramento do nível de conhecimentos dos técnicos de nível superior;
- Divulgação de campanhas de formação de opinião pública para melhor aproveitamento e preservação dos recursos hídricos subterrâneos.

d) Nas áreas institucional e jurídica

- Aprovação da lei federal e subsequentes leis estaduais de conservação e preservação das águas subterrâneas;
- Elaboração da regulamentação e normatização dessas leis a fim de se tornarem aplicáveis, inclusive os critérios técnicos e legais para a outorga e a cobranças das águas subterrâneas;
- A contínua adequação, em equipamentos, instalações e recursos humanos, dos órgãos gestores de recursos hídricos em cada Estado do nordeste, possibilitando o eficaz cumprimento das leis de proteção das águas subterrâneas, fiscalização e execução de obras de captação, além do acompanhamento da implantação de projetos.

4. A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

Segundo o IBGE (2002), 15,6% dos domicílios brasileiros utilizam exclusivamente água subterrânea. Embora o uso deste manancial seja complementar ao superficial em muitas regiões, em outras áreas do Brasil a água subterrânea representa o principal manancial hídrico, representando importante papel no desenvolvimento socioeconômico do país.

Cidades importantes como Belém (PA), São Luís (MA), Natal e Mossoró (RN), Recife (PE), Maceió (AL) e Ribeirão Preto (SP) são abastecidas, total ou parcialmente, por poços tubulares.

Nos Estados mais desenvolvidos da Federação, entre 70 e 90% das cidades e 95% das indústrias já vem sendo abastecidas por poços (Freire *et al.*, 1998). Cerca de 90% das cidades do Paraná e Rio Grande do Sul são abastecidas por águas subterrâneas. No Piauí, o percentual é superior aos 80%. No Maranhão, este número supera 70% das cidades.

Segundo Freire *et al.* (1998), em levantamento realizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) constatou-se que 308 cidades do Estado de São Paulo, portanto quase a metade dos municípios (47,7%), são totalmente abastecidos por água subterrânea. Em outras 154 cidades (23,9%), o abastecimento é feito por fontes superficiais e subterrâneas, perfazendo assim um percentual de 71,5% de municípios do Estado usuários de água subterrânea de forma parcial ou total.

Na agricultura brasileira, a demanda pelas águas subterrâneas vem crescendo fortemente nas últimas décadas. Esta já é amplamente utilizada na irrigação em diversas regiões, como o oeste baiano e a Chapada do Apodi (RN/CE).

Mesmo no cristalino do semi-árido nordestino, onde a produtividade dos poços apresenta vazões muito baixas (comumente inferiores a 3 m³/h) e a água possui elevada salinidade, em muitas pequenas comunidades esses poços constituem a única fonte de abastecimento disponível (PNRH, 2006).

A primeira experiência brasileira na gestão de recursos hídricos teve início na década de 30 e estava vinculada à questão agrícola: em 1933, foi criada a Diretoria de Águas, depois Serviço de Águas, no Ministério da Agricultura. Logo em seguida, em 1934, esse serviço foi transferido para a estrutura do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), quando é editado o Código de Águas, até hoje em vigor.

O Código de Águas foi estabelecido pelo Decreto 24.643, de 10.07.34 e, como outros instrumentos legais que disciplinam as atividades do setor, provêm de um modelo de gerenciamento de águas orientado por tipos de uso.

Trata-se da etapa da administração dos recursos hídricos no Brasil denominada **modelo burocrático**, no qual a administração pública tinha como objetivo predominante cumprir e fazer cumprir os dispositivos legais sobre águas. Havia extensa legislação a ser obedecida, relativa a concessões e autorizações de uso, licenciamento de obras, ações de fiscalização, interdição e multa etc.

A segunda etapa da gestão dos recursos hídricos brasileiros, denominada **modelo econômico-financeiro**, caracterizou-se pelo uso de instrumentos econômicos e financeiros, por parte do poder público, para a promoção do desenvolvimento nacional ou regional, além de induzir à obediência das normas legais vigentes.

Essa etapa começou com a criação da Cia. de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (Codesvasf), em 1948. O modelo econômico-financeiro foi marcado, em geral, por duas orientações: as prioridades setoriais do governo, constituídas pelos programas de investimento em setores usuários de água como irrigação, geração de energia, saneamento etc., e o desenvolvimento integral (multissetorial) da bacia hidrográfica - uma diretriz mais difícil de ser alcançada, gerando temas parciais que acabaram privilegiando determinados setores usuários. Apesar de apresentar deficiências, este modelo permitia, ao menos, a realização do planejamento estratégico da bacia e a canalização de recursos financeiros para a implantação dos investimentos planejados.

Durante esta etapa, importantes mudanças ocorreram na estrutura governamental de gestão dos recursos hídricos:

- Em 1961, o DNPM passou a integrar o Ministério das Minas e Energia e, já em 1965, o Serviço de Águas, transformado em Divisão, tomou a configuração de Departamento Nacional de Águas e Energia (Dnae). Esse mesmo departamento, em 1968, passou a denominar-se Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE);
- No início dos anos 70, incorporando o movimento ecológico pós-Conferência Mundial do Meio Ambiente de Estocolmo, em 1972, foi criada a Secretaria Especial de Meio Ambiente (Sema), vinculada ao Ministério do Interior. A Sema passou a atuar, ouvindo o DNAEE, na classificação das águas interiores. Durante a década de 70, foram efetuados estudos sobre o aproveitamento múltiplo de cursos d'água e bacias hidrográficas e passaram a ser exigidos sistemas de tratamento de efluentes em investimentos que derivassem recursos hídricos.

A partir dos anos 80, começaram as discussões em torno dos pontos críticos da gestão dos recursos hídricos no Brasil. Verificava-se que o setor de energia era o único que criava demanda por regulação e, em consequência, assumia o papel de gestor dos recursos hídricos, pois detinha todas as informações disponíveis sobre a água.

Em 1984, o DNAEE finalizou o diagnóstico sobre as bacias hidrográficas e foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Também no início dos anos 80, alguns comitês de bacia, a exemplo do Paranapanema, Paraíba do Sul e Doce, começaram a evoluir.

Em 1986, o Conama estabeleceu a classificação das águas doces, salobras e salinas, em todo o território brasileiro, em nove classes, segundo seus usos preponderantes.

A partir da promulgação da Constituição de 1988, foram criadas as condições iniciais para inaugurar a terceira etapa da gestão de recursos hídricos, denominado **modelo sistêmico de integração participativa**.

A diferença entre um modelo econômico-financeiro e um sistêmico de integração participativa é que o segundo, além de examinar o crescimento econômico, também verifica a equidade social e o equilíbrio ambiental. A integração desses objetivos deve dar-se na forma de uma negociação social, ainda no âmbito da unidade de planejamento da bacia hidrográfica.

A Constituição introduziu diversos novos aspectos, relativos à gestão das águas, como a fixação da competência da União para instituir um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos do uso da água (art. 21, inciso XIX). Estabeleceu, ainda, que a competência para legislar sobre água é privativa da União, embora União, estados, municípios e Distrito Federal tenham competência comum para registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de uso de recursos hídricos.

A Constituição Federal estabeleceu ainda, conforme o art. 20, inciso III, e art. 26, inciso I, que os corpos d'água passam a ser de domínio público: o domínio da União para os rios ou lagos que banhem mais de uma unidade da Federação ou que sirvam de fronteira interestadual ou internacional; e o domínio dos estados sobre as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, nesse caso, as decorrentes de obras da União, no âmbito de seus territórios. Os municípios não são contemplados com águas próprias.

No caso das águas subterrâneas, seu domínio vai depender das direções dos fluxos subterrâneos e das áreas de recarga (alimentação) e de as obras para sua captação terem sido contratadas pelo governo federal.

Em janeiro de 1997 foi, afinal, sancionada a Lei 9.433, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, que incorpora princípios, normas e padrões de gestão de água universalmente aceitos e já praticados em diversos países.

Em síntese, o que se espera com o modelo sistêmico de integração participativa é a criação de uma vontade política regional que, além de arrecadar recursos, tenha sucesso na administração pública, promovendo o uso e a proteção das águas.

Algumas constituições estaduais, promulgadas em seguida à Constituição Federal, já detalharam e expandiram essa preocupação com o gerenciamento dos recursos hídricos. Além disso, vários estados detentores de domínios sobre as águas como São Paulo, Ceará, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Bahia, Sergipe, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pará e Pernambuco, além do Distrito Federal, já têm suas leis de organização administrativa para o setor de recursos hídricos.

A água subterrânea, no que diz respeito aos seus aspectos legais e jurídicos, destaca-se pelo seu marco histórico e institucional vigente e a experiência de alguns estados que instituíram, regulamentaram e executam as ações instrumentalizadas para atender as necessidades de gestão, uso ou proteção dos recursos hídricos no âmbito regional, conforme historiado a seguir:

A – LEIS FEDERAIS

- **Código de Águas - Decreto Nº 24643, 10 de Julho de 1934.**

As águas subterrâneas eram consideradas bens imóveis, associados à propriedade da terra. Incorporava normas reguladoras que preservavam direitos adquiridos, inibiam a monopolização da exploração e a poluição das águas subterrâneas, reconhecia o fato da sua estreita relação com as águas superficiais e limitava o direito e exploração das águas subterrâneas, sempre que o empreendimento interferisse na ocorrência das águas superficiais de domínio público.

- **Código de Águas Minerais - Decreto-Lei N° 7.841, 08 de Agosto de 1945.**

Estabeleceu normas para o aproveitamento das águas minerais. Seu conteúdo era confuso em relação à abrangência do conceito de águas minerais, ao distinguir águas minerais das demais águas, relevando no seu aspecto uma "ação medicamentosa" decorrente de características físicas ou químicas distintas das águas comuns. Criou então a Comissão de Crenologia (estudo das águas minerais, para fins terapêuticos) no âmbito do DNPM para verificação destas propriedades. São incluídas as Águas Minerais, Termas, Gasosas, Potáveis de Mesa e as destinadas para fins de Balneários, estabelecendo a todas, as Normas reguladoras que preservem sua qualidade, salubridade pública, os direitos de propriedade dos empreendedores, e informem ao poder público as características da exploração para fiscalização e monitoramento.

- **Código de Mineração - Decreto-Lei N° 227, de 28 de Fevereiro de 1967.**

Estabeleceu a competência da União na administração dos recursos minerais e a sistemática do regime de aproveitamento dos mesmos e reconheceu as águas subterrâneas como substância mineral dotada de valor econômico e formadora de jazida. Entretanto, persistia a idéia de regulamentar, em separado, a exploração das águas minerais das águas subterrâneas, exigindo Plano de Aproveitamento Econômico para jazidas de águas minerais, onde se estabelece plano para conservação e proteção das suas fontes.

- **Regulamento do Código de Mineração - 1968**

Apenas ratifica a inclusão de todas as águas subterrâneas, nos casos contemplados pelo Código de Águas Minerais, sob o conceito de Jazidas Minerais.

- **Portaria N° 117, de 17 de Julho de 1972 - Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM)**

Disciplina as normas para realização dos estudos in loco e análises bacteriológicas de que trata o Código de Águas Minerais.

- **Criação da S.E.M.A. (Secretaria Especial do Meio Ambiente) - 1973.**

Com competência para estabelecer normas e padrões relativos à qualidade dos recursos hídricos, foi responsável pela inclusão de novas normas reguladoras e restritivas quanto ao uso e ocupação do solo em locais onde ocorrem fontes de surgência natural (olhos-d'água).

- **Portaria N° 1.628, de 04 de Dezembro de 1984 - Ministério das Minas e Energia.**

Institui as características básicas dos rótulos nas embalagens de Águas Minerais e Potáveis de Mesa.

- **Resolução N° 20, de 18 de Junho de 1986 - Conselho Nacional do Meio Ambiente.**

Estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional; com base em parâmetros e indicadores específicos para melhor distribuir seus usos, especificando os níveis de qualidade requeridos, de modo a assegurar seus usos preponderantes.

- **Constituição Federal - 1988**

Muda o status das águas subterrâneas, estabelecendo um novo regime para as mesmas, conferindo-lhes caráter de bem público de propriedade dos Estados e Distrito Federal e distingue claramente águas subterrâneas de recursos minerais do subsolo, sendo, portanto as águas minerais de competência da União.

- **Portaria Nº 159, de 1º de Abril de 1996 - Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM)**

Estabelece os critérios para a importação e comercialização, no mercado brasileiro, de águas minerais.

- **Lei Federal Nº 9.433 - 8 de Janeiro de 1997**

Incorpora a mudança na dominialidade das águas subterrâneas, estabelecida pela Constituição de 1988, e mantém tratamento diferenciado para águas ditas "minerais". Quanto à gestão das águas subterrâneas, recomenda a utilização dos mecanismos de outorga das concessões de exploração como principais instrumentos de gestão. Quanto às normas reguladoras apresenta significativa contribuição relativa aos aspectos da poluição e superexploração de aquíferos, proibindo a poluição das águas subterrâneas, monitoramento de aterros sanitários e estudos de vulnerabilidade de aquíferos. No campo da Normatização, toda e qualquer obra de captação de água subterrânea é considerada uma obra de Engenharia para a qual se exige habilitação legal nas diferentes etapas da pesquisa, projeto e exploração.

Alguns Estados como São Paulo, Pernambuco e Ceará se destacam com propostas de Lei sobre conservação e proteção das águas subterrâneas, como também pela implantação do sistema de Outorga de usos dos recursos hídricos como um todo, todavia, ainda é escassa a atenção dada aos recursos hídricos subterrâneos, sendo priorizado em seus sistemas de gestão dos recursos hídricos, as águas superficiais.

- **Portaria Nº 231, de 31 DE JULHO de 1998 - Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM).**

Regulamenta as ações e procedimentos necessários à definição de áreas de proteção das fontes, balneários e estâncias de águas minerais e potáveis de mesa em todo o território nacional, objetivando sua preservação, conservação e racionalização de uso.

- **Resolução Nº 05, De 10 de Abril de 2000 - Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)**

Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas, de forma a implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conforme estabelecido pela Lei 9433.

- **Lei Federal 9.984, 17 de Julho de 2000 - Criação da A.N.A**

Esta Lei institui a **A.N.A.** – Agência Nacional de Águas, atribuindo à mesma, a finalidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, em articulação com os órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; dando competência ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos, nos termos da Lei 9.433, para promover a articulação dos planejamentos, nos diversos níveis, dos setores usuários de água.

A ANA é responsável pela implementação e execução da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, ficando a SRH/MMA com a deliberação e formulação da PNRH.

- **Resolução Nº 012, de 19 de julho 2000 - Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).**

Estabelece procedimentos para o enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, de forma a subsidiar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituído pela Lei nº 9.433.

B - ESTADOS E DF - LEGISLAÇÃO SOBRE POLÍTICA E SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

ALAGOAS

- Lei nº 5.965, de 10/11/97, publicada em 11/11/97. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos institui o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos e dá outras providências.

ACRE

- Lei nº 1500, de 15 de julho de 2003. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Acre, dispõe sobre infrações e penalidades aplicáveis e dá outras providências.

AMAZONAS

- Lei nº 2.712, de 28 de dezembro de 2001. Disciplina a Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelece o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

AMAPÁ

- Lei nº 686 de 07 de junho de 2002. Dispõe sobre a Política de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado e dá outras providências.

BAHIA

- Lei nº 6.855, de 12/05/95. Dispõe sobre a Política, o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos. (publicada no DOE em 13 e 14.05.1995).

CEARÁ

- Lei nº 11.996, de 24/07/92. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH e dá outras providências.

DISTRITO FEDERAL

- Lei nº 2725, de 13 de junho de 2001. (publicada no DODF nº 116 em 19.06.01). Institui a Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal, cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal e dá outras providências. (Revoga a Lei nº 512, de 28 de julho de 1993.)

ESPÍRITO SANTO

- Lei nº 5.818, de 30/12/98. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento e Monitoramento dos Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo - SIGERH/ES, e dá outras providências

GOIÁS

- Lei nº 13.123, de 16/07/97. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.

MARANHÃO

- Lei nº 8.149, de 15/06/04. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos e dá outras providências.

MATO GROSSO

- Lei nº 6.945 de 05/11/97. Dispõe sobre a Lei de Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.

MATO GROSSO DO SUL

- Lei nº 2406, de 29.01.2002. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e dá outras providências.

MINAS GERAIS

- Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, publicada em 30 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
- Lei nº 13.194, de 29 de janeiro de 1999, publicada em 30 de janeiro de 1999. Cria o Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais e dá outras providências.

PARÁ

- Lei nº 6.381, de 25 de julho de 2001. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

PARAÍBA

- Lei nº 6.308 de 02.07.96, publicada em 03.07.1996. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências.

PARANÁ

- Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

PERNAMBUCO

- Lei nº 11.426 de 17/01/97. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui e Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

PIAUÍ

- Lei nº 5.165, de 17/8/00. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

RIO DE JANEIRO

- Lei nº 3.239 de 02 de agosto de 1999, publicado no DOE em 04/08/99. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta a Constituição Estadual em seu artigo 261, § 1º, inciso VII, e dá outras providências.
- Lei nº 4247, de 16 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências.

RIO GRANDE DO NORTE

- Lei nº 6.908 de 1º de julho de 1996, publicada em 3 de julho de 1996. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH e dá outras providências.

RIO GRANDE DO SUL

- Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.
- Lei nº 11.560, de 22 de dezembro de 2000. Introduz alterações na Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, que instituiu o Sistema Estadual de Recursos

Hídricos e na Lei nº 8.850, de 8 de maio de 1989 que criou o Fundo de Investimento em Recursos Hídricos.

Rondônia

- Lei Complementar no 255, de 25 de janeiro de 2002. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Santa Catarina

- Lei no 9.748 de 30/11/94. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
- Lei nº 9.022 de 06/05/93. Dispõe sobre o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos

São Paulo

- Lei no 10.020, de 3 de julho de 1998. Autoriza o Poder Executivo a participar da constituição de Agência de Bacias.
- Lei no 9866, de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre a proteção e recuperação de mananciais.
- Lei no 9034, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos 1994/1995.
- Lei no 7.663, de 30/12/91. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
- Lei no 898, de 18 de dezembro de 1975. Disciplina o uso do solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana da Grande São Paulo e dá providências correlatas.

Sergipe

- Lei nº 3.870 de 25 de setembro de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

Tocantins

- Lei no 1.307, de 22 de março de 2002. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e adota outras providências.

5. CONCLUSÕES GERAIS

A - Os primeiros mapas hidrogeológicos no País elaborados de forma sistemática foram feitos na região Nordeste do Brasil, nos anos 70, coordenado pela SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, no programa Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. Os mapas Hidrogeológicos do Nordeste, elaborados na escala 1:500.000 cobriram 21 folhas de formato 3º por 2º geográficos. Posteriormente, de 1984 a 1989, a CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais efetuou, conforme a mesma metodologia da SUDENE, mais 11 folhas da região Nordeste, completando as áreas periféricas do programa original, que cobrem toda a área de atuação da SUDENE, cerca de 1.650.000 km².

B – Em nível do Brasil, cobrindo a totalidade do território nacional, foi elaborado o Mapa Hidrogeológico do Brasil, na escala de 1:5.000.000, DNPM/CPRM, 1983. Posteriormente, o Mapa do Brasil, com algumas modificações, foi incorporado no Mapa Hidrogeológico da América do Sul, escala 1:5.000.000, UNESCO/CPRM/DNPM, 1996. Ambos os mapas

apresentam um resumo do conhecimento da hidrogeologia respectivamente do Brasil e do continente sul-americano dos anos 80.

C - Atualmente, está em andamento o Projeto SIG de Disponibilidade Hídrico do Brasil, efetuado pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, a partir do qual serão gerados os Mapas Hidrogeológico e de Disponibilidade Hídrico do Brasil a milionésima. Constitui o produto inicial deste projeto, o Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, 1:2.500.000, edição 2006.

Outras cartas hidrogeológicas de data mais recente são:

- Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, Escala 1:1.000.000, Governo do Estado de São Paulo, 2005,
- Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:750.000, CPRM, 2005.

D – A sinopse da ocorrência das áreas dos principais aquíferos do Brasil e suas características gerais foi apresentada respectivamente na Figura 12 e Tabela 05. Estas áreas ocupam uma superfície de 2.761.086 km², correspondente a 32% do território nacional (8.514.876 km²).

Verifica-se que grande parte dos principais sistemas aquíferos do Brasil se comporta como aquíferos confinados (Guarani, Ponta Grossa, Furnas, Marizal, S. Sebastião, Inajá, Cabeças, Serra Grande, Corda, Beberibe e Açu). Apenas os aquíferos Missão Velha, Poti-Piauí e Exu têm comportamento livre. No caso dos aquíferos confinados, os poços tubulares necessitam primeiramente atravessar a camada de cobertura (confinante) antes que os aquíferos podem ser aproveitados. Dependendo da estrutura geológica das bacias, as profundidades dos poços podem variar de umas centenas de metros até dois mil metros. Em geral, nota-se que em maiores profundidades as águas encontradas tornam-se mais quentes além de salinizadas.

Com relação ao sistema aquífero fraturado Serra Geral, domínio de vulcânicas (Figura 11) observa-se que ocupa extensa área na Província Hidrogeológica Paraná, com o maior número de poços relacionado ao aquífero Serra Geral (basaltos) nos estados de São Paulo (algumas dezenas), Paraná (1382), Santa Catarina (2000) e Rio Grande do Sul (3721).

E – No entanto, outras grandes porções do País se encontram em áreas diversas com sistemas aquíferos diferenciados, como, por exemplo, os aquíferos situados nas Formações Cenozóicas (Figura 07) e os encontrados no domínio do Cristalino (Figura 11), e no domínio Metassedimentos/Metavulcânicas (Figura 10), onde grande parte do Nordeste, além de outras partes do País, se localiza. A Formação Barreiras, ocorrente de norte a sul do Brasil e os depósitos aluviais, são os principais aquíferos componentes do domínio Cenozóicas e que tem intensa utilização, principalmente nas regiões norte e nordeste do país. O domínio Cristalino e o domínio dos Metassedimentos/Metavulcânicas no Nordeste, devido ao clima semi-árido da região, são menos produtivos e muitas vezes com água salinizada para poços tubulares comparativamente às outras regiões de domínios similares.

F - Destaque especial merece o domínio dos carbonatos/metacarbonatos (Figura 9) representados principalmente na Bahia e Minas Gerais, mas também em outras regiões, como Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Amazonas, Para e Rio Grande do Norte. Este domínio constitui um sistema aquífero predominantemente de rochas calcárias cuja característica principal é a constante presença de formas de dissolução cárstica (dissolução química de rochas calcárias), formando cavernas, sumidouros e dolinas. O alargamento de fraturas existentes por processos de dissolução pela água permite acumulação de água em volumes consideráveis, mas, muitas vezes, de forma heterogênea ao longo da sua área de ocorrência. A água, no geral, é do tipo carbonatada, com dureza bastante elevada.

G – Outro subdomínio hidrogeológico que não se incorpora nos aquíferos principais do país é o “Poroso/Fissural” (figura 08), devido a sua baixa a média favorabilidade hidrogeológica. Trata-se de pacotes sedimentares, sem ou com muito baixo grau metamórfico e que se caracteriza como aquífero do tipo mixto, com comportamento de aquífero granular (com porosidade primária baixo-média) além de um comportamento fissural (fendas e fraturas) acentuado. Ocupam vastas áreas na região central e região centro-oeste do país. A produção dos poços tubulares possa, às vezes, alcançar valores significativos em função da espessura do manto de intemperismo aliados aos altos índices de precipitação nas regiões.

H - O nível de conhecimento e os dados de água subterrânea disponíveis nas diversas unidades da Federação do País são bastante variáveis. Em termos de número de poços tubulares existentes variam de muito pouco (Acre, com apenas alguns poços tubulares profundos), pouco (Rondônia, Amazonas, Roraima e Amapá, com um número total entre 100 a 300 poços em cada estado) a alto (Minas Gerais, com cerca de 9.000 poços tubulares) e muito alto (São Paulo, com 40.1 poços tubulares). Os outros estados situam-se, com relação ao número de poços tubulares existentes, entre os dois valores extremos acima citados, exceto os estados do Nordeste que, em conjunto, possuem um número respeitável na ordem de 100.000 poços tubulares.

I - Representam fontes de informação específica mais atualizada de hidrogeologia e água subterrânea, os anais dos congressos assim como os simpósios da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS. Merece atenção especial os estudos hidrogeológicos regionais e de gerenciamento dos aquíferos, enquanto estudos locais foram considerados, apenas, na ausência de qualquer outra informação relativa à água subterrânea.

J - Bancos de dados computarizado em níveis estadual e federal, com dados de poços tubulares profundos e informações sobre água subterrânea foram encontrados nas seguintes entidades:

- IPH – Instituto de Pesquisa Hidráulica da U.F.R.S. (Rio Grande do Sul - mais de 1.200 poços).
- CORSAN – Companhia Rio Grandense de Saneamento (Rio Grande do Sul - mais de 2.000 poços).
- SUDERHSA – Superintendência de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente. (Paraná – cerca de 4.000 poços).
- IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. (São Paulo e outros estados – alguns milhares de poços).
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. (São Paulo - cerca de 40.000 poços).
- COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. (Minas Gerais – 4.000 poços).
- SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. (Nordeste - cerca de 37.000 poços). Encontra-se em fase de desativação.
- DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. (Território nacional - cerca de 35.000 poços, inclusive os pontos d’água (fontes e poços) de águas minerais e águas potáveis de mesa).
- CPRM – (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) - Serviço Geológico do Brasil. Opera o sistema SIAGAS – Sistema de Apoio a Gestão das Águas Subterrâneas. (Território nacional - com mais de 180.000 poços). Apresenta mecanismos que facilitam a coleta, consistência e armazenamento de dados de poços e sua difusão, é interligado a Internet e pode ser acessado através do “site”: www.cprm.gov.br. Está se tornando o banco de dados de poços tubulares e água subterrânea em âmbito nacional da atualidade.

K – A caracterização hidrogeológica das grandes regiões do Brasil, excetuando-se a Região Nordeste, evidencia a possibilidade favorável de aproveitamento de seus recursos hídricos. De modo geral, quanto maior o potencial hidrogeológico maior será o nível de atendimento das localidades com água subterrânea, a situação inversa também sendo verdadeira.

Grandes cidades como Belém (PA), São Luís (MA), Natal e Mossoró (RN), Recife (PE), Maceió (AL) e Ribeirão Preto (SP) são abastecidas, total ou parcialmente, por poços tubulares; além disto, estima-se que cerca de 70 a 90% das cidades de alguns Estados já estão sendo abastecidas por águas subterrâneas.

Apesar disto, em grandes partes do território nacional o uso destes recursos ainda é bastante limitado, apresentado, contudo, forte tendência de crescimento principalmente considerando-se o avanço tecnológico alcançado pelo setor de perfuração de poços nos últimos anos.

L – Na região nordeste as províncias hidrogeológicas mapeadas são:

- Escudo Oriental – sub-província Nordeste;
- Parnaíba;
- São Francisco;
- Costeira.

A caracterização hidrogeológica da região do Nordeste está intimamente relacionada à distribuição da constituição geológica do seu subsolo e o clima semi-árido reinante da região.

Cerca de 50% do Nordeste é ocupada por rochas do embasamento (granitos, gnaisses, xistos, etc.) de reduzida potencialidade hídrica, correspondendo essa área central ao Escudo Oriental – sub-província Nordeste, localização das zonas de maior aridez, dos Estados do Ceará, R. G. do Norte, Paraíba, Pernambuco, norte da Bahia e leste do Piauí. Na periferia desta área central do Nordeste se situa ao lado oeste a Província Hidrogeológica do Parnaíba, a leste a Província Hidrogeológica Costeira e ao sul a Província Hidrogeológica São Francisco, onde prevalecem condições hidrogeológicas mais ou algo mais favoráveis relativos à área central.

As províncias Parnaíba e Costeira são constituídas por aquíferos intersticiais ou porosos, dotados de porosidade e permeabilidade boas a regulares e com alto potencial hidrogeológico. A província São Francisco inclui aquífero intersticial e aquífero cárstico-fissural em que a porosidade e a permeabilidade são secundárias, proporcionadas por fraturas e dissolução dos calcários e que localmente podem fornecer volumes consideráveis de água subterrânea. A província Escudo Oriental é representada pelo aquífero fissural, de rochas duras fraturadas, com baixas porosidades e permeabilidade e muito baixo potencial hidrogeológico. Ainda no âmbito da província Escudo Oriental, de rochas cristalinas e cristalofilianas, ocorrem pequenas bacias sedimentares, denominadas de “bacias sedimentares interiores” por se acharem no interior do continente e que são dotadas de potencial hidrogeológico favorável embora restrito.

M - A província "**Escudo Oriental**" subdivide-se nas sub-províncias Nordeste e Sudeste do Brasil onde o meio aquífero é caracterizado pelas fissuras e diáclases interconectadas resultantes dos esforços tectônicos sofridos. Apresenta, em geral, potencial hidrogeológico muito fraco (Nordeste) ou fraco a médio (Sudeste). Na sub-província Nordeste, o reduzido potencial hidrogeológico está relacionado às condições deficientes de circulação das águas subterrâneas, as quais, aliadas às condições de clima semi-árido, resultam também nas taxas excessivas de salinização destas águas. Os poços no Nordeste têm valores médios de vazões entre 1 e 3 m³/h e as águas são, em geral, salinizadas (índices de STD-Sólidos Totais Dissolvidos variando entre 1.000 e 35.000 mg/L), tornando-as, muitas vezes, inadequadas para o consumo humano. Comparativamente à sub-província Sudeste, onde os poços apresentam vazões médias da ordem de 10 m³/h, com águas de boa qualidade química, em virtude das condições climáticas favoráveis que propiciam um manto de alteração que pode alcançar várias dezenas de metros de

espessura, favorecendo melhores condições hídricas subterrâneas, tanto quantitativamente como qualitativamente. O limite econômico de perfuração no Sudeste situa-se em torno de 150 metros de profundidade, enquanto no Nordeste o mesmo é de, aproximadamente, 60 metros.

N – A Província Parnaíba, corresponde à bacia sedimentar do Parnaíba (também chamada do Meio-Norte) e abrange uma superfície de 600.000 km², representando a principal na região do Nordeste brasileiro. As formações geológicas se apresentam conforme uma série alternante de camadas permeáveis e menos permeáveis, dando origem a três sistemas aquíferos de extensão regional, em condições hidráulicas livres, confinados e, às vezes, surgentes (jorrantes). Os principais sistemas aquíferos, ordenados conforme suas importâncias de produção são: 1) Cabeças (Dc), 2) Serra Grande (SDsg) e 3) Poti-Piauí (Cpi). Outros aquíferos menos produtivos correspondem às formações Motuca (PTRm), Corda (Jc) e Itapicuru (Ku). Os três principais sistemas aquíferos possuem, em geral, águas de boa qualidade química havendo, porém riscos de salinidade com o aumento da profundidade indo para o interior da bacia. No Estado do Piauí, que se insere em sua quase totalidade (90% da área) na Província Parnaíba, os principais sistemas aquíferos são representados pelas formações Cabeças, Serra Grande e Poti-Piauí, que podem ser captados através de poços com profundidades de até 400 e 700 m, respectivamente, nas áreas rebaixadas dos vales e nas zonas de ocorrência das coberturas por formações impermeáveis contínuas. No Estado do Maranhão podem ser considerados para aproveitamento, os aquíferos Corda-Motuca, Itapicuru e Codó, em parte. Os poços perfurados nestes aquíferos apresentam profundidades variando de 100 a 400 m, produzindo vazões de algumas até várias dezenas de m³/h (média em torno de 20 m³/h) com águas, em geral, de boa qualidade química.

O – Na Província São Francisco predominam os aquíferos restritos às zonas fraturadas em quartzitos, metagrauvacas, metaconglomerados, calcários e dolomitas, de idade proterozóico superior (Chapada Diamantina e Bambuí). Os domínios hidrogeológicos de destaque são aqueles representados pelos calcários e pelos quartzitos. No domínio dos Calcários, o aquífero Bambuí tem sua maior representação territorial na região da Chapada de Irecê. Atualmente, já existem mais de 2.000 poços tubulares para abastecimento de localidades e utilização em pequenos projetos de irrigação. No domínio dos Quartzitos, o aquífero Chapada Diamantina, com maior expressão areal na região homônima, o aproveitamento das águas subterrâneas através de perfurações de poços também já é bastante avançado. Outro sistema aquífero é encontrado nas coberturas de extensão regional formados por sedimentos mesozóicos, Ku, Urucuia (+Areado + Mata da Corda). A condição morfológica de tabuleiro elevado e a litologia fina a média não impediram a exploração intensiva para a irrigação deste sistema nos últimos tempos, impulsionada pela agroindústria crescente. No lado oeste da Bahia, o aquífero se apresenta com pelo menos 350 metros de espessura saturada; poços perfurados têm profundidades médias de 250 a 300 m e produzem vazões em torno de 400 m³/h.. Sedimentos aluviais e colúvio-aluviais, compostos por arenitos, limos, areias e cascalhos, proporcionam bons e razoáveis aquíferos. Coberturas terciário-quaternárias de areias e areias argilosas formam aquíferos locais restritos.

P – A Província Costeira corresponde à extensa faixa litorânea do País, estendendo-se desde o Amapá até o Rio Grande do Sul, sendo formada na região do Nordeste pelas seguintes subprovíncias:

- Barreirinhas e São Luis;
- Piauí/Ceará;
- Potiguar;
- Rio Grande do Norte/Paraíba/Pernambuco;
- Alagoas/Sergipe
- Recôncavo-Tucano-Jatobá/Chapada do Araripe;

A província se apresenta com algumas penetrações para o interior, como se pode observar nas áreas das bacias Potiguar e Recôncavo-Tucano-Jatobá e também na Chapada do Araripe.

Os aquíferos mais promissores e bem distribuídos correspondem aos sedimentos clásticos, inconsolidados e fracamente consolidados de idade cenozóica (Q, Aluviões, Sedimentos flúvio-marinhos e eólicos; e TQb, Barreiras), que mostram, em geral, bons índices de produtividade média, sendo aproveitados em diversas áreas para o abastecimento populacional. Principalmente o aquífero Barreiras, que se estende ao longo de toda a faixa litorânea e se apresenta com potencial hidrogeológico favorável, mostrando poços de, em média, 65 m de profundidade e vazões médias de 8,7 m³/h.

Outros sedimentos clásticos de idade, principalmente, mesozóica também se distinguem como aquíferos, em geral com elevados índices de produtividade média. São restritos a algumas subprovíncias tais como:

Potiguar (Jandaira e Açu), PE/PB/RN (Beberibe), Jatobá-Recôncavo-Tucano-(Tacaratu, Marizal, São Sebastião, Ilhas) e Chapada do Araripe (Missão Velha, Mauriti). Os poços fornecem vazões médias variando de metade de dezena a mais de centena m³/h.

Na Tabela 08 se apresenta o sumário da subdivisão hidrogeológica da Província Costeira, com indicação das sub-províncias, os estados incluídos e características principais dos aquíferos aproveitados (formações aquíferas, espessura e constituição litológica).

Q - No âmbito da Província Escudo Oriental, de rochas cristalinas e cristalofilianas, ocorrem pequenas bacias sedimentares, denominadas de “bacias sedimentares interiores”. Entre estas, podem ser citadas as bacias de São José do Belmonte, de Cedro, de Mirandiba, de Araras e Bacia de Carnaubeira da Penha, em Pernambuco, enquanto que no Ceará ocorrem as bacias de Iguatu-Icó, de Várzea Alegre-Lavras da Mangabeira; na Paraíba ocorre a Bacia do Rio do Peixe e no Rio Grande do Norte as Bacias de Martins e Bacia de Pau dos Ferros. Seu potencial hidrogeológico não é tão grande comparativamente com as grandes bacias sedimentares existentes no Nordeste, mas representa de qualquer modo uma forma paliativa de abastecimento de água às populações locais, sobretudo rurais, servindo até mesmo para irrigação de pequenas áreas (até 5 ha.) como ocorre na Bacia de São José do Belmonte.

R - Programas de desenvolvimento de recursos hídricos subterrâneos no Nordeste vêm sendo desenvolvidos pelo Governo Federal do Brasil a cada período de seca intensiva na região, conforme já vimos em termos históricos. Detendo-se apenas no período recente vimos que com a seca de 1951 foi criado o BNB; a seca de 1958 determinou a criação do GTDN e da SUDENE. Com a seca de 1970 surgiu o PIN/PROTERRA e a seca parcial de 1976 criou o movimento necessário ao lançamento do PROJETO SERTANEJO. À seca de 1979 deveu-se a criação do PROHIDRO que, posteriormente, em 1984, ao final dessa mesma seca, foi "substituído" pelo PROJETO NORDESTE. Seu principal programa, o PAPP - Programa de Apoio ao Pequeno Produtor apresentou importante desempenho, desenvolvendo, no período de 1985/87 a irrigação pública em 2.839 hectares e privada em 36.170 hectares, com uma população assistida de 2.477 famílias na irrigação pública, 18.580 famílias na irrigação privada e 120.718 famílias com abastecimento d'água. Outros programas de apoio ao desenvolvimento sócio-econômico e do meio físico da região nordeste surgiram como o POLONORDESTE, o Programa São Vicente, o FINOR-Agropecuário, o PROÁLCOOL etc. No período de 1992/1993, sob a influência de outra seca intensiva, criou-se o PROJETO ÁRIDAS que buscava um desenvolvimento sustentável que permitisse ao nordeste uma “convivência pacífica” com o fenômeno das secas. O último grande projeto de estudo de recursos hídricos conduzido no Nordeste foi o Projeto Água Subterrânea no Nordeste do Brasil, ou PROASNE, programa de transferência de tecnologia financiado pela **Agência Canadense para o Desenvolvimento Internacional (CIDA)**. Seu objetivo principal era contribuir para o desenvolvimento dos recursos hídricos subterrâneos da região, aumentando

assim a disponibilidade de água em longo prazo nas comunidades rurais do sertão nordestino, e, portanto reduzindo as dificuldades causadas pela seca, melhorando as condições de vida da população de modo geral. O PROASNE esteve em operação de 2000 a 2004.

S – De uma maneira geral, expressivos ganhos foram alcançados, apesar dos percalços, pelos programas federais de recursos hídricos conduzidos no nordeste brasileiro. Entre os principais benefícios poderíamos citar:

a) Em pesquisas, estudos e projetos.

O contínuo aprimoramento dos conhecimentos sobre as reservas e recursos exploráveis das províncias hidrogeológicas do nordeste; a contínua busca do desenvolvimento de novas metodologias para locação de poços em terrenos cristalinos, visando diminuir as taxas de insucesso; a pesquisa de novas tecnologias para dessalinização de águas; o estudo integrado dos aquíferos aluviais para o abastecimento d'água de pequenas comunidades; a pesquisa de metodologias apropriadas para projetos de barragens subterrâneas.

b) Em obras de captação

Perfuração de novos poços em rochas cristalinas e sedimentares conforme técnicos de locação correta e métodos de perfuração adequados; a execução de projetos de recadastramento regional de poços, permitindo a recuperação daqueles abandonados e, assim, evitar a perfuração desnecessária de novos poços; instalação de equipamentos de bombeamento nos poços já perfurados, preferencialmente com o uso de catavento; execução de poços rasos em áreas aluviais, do tipo mais adequado para cada caso (poço tubular, poço amazonas, poço coletor com dreno radial, galeria filtrante, etc.); incremento substancial na construção de barragens subterrâneas; construção de barragens de assoreamento visando acumular água mais facilmente explorável.

c) Em recursos humanos

Treinamento técnico para formação de equipes de nível médio, auxiliares para execução de futuras obras de captação; treinamento a nível de pós-graduação, em cursos de atualização para técnicos de nível superior; divulgação de campanhas de formação de opinião pública para melhor aproveitamento e preservação dos recursos hídricos subterrâneos.

d) Nas áreas institucional e jurídica

Preservação das águas subterrâneas; elaboração da regulamentação e normatização dessas leis para a outorga e a cobranças das águas subterrâneas; a contínua adequação, em equipamentos, instalações e recursos humanos, dos órgãos gestores de recursos hídricos em cada Estado do Nordeste, possibilitando o eficaz cumprimento das leis de proteção das águas subterrâneas, fiscalização e execução de obras de captação, além do acompanhamento da implantação de projetos.

T. A gestão dos recursos hídricos pode ser definido como o conjunto de ações destinadas a regular o uso, o controle e a proteção dos recursos hídricos, em conformidade com a legislação e normas pertinentes. A preocupação com o gerenciamento dos recursos hídricos é indiscutível no mundo atual. Algumas constituições estaduais, promulgadas em seguida à Constituição Federal de 1988, já detalharam e expandiram essa preocupação com o gerenciamento dos recursos hídricos. Vários estados como São Paulo, Ceará, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Bahia, Sergipe, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pará e Pernambuco, além do Distrito Federal, já têm leis de organização administrativa para o setor de recursos hídricos. Além disto, existe em todo o País um consenso geral quanto às necessidades de gestão, uso e proteção dos recursos hídricos.

6. RECOMENDAÇÕES

Os critérios para a formulação das recomendações que se seguem estão diretamente relacionados às condições hidrogeológicas encontradas no País e, em particular, aquelas encontradas na região Nordeste do Brasil.

A – Tendo em vista o potencial hidrogeológico variável, porém geralmente favorável, no Brasil, **recomenda-se a realização de um maior número de projetos de abastecimento público de água que contemple a utilização do manancial subterrâneo como fonte de captação.** Estes projetos devem ser acompanhados, ou mesmo precedidos, com detalhados estudos hidrogeológicos, propiciando o entendimento adequado do modelo hidráulico do sistema, indispensável à realização de uma exploração de longo prazo.

B – Levando em conta a situação nos diversos Estados do País, com relação ao potencial hidrogeológico nos seus territórios (ver: Condições hidrogeológicas do Brasil, Domínios hidrogeológicos do Brasil e Avaliação hidrogeológica da Região Nordeste, **recomendam-se seja adotada, pelo Poder Público, uma política para elevar o nível de atendimento, na medida do possível).**

Um bom exemplo de atendimento na região Nordeste é o projeto da CPRM - Serviço Geológico do Brasil com a execução de projetos de recadastramento regional de poços, permitindo a recuperação daqueles abandonados, evitando a perfuração desnecessária de novos poços, além da instalação de equipamentos de bombeamento nas captações já existentes.

C – Também levando em consideração o potencial hidrogeológico nos diversos Estados do País (ver: Condições hidrogeológicas do Brasil, Domínios hidrogeológicos do Brasil e Avaliação hidrogeológica da Região Nordeste), **recomenda-se a adoção e maior divulgação do modelo de abastecimento público d'água para populações urbanas, a partir da exploração de recursos hídricos subterrâneos,** como opção compatível com as condições sócio-econômicas de países em desenvolvimento e em atendimento às demandas sanitárias e de saúde pública das suas populações.

D – Para a Região do Nordeste **recomenda-se a continuação do aprimoramento dos conhecimentos sobre as reservas e recursos exploráveis das províncias hidrogeológicas do Nordeste,** buscando sempre a definição das suas reais potencialidades e a elaboração de políticas de exploração dos aquíferos regionais; **a contínua busca contínua do desenvolvimento de novas metodologias para locação de poços em terrenos cristalinos, visando diminuir as taxas de insucesso,** principalmente o alto índice de poços secos e com águas salinizadas; **a pesquisa de novas tecnologias para dessalinização de águas, a custos mais acessíveis e com volumes de água dessalinizada mais elevados; o estudo integrado dos aquíferos aluviais,** estudando suas recargas e descargas dentro de toda bacia hidrográfica, assegurando vazão regularizada nos sistemas de captação neles instalados, sobretudo para o abastecimento d'água de pequenas comunidades; **a pesquisa de metodologias apropriadas para projetos de barragens subterrâneas e barragens de assoreamento,** visando melhor aproveitamento dos depósitos aluviais.

E – Ainda para a Região Nordeste **recomenda-se a perfuração de novos poços em rochas cristalinas e sedimentares, mediante a locação tecnicamente correta e o emprego de métodos de perfuração adequados a cada formação geológica; a continuação da execução de projetos de recadastramento regional de poços,** permitindo a recuperação daqueles abandonados, ao invés de se proceder simplesmente à perfuração de novos poços; **instalação de equipamentos de bombeamento nos poços já perfurados,** preferencialmente que não requeiram energia elétrica ou combustível para acionamento de moto-bomba, como, por exemplo, o uso de catavento; **execução de poços rasos em áreas aluviais,** do tipo mais

adequado para cada caso: poço tubular, poço amazonas, poço coletor com dreno radial, galeria filtrante, etc.; **incremento substancial na construção de barragens subterrâneas de forma tecnicamente adequada; construção de barragens de assoreamento visando aumentar o volume de aluviões e acumular água mais facilmente explorável.**

F – Tendo em vista que a Constituição Federal de 1988 determina que as Águas subterrâneas são bens estaduais, **recomendam-se**, nos casos em que isto ainda não aconteceu, **que os Estados** da Federação efetivamente **se apossam destes recursos, administrando-os de acordo com uma política bem estabelecido e de longo prazo**, impedindo de modo absoluto problemas tanto de uso, como de ordem ambiental. Para que isto ocorra satisfatoriamente, será necessária (caso ideal) a criação de uma instituição legal estadual com plenos poderes de gerenciamento dos recursos hídricos, ou então (caso pragmático, provavelmente mais comum), deverá ser adotada pelo Governo Estadual uma política coerente que vão de encontro aos princípios básicos acima expostos.

G – O conhecimento hidrogeológico detalhado das regiões é fundamental para a gestão adequada dos recursos hídricos subterrâneos nos diversos estados. O mapa hidrogeológico é um instrumento neste sentido. Portanto, **recomenda-se a inclusão da cartografia hidrogeológica** como um dos pontos básicos do programa das águas subterrâneas **no Plano de Recursos Hídricos dos Estados** da Federação (ver: 1 - Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, Escala 1:1.000.000, DAEE-IG-IPT-CPRM, 2005; 2 - Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:750.000, SOPS-SEMA-DRH/RS-CPRM, 2005).

H – CPRM – (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) - Serviço Geológico do Brasil. Opera o sistema SIAGAS – Sistema de Apoio a Gestão das Águas Subterrâneas, com uma base central no Rio de Janeiro e diversas unidades independentes situadas nas suas respectivas superintendências regionais (Manaus, Belém, Goiânia, Recife, Salvador, Belo Horizonte, São Paulo e Porto Alegre) e residências (Porto Velho, Teresina e Fortaleza). SIAGAS apresenta mecanismos que facilitam a coleta, consistência e armazenamento de dados hidrogeológicos e sua difusão. Atualmente encontram-se cadastrado no Sistema mais de 180.000 poços. O sistema SIAGAS, que foi atualizado com o apoio do Waterloo de Canadá, é interligado a Internet e pode ser acessado através do “site”: www.cprm.gov.br. Além disso, a CPRM está colaborando, através de convênios, na implantação e funcionamento do sistema SIAGAS em âmbito nacional junto aos órgãos gestores e usuários de hidrogeologia em diversos Estados do Brasil e, atualmente, mesmo em âmbito internacional – em Cuba.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. do P. T., 1984. Os recursos de água subterrânea do trópico semi-árido do Estado da Paraíba. Dissertação de Mestrado. Campina Grande, UFPB, 182 p.

ALMEIDA, J.E. DE & ARAÚJO, J.B. DE, 1990. Um Modelo Exaurido: A Experiência da SUDENE. www.ie.ufu.br, acessado em 22/06/2008, às 14h25min.

ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS – CADERNOS DE RECURSOS HÍDRICOS. PANORAMA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL. Disponível em www.ana.gov.br/sprtew/recursoshidricos.asp

ARAÚJO, Paulo Pontes ; MARQUES, W. J. . Águas Subterrâneas para Consumo Humano no Estado do Pará. In: VIII Congresso Brasileiro de Águas subterrâneas, 1994, Recife. VIII Congresso Brasileiro de Águas subterrâneas, Recife, 1994. São Paulo: : Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1994. p. 87-92.

ARAÚJO, Paulo Pontes . Prospecção Hidrogeológica no Núcleo Urbano de Redenção-Pará. In: VIII Congresso Brasileiro de Águas subterrâneas, 1994, Recife. VIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Recife, ABAS. São Paulo: : Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1994. p. 256-263.

BRASIL. *Departamento Nacional da Produção Mineral*. Mapa hidrogeológico do Brasil. Escala 1:5.000.000. Brasília, DNPM/CPRM, 1983.

BRITO NEVES, B.B. & MANOEL FILHO, J. 1972. Geologia e províncias hidrogeológicas da Bahia. In: CONG. BRAS. GEOL., 26. Belém, 1972. *Anais...Belém SBG*. v. 2, p. 195-215.

BRITO NEVES, B.B, 1998. The Cambro-ordovician of the Borborema Province. São Paulo, USP, Boletim IG, Série Científica, 29:175-193

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Banco de Teses. Disponível em www.capes.gov.br/servicos/banco-de-teses

Cardoso, F.B. da F. & Oliveira, F.R. de & Nascimento, F. S. do & Varella Neto, P. L., 2008 – Poços Tubulares Construídos no Brasil, in: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XVI Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. ABAS, Natal – RN (CD ROM).

COSTA, W.D, 1986. Análise dos fatores que atuam na hidrogeologia do aquífero fissural. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 174 p.

COSTA, WALDIR DUARTE. Projeto Áridas: Água Subterrânea e o Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido Nordeste. Salvador: IICA, set. 1994. V. 6. 53 p. ilus, tab. (Projeto Áridas. GT II- Recursos Hídricos).

COSTA, WALTER D., 1965. Análise dos fatores que influenciam na hidrogeologia do cristalino. Revista Água Subterrânea. 4: 14-47.

CPRM, 1980. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: texto, mapas & SIG, 629 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2004. Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, escala 1:2.500.000

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Estudos hidrogeológicos de bacias sedimentares da região semi-árida do nordeste brasileiro. Documento de circulação interna, 2004, 80 p.

CRUZ, W.B da & MELO, F. do A. F., 1968. Estudo geoquímico preliminar das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE, Série hidrogeologia. 147 p.

DINIZ, J.A.O., 1987. O aquífero fissural na região Oeste de Pernambuco – Aspectos Hidráulicos e Hidroquímicos. Dissertação de Mestrado. Recife, UFPE, 231 p.

DINIZ, J.A.O. & FEITOSA, F.A.C., 2008. Histórico da Atuação dos Órgãos Públicos de Pesquisa de Água Subterrânea na Região Nordeste do Brasil. ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Anais, XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal, 2008.

FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. (eds.), 1997. Hidrogeologia: Conceitos e aplicações. CPRM, LABHID-UFPE. FORTALEZA, 412 p.

FREIRE, C.C., PEREIRA, J.S., KIRCHHEIN, R. 1998. A Importância da gestão dos recursos hídricos subterrâneos. In: I Simpósio Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos. ABRH. Gramado. CDROM

GASPARY, J; ANJOS, N. da F. R dos; REBOUÇAS, A. da C.; MANOEL FILHO, J; LEAL, O; GEUILLOT, P. 1967. Estudo geral de base do rio Jaguaribe. SUDENE. Série hidrogeologia. Recife, vol.7, 250 p.

GOÉS, A.M., 1995. A Formação Poti (Carbonífero Superior) da Bacia do Paranaíba. Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado, 171p.

HAUSMAN, A. 1963. Províncias hidrogeológicas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria de Estado dos Negócios das Obras Públicas. 27p. 1 mapa anexo

IRPAA-INSTITUTO REGIONAL DA PEQUENA AGRICULTURA APROPRIADA, 2001. Água no Semiárido. www.irpaa.org.br, acessado em 14/05/2008, às 21h: 25 min.

LEAL, O; MENTE A.; PESSOA, M.D. 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. P. 443-449.

MANOEL FILHO, J, 1996. Modelo de Dimensão Fractal Para Avaliação de Parâmetros Hidráulicos em Meio de Fissural. USP, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências.
MEINZER, O.E. (1923). The occurrence of ground water in the United States. (U.S.G.S. supply paper 489).

MENTE, A; MONTALVERNE, A.F., 1981. Mapa hidrogeológico do Brasil na escala 1:2.500.000. In: Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 4, 1981, Fortaleza. Anais..... Fortaleza: ABRH, 1981. V.1, p. 597-610.

MENTE, A, 1996. Avaliação de disponibilidades hidrogeológicas do Brasil-Relatório Final, Projeto SRH/IICA - Fortalecimento Institucional.

MOTA, MAURO, 1958. Paisagens das secas. Recife, Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais/MEC.

OLIVEIRA, S.P. de B, 1998. Estudos dos Processos de Salinização das Águas Subterrâneas dos Poços do Cristalino do Nordeste. Tese de Doutorado. Unesp - Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 1998.

PESSOA, M.D.; MENTE A.; LEAL, O. Províncias hidrogeológicas adotados para o mapa hidrogeológico do Brasil na escala 1:2.500.000. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1, Recife, 1980. Anais..... Recife: ABAS. P. 461-468.

PNRH, 2006, in www.ana.gov.br/pnrh.../Tela_Apresentacao.htm, acessado em 05/08/2009.

REBOUÇAS, A. da C. & GASPARY, J., 1966. As águas subterrâneas do Nordeste – Estimativas Preliminares. Recife. SUDENE. Série hidrogeologia, 26 p.

REBOUÇAS, A.C. 1998. Desenvolvimento das águas subterrâneas no Brasil. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. ABAS. São Paulo. (CDROM).

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. *Água doce no Mundo e no Brasil*, in: *Águas Doces do Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação*. REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (organizadores), cap. 1, 12-45, São Paulo: Escrituras Editora, 1999.

SANTIAGO, A.F., Santos, J.O.S., Maia, R.G.N.. Estratigrafia preliminar da Bacia Sedimentar do Alto Tapajós. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Balneário de Camboriú. Anais, 2:786-797.

SÃO PAULO, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 1990. Plano Estadual de Recursos Hídricos, primeiro plano do Estado de São Paulo, DAEE.

SIQUEIRA, L., 1963. Contribuição da geologia à pesquisa de água subterrânea no cristalino. Sudene, Recife, 1963

SIQUEIRA, L., 1967. Contribuição da Geologia à Pesquisa de Água Subterrânea no Cristalino. Revista Água Subterrânea. Jan./Março 1967, p. 1-30

SCHOBENHAUS, C. F. 1984. Geologia do Brasil. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Minerais. Escala 1: 2.500.000. Brasília, MME/DNPM, 501 p.

SOUZA-LIMA, W. & HAMSI JÚNIOR, G.P. Bacias Sedimentares Brasileiras. PHOENIX, ano 5, n.49, janeiro de 2003.

SUDENE, 1980. Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – PLIRHINE – Fase I, vol. I – Análise do meio físico e regionalização. Recife, 100 pgs.

SUDENE, 1984. Reunião de Trabalhos sobre Política de Desenvolvimento Rural do Nordeste. Anais.....Recife, vol.1, 268 p.

SUDENE - Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste – Folha 19 – Aracaju NO).

SUDENE/PLIRHINE, 1980, Plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil, 15 v, Recife.

UNESCO/CPRM/DNPM. 1996. Mapa hidrogeológico da América do Sul. Escala

TOLMAN, C.F., 1937. Ground water, New Cork, Mc Graw Hill, 593 p.

8. ANEXO I

TESES DE DOUTORAMENTO E DISSERTAÇÕES DE MESTRADO DA CAPES – COORDINAÇÃO DE APERFEICOAMENTO PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR

TESES DE DOUTORAMENTO

1. CARLOS GILBERTO FRAGA. ORIGEM DO FLUORETO EM AGUAS SUBTERRANEAS DOS SISTEMAS AQUIFEROS BOTUCATU E SERRAGERAL DA BACIA DO PARANA. 01/12/1992 1v.178p.Doutorado.UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA).

2. IVO KARMANN. "EVOLUCAO E DINAMICA ATUAL DO SISTEMA CARSTICO DO ALTO VALE DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE, SUDESTE DO ESTADO DE SAO PAULO". 01/12/1994. 1v. 263p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (GEOQUÍMICA E GEOTECTÔNICA) ".

3. RICARDO CESAR AOKI HIRATA. "FUNDAMENTOS E ESTRATEGIAS DE PROTECAO E CONTROLE DA QUALIDADE DAS AGUAS SUBTERRANEAS. ESTUDO DE CASOS NO ESTADO DE SAO PAULO". 01/12/1994. 1v. 1p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

4. EMERSON CARNEIRO CAMARGO. DEFINICAO DE CARACTERISTICAS DO MEIO FISICO PARA IMPLANTACAO DE ATERROS SANITARIOS NA PORCAO SUL DO MUNICIPIO DE PARANAGUA.. 01/11/1995. 2v. 132p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

5. JOSE GERALDO MELO. IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO NAS AGUAS SUBTERRANEAS DE NATAL, RN.. 01/08/1995. 1v. 196p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

6. ANTONIO CARLOS FELICE NICOLA SAVERIO TANCREDI. "RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DE SANTARÉM - FUNDAMENTOS PARA USO E PROTEÇÃO". 01/10/1996. 1v. 141p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

7. HÉLIO NÓBILE DINIZ. "ESTUDO DE POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAQUIRIVU-GUAÇU, MUNICÍPIOS DE GUARULHOS E ARUJÁ, SP". 01/04/1996. 1v. 296p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

8. JOÃO MANOEL FILHO. "MODELO DE DIMENSÃO FRACTAL PARA AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS EM MEIO FISSURAL". 01/10/1996. 1v. 197p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

9. NELSON AMORETTI LISBOA. FÁCIES ESTRATIFICAÇÕES HIDRO GEOQUÍMICAS E SEUS CONTROLADORES GEOLÓGICOS EM UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL NA BACIA DO PARANÁ, RIO GRANDE DO SUL.. 01/07/1996. 1v. 200p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - GEOCIÊNCIAS

10. AMÉLIA JOÃO FERNANDES. "TECTÔNICA CENOZÓICA NA PORÇÃO MÉDIA DA BACIA DO RIO PIRACICABA E SUA APLICAÇÃO À HIDROGEOLOGIA". 01/08/1997. 1v. 244p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

11. DONIZETI ANTONIO GIUSTI. QUANTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS GEO-AMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ. 01/04/1997. 1v. 195p. Doutorado. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS (GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE)

12. SUEI YOSHINAGA. "PROPOSTA DE REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA NA AVALIAÇÃO PARA ESTUDO DE PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE, EXEMPLO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS-SP". 01/03/1997. 1v. 190p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

13. ELSON ANTONIO DO NASCIMENTO. MODELAGEM MATEMÁTICA DO FLUXO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA. 01/11/1998. 1v. 201p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - ENGENHARIA CIVIL

14. ITABARACI NAZARENO CAVALCANTE. "FUNDAMENTOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA, ESTADO DO CEARÁ". 01/04/1998. 1v. 164p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

15. JOSÉ GEILSON ALVES DEMÉTRIO. "PERFIS DE TEMPERATURA NA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES NO CRISTALINO DO NORDESTE BRASILEIRO - PESQUISA DA VIABILIDADE TÉCNICA E AVALIAÇÃO DE EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PROCEDIMENTOS". 01/12/1998. 1v. 96p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

16. ÁLVARO BUENO BUORO. "COMPARAÇÃO DE MÉTODOS INVERSOS GEOESTATÍSTICOS APLICADOS AO MODELAMENTO HIDROGEOLÓGICO A PARTIR DA ANÁLISE DA INCERTEZA SEMI-QUANTITATIVA POR ANÁLISE DE COMPONENTE PRINCIPAIS DE PROCESSO E ANÁLISE Q-FATORIAL". 01/06/1999. 1v. 141p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

17. JOSÉ BRAZ DINIZ FILHO. "RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NO MÉDIO E BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CEARÁ MIRIM/RN". 01/12/1999. 1v. 173p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

18. MANOEL CARLOS TOLEDO FRANCO DE GODOY. "ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DAS ZONAS NÃO SATURADA E SATURADA DA FORMAÇÃO ADAMANTINA, EM PRESIDENTE PRUDENTE, ESTADO DE SÃO PAULO". 01/08/1999. 1v. 156p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)
19. MARA AKIE IRITANI. "MODELAÇÃO MATEMÁTICA TRIDIMENSIONAL PARA A PROTEÇÃO DAS CAPTAÇÕES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA". 01/02/1999. 1v. 200p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)
20. TEREZA HIGASHI YAMABE. ESTUDOS GEOFÍSICOS PARA EXPLICAR A SISMICIDADE INDUZIDA E ORIENTAR A EXPLORAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM NUPORANGA.. 01/06/1999. 1v. 198p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOFÍSICA
21. VAGNER ROBERTO ELIS. AVALIACAO DA APLICABILIDADE DE METODOS ELETRICOS DE PROSPECCAO GEOFISICA NO ESTUDO DE AREAS UTILIZADAS PARA DISPOSICAO DE RESIDUOS. 01/03/1999. 1v. 264p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS (GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE)
22. ALMANY COSTA SANTOS. "ESTRATÉGIAS DE USO E PROTEÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE - ESTADO DE PERNAMBUCO - BRASIL". 01/03/2000. 1v. 185p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)
23. ANDRÉ CELLIGOI. "HIDROGEOLOGIA DA FORMAÇÃO CAIUÁ NO ESTADO DO PARANÁ". 01/03/2000. 1v. 95p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)
24. JOSÉ DOMINGOS FARACO GALLAS. PRINCIPAIS MÉTODOS GEOELÉTRICOS E SUAS APLICAÇÕES EM PROSPECÇÃO MINERAL, HIDROGEOLOGIA, GEOLOGIA DE ENGENHARIA E GEOLOGIA AMBIENTAL. 01/09/2000. 1v. 174p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS (GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE)
25. JOSÉ PEDRO REBÉS LIMA. INVESTIGAÇÃO GEOELÉTRICA DA PORÇÃO SUDESTE DA BACIA DO PARNAÍBA: IMPLICAÇÕES HIDROGEOLÓGICAS E TECTÔNICAS. 01/05/2000. 1v. 224p. Doutorado. OBSERVATÓRIO NACIONAL - ASTRONOMIA
26. MARÍA MARGARITA MENDEZ-DIAZ. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE FLUXO E TRANSPORTE DE AQUIFEROS HETEROGÊNEOS POR UM MÉTODO INVERSO BASEADO EM ATRATORES FRACTAIS. 01/04/2000. 1v. 207p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/SÃO CARLOS - CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL

27. RENATO BLAT MIGLIORINI. "HIDROGEOLOGIA EM MEIO URBANO. REGIÃO DE CUIABÁ E VÁRZEA GRANDE - MT". 01/02/2000. 1v. 146p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

28. EUZÉBIO JOSÉ GIL. AQUÍFERO TERMAL DE CALDAS NOVAS - GO. 01/10/2001. 1v. 166p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GEOLOGIA

29. GABRIELA KERNICK CARVALHAES. ESTUDO DO IMPACTO AMBIENTAL DO ATERRO SANITÁRIO DE SERRANA NA QUALIDADE DE ÁGUA DO AQUÍFERO BOTUCATU-RIBEIRÃO PRETO.. 01/10/2001. 1v. 113p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - QUÍMICA ORGÂNICA

30. JOSÉ ANTONIO VALDÉS GONZALEZ. "AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E HIDROGEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CUBA CENTRO-ORIENTAL COM ÊNFASE NAS ÁGUAS MINERAIS". 01/07/2001. 1v. 206p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

31. LUIZ ALBERTO RIBEIRO MENDONÇA. RECURSOS HÍDRICOS DA CHAPADA DO ARARIPE. 01/10/2001. 1v. 200p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - ENGENHARIA CIVIL (RECURSOS HÍDRICOS)

32. REGINALDO ANTONIO BERTOLO. "HIDRODINÂMICA E HIDROGEOQUÍMICA DA ZONA NÃO SATURADA DO AQUÍFERO ADAMANTINA EM URÂNIA - SP". 01/08/2001. 1v. 218p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

33. ADRIANA CHATACK CARMELO. CARACTERIZAÇÃO DE AQUÍFEROS FRATURADOS POR INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES GEOLOGICAS E GEOFISICAS.. 01/06/2002. 1v. 143p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - GEOLOGIA

34. ALEXANDRE CAMPANE VIDAL. ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DO AQUÍFERO TUBARÃO NA ÁREA DE AFLORAMENTO DA PORÇÃO CENTRAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. 01/09/2002. 1v. 109p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS (GEOLOGIA REGIONAL)

35. ANA CATARINA FERNANDES CORIOLANO. REAVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS ESTRUTURAIS NA HIDROGEOLOGIA DE TERRENOS CRISTALINOS, COM ÊNFASE NA NEOTECTÔNICA E SENSORIAMENTO REMOTO. 01/01/2002. 1v. 196p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - GEODINÂMICA E GEOFÍSICA

36. FERNANDO AMÉRICO LARROZA CRISTALDO. "EXPLORAÇÃO E APROVEITAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CHACO CENTRAL PARAGUAIO". 01/04/2002. 1v. 97p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

37. GIANCARLO LASTORIA. HIDROGEOLOGIA DA FORMAÇÃO SERRA GERAL NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL. 01/04/2002. 1v. 133p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS (GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE)

38. GUNDISALVO PIRATOBA MORALES. AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS, SOLOS E SEDIMENTOS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO DEPÓSITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO AURÁ - BELÉM-PA. 01/03/2002. 1v. 240p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

39. JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA. FERRAMENTAL DE GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA O MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO-SP. 01/12/2002. 1v. 117p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/SÃO CARLOS - ENGENHARIA HIDRÁULICA E SANEAMENTO

40. JOSÉ LUIZ ALBUQUERQUE FILHO. PREVISÃO E ANÁLISE DA ELEVÇÃO DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO NA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL (AIA) DE RESERVATÓRIOS HIDRELÉTRICOS. 01/04/2002. 1v. 232p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS (GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE)

41. MALVA ANDREA MANCUSO PARAISO CAVALCANTI. "A MODELAGEM MATEMÁTICA ASSOCIADA AO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO INSTRUMENTO DE PREVISÃO NO ESTUDO DO IMPACTO HIDROGEOLÓGICO DE RESERVATÓRIOS". 01/09/2002. 1v. 142p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

42. ALESSANDRA CRISTINA CORSI. COMPARTIMENTAÇÃO MORFOESTRUTURAL DA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO (MG): APLICADO A EXPLORAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS. 01/04/2003. 1v. 231p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

43. CLÁUDIO LUIS REBELLO VIDAL. "DISPONIBILIDADE E GERENCIAMENTO SUSTENTÁVEL DO AQUIFERO SERRA GRANDE NO MUNICÍPIO DE PICOS- PIAUÍ". 01/10/2003. 1v. 194p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

44. PEDRO ANTÔNIO ROEHE REGINATO. INTEGRAÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS PARA PROSPECÇÃO DE AQUIFEROS FRATURADOS EM TRECHO DA BACIA HIDROGRÁFICA TAQUARI-ANTAS (RS). 01/06/2003. 1v. 254p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - ENGENHARIA DE MINAS, METALÚRGICA E DE MATERIAIS.

45. RUBENS CALDEIRA MONTEIRO. ESTIMATIVA ESPAÇO-TEMPORAL DA SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI NA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO (SP), BRASIL. 01/05/2003. 1v. 212p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

46. SANDOR ARVINO GREHS. "EFEITOS DA ESPACIALIZAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS NAS RESPOSTAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO IBIRAPUITÃ, RS".. 01/01/2003. 1v. 185p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL

47. ANTONIO SILVIO JORNADA KREBS. CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARARANGUÁ-SC.. 01/02/2004. 2v. 375p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - GEOGRAFIA

48. CARLOS CESAR NASCIMENTO DA SILVA. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA DO MEIO AQUIFERO FISSURAL: UMA CONTRIBUIÇÃO AOS MODELOS DE FLUXO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA.. 01/06/2004. 1v. 154p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - GEODINÂMICA E GEOFÍSICA

49. FERNANDO ROBERTO DE OLIVEIRA. "HIDROGEOLOGIA DO MÉDIO JEQUITINHONHA, MG E A UTILIZAÇÃO DE NEOTECTÔNICA COMO FERRAMENTA NO ESTUDO DE AQUIFEROS FISSURAIIS DA REGIÃO". 01/04/2004. 1v. 200p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

50. JOÃO CARLOS SIMANKE DE SOUZA. "ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DA REGIÃO DE LORENA - SÃO PAULO". 01/04/2004. 1v. 174p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

51. NATALINA MARIA TINÔCO CABRAL. IMPACTO DA URBANIZAÇÃO NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRANEas NOS BAIRROS DO REDUTO, NAZARÉ E UMARIZAL.. 01/01/2004. 1v. 278p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

52. VANESSA MADRUCCI. "PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRANEA EM TERRENO CRISTALINO UTILIZANDO-SE ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO, GEOFÍSICOS E TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO, REGIÃO DE LINDÓIA - SP". 01/10/2004. 1v. 226p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

53. VICTORIANO ROLANDO APAZA CAMPOS. "ESTUDOS DE AQUIFEROS VULCANO-SEDIMENTARES NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UCHUSUMA (ZONA DE FRONTEIRA PERU, BOLÍVIA E CHILE)". 01/05/2004. 1v. 168p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

54. AFONSO LIGÓRIO PIRES DE CARVALHO JÚNIOR. "HIDROGEOLOGIA E PROCESSOS CÁRSTICOS NAS FORMAÇÕES MURIBECA RIACHUELO E CONTINGUIBA NA BACIA SE/AL EM SERGIPE". 01/08/2005. 1v. 129p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

55. CLAUDIO BENEDITO BAPTISTA LEITE. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO RESERVATÓRIO DE TRÊS IRMÃOS SOBRE A SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA DO AQUÍFERO LIVRE NA CIDADE DE PEREIRA BARRETO (SP) - UMA ABORDAGEM NUMÉRICA E GEOESTATÍSTICA. 01/05/2005. 1v. 230p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

56. ENÉAS OLIVEIRA LOUSADA. ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS E ISOTÓPICOS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO DISTRITO FEDERAL: MODELOS CONCEITUAIS DE FLUXO. 01/04/2005. 1v. 127p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - GEOLOGIA

57. IVANETY PEREIRA SANTOS DE JESUS. "CARACTERIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS EM MEIO CRISTALINO DA PORÇÃO OESTE DA BACIA DO ALTO TIETÊ". 01/12/2005. 1v. 203p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (GEOQUÍMICA E GEOTECTÔNICA)

58. JOSÉ LUIZ FLORES MACHADO. COMPARTIMENTAÇÃO ESPACIAL E ARCABOUÇO HIDROESTRATIGRÁFICO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO RIO GRANDE DO SUL. 01/03/2005. 1v. 225p. Doutorado. UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - GEOLOGIA

59. LEANDSON ROBERTO FERNANDES DE LUCENA. IMPLICAÇÃO DA COMPARTIMENTAÇÃO ESTRUTURAL NO AQUÍFERO BARREIRAS NA ÁREA DA BACIA DO RIO PIRANGI-RN. 01/07/2005. 1v. 151p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

60. LUCIANA CORDEIRO DE SOUZA. MUDANÇAS DE PARADIGMAS NO USO E ORDENAÇÃO DO SOLO EM FACE DA NECESSÁRIA PROTEÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 01/10/2005. 1v. 370p. Doutorado. PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO - DIREITO

61. MIRNA APARECIDA NEVES. ANÁLISE INTEGRADA APLICADA À EXPLORAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEA NA BACIA DO RIO JUNDIAÍ (SP). 01/03/2005. 1v. 200p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOLOGIA REGIONAL

62. PAULO FERNANDO PEREIRA PESSOA. HIDROGEOLOGIA DOS AQUÍFEROS CÁRSTICOS DA REGIÃO DE LAGOA SANTA, MG. 01/11/2005. 1v. 310p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS.

63. ROBERTO FREITAS MOTA. ESTUDOS GEOLÓGICOS-GEOFÍSICOS DA INTERFACE ÁGUA DOCE/SALGADA EM AQUÍFEROS DA FORMAÇÃO BARREIRAS NO LITORAL DOS MUNICÍPIOS DE CAUCÁIA-PECEM, REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA, CEARÁ.. 01/07/2005. 1v. 200p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - GEOLOGIA

64. ANDRESA OLIVA. ESTUDO HIDROFACIOLÓGICO DO AQUÍFERO RIO CLARO NO MUNICÍPIO DE RIO CLARO-SP. 01/11/2006. 1v. 196p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

65. JORGE LUIZ RABELO. ESTUDO DA RECARGA DO AQUÍFERO GUARANI NO SISTEMA JACARÉ-TIETÊ. 01/08/2006. 1v. 200p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/SÃO CARLOS - ENGENHARIA HIDRÁULICA E SANEAMENTO

66. MÁRCIA TEREZA PANTOJA GASPAR. SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA: CARACTERIZAÇÃO REGIONAL E PROPOSTAS DE GESTÃO. 01/09/2006. 1v. 158p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - GEOLOGIA

67. RODRIGO MENEZES RAPOSO DE ALMEIDA. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO DO USO E QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS. APLICAÇÃO NA REGIÃO DOS LAGOS - RJ. 01/07/2006. 1v. 198p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE - ENGENHARIA CIVIL

68. SUSANA SILVA CAVALCANTI. QUANTIFICAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO AQUÍFERO RECÔNCAVO NA BACIA DO RIO CAPIVARA. 01/08/2006. 1v. 93p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - GEOFÍSICA

69. CLAUDIA LUCIANA VARNIER. AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE UMA FOSSA NEGRA DESATIVADA NA ZONA NÃO-SATURADA DO AQUÍFERO ADMANTINA EM URÂNIA (SP). 01/04/2007. 1v. 144p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

70. DIDIER GASTMANS. HIDROGEOLOGIA E HIDROQUÍMICA DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NA PORÇÃO OCIDENTAL DA BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ. 01/04/2007. 1v. 194p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

71. EDUARDO CHEMAS HINDI. HIDROQUÍMICA E HIDROTERMALISMO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO ESTADO DO PARANÁ. 01/03/2007. 1v. 153p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

72. FABIO JOSÉ MEAULO. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, HIDROGEOLÓGICA E O MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE NATURAL À POLUIÇÃO DOS AQUÍFEROS, NA ESCALA 1:25.000, DAS ÁREAS URBANA E DE EXPANSÃO DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA-SP. 01/10/2007. 1v. 113p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

73. JULIANA BAITZ VIVIANI. ESTIMATIVA DE RECARGA EM ÁREAS URBANIZADAS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO ALTO TIETÊ (SP). 01/12/2007. 1v. 220p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

74. MONICA GIANNOCARO VON HUELSEN. INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE ELETROMAGNETOMETRIA AEROTRANSPORTADA (AEM) DO SISTEMA GEOTEM (DOMÍNIO DO TEMPO). 01/06/2007. 1v. 180p. Doutorado. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - GEOLOGIA

75. PAULO ROBERTO JAQUES DILL. GESTAL AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. 01/02/2007. 1v. 147p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - ENGENHARIA AGRÍCOLA

76. ANA PAULA SOARES. VARIABILIDADE ESPACIAL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI: CONTROLES ESTRATIGRÁFICOS E ESTRUTURAIS. 01/03/2008. 1v. 196p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - GEOCIÊNCIAS

77. ARIVELTOM COSME DA SILVA. ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO DE LENÇOL FREÁTICO ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DE TÉCNICAS GEOQUÍMICAS E GEOFÍSICAS EM JI-PARANÁ-RO. 01/12/2008. 1v. 146p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

78. CARLOS ALVIN HEINE. ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE DE USO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI EM IVOTI-RS. 01/10/2008. 1v. 223p. Doutorado. UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - GEOLOGIA

79. EDNEY SMITH MORAES PALHETA. ESTUDO DA COMPARTIMENTAÇÃO E ARCABOUÇO NEOTECTÔNICO DA ILHA DO MOSQUEIRO-EMPREGADO NO CONHECIMENTO HÍDRICO SUBTERRÂNEO. 01/08/2008. 1v. 241p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

80. HEINZ ALFREDO TREIN. A IMPLICAÇÃO ANTRÓPICA NA QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA-SC. 01/08/2008. 1v. 149p. Doutorado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

81. LILIAN CHAVEZ-KUS. MODELO DE FUNCIONAMENTO DO AQUÍFERO ATUBA COM BASE EM PARÂMETROS ESTRUTURAIS E HIDROGEOLÓGICOS, MUNICÍPIO DE CURITIBA.. 01/04/2008. 1v. 239p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

82. ODERSON ANTÔNIO DE SOUZA FILHO. DADOS AEROGEOFÍSICOS E GEOLÓGICOS APLICADOS À SELEÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO DOMÍNIO CRISTALINO DO CEARÁ, BRASIL.. 01/08/2008. 1v. 202p. Doutorado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - GEOCIÊNCIAS

83. RICARDO GIUMELLI MARQUEZÁN. ANÁLISE DE RECURSOS DIGITAIS COMO FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE AÇÕES DE PROTEÇÃO DE AQUÍFEROS NO TRAJETO DE OLEODUTOS.. 01/10/2008. 1v. 158p. Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL

DISSERTAÇÕES DE MESTRADO

1. BERTACHINI ANTONIO CARLOS. ESTUDO DAS CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DOS TERRENOS CRISTALINOS SOB CLIMA UMIDO NA REGIAO DE JUNDIAI EM SAO PAULO. 01/12/1987. 1v. 105p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)
2. FRAGA CARLOS GILBERTO. INTRODUCAO AO ZONEAMENTO DO SISTEMAAQUIFERO SERRA GERAL NO ESTADO DO PARANA. 01/07/1987. 1v. 125p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)
3. PINHEIRO ROBERTO VIZEU LIMA. ESTUDO HIDRODINAMICO E SEDIMENTOLOGIA DO ESTUARIO GUAJARA-BELEM PARA. 01/07/1987. 1v. 164p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - CIENCIAS GEOFISICAS GEOLOGICAS
4. WALTER EUGENIO DE MEDEIROS. ELETRO-RESISTIVIDADE APLICADA A HIDROGEOLOGIA DO CRISTALINO: UM PROBLEMA DE MODELAMENTO BIDIMENSIONAL. 01/03/1987. 1v. 106p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - GEOFÍSICA
5. LUIZ CRISTIANO CAMPOS MONTEIRO. ARMAZENAMENTO DE AGUA EM BARRAGENS SUBTERRANEAS. 01/02/1988. 1v. 144p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - ENGENHARIA CIVIL (RECURSOS HÍDRICOS)
6. ANTONIO COSME DEL REY. ESTUDO HIDROGEOTERMICO DA REGIAO DE AGUAS DE LINDOIA, AMPARO E SOCORRO, NORDESTE DO ESTADO DE SAO PAULO. 01/09/1989. 1v. 136p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOFÍSICA
7. JOSE RICARDO STURARO. ESTUDO DO COMPORTAMENTO ESPACIAL DE VARIAVEIS GEOLOGICAS E HIDROGEOLOGICAS DA AREA URBANA DE RIBEIRAO PRETO, SP.. 01/02/1989. 1v. 131p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/SÃO CARLOS - GEOTECNIA
8. EUGENIO GODOY VALDOVINOS. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS E HIDROQUIMICAS DE LA REGION OESTE DEL CHACO PARAGUAYO. 01/11/1990. 1v. 147p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - GEOCIÊNCIAS
9. FERNANDO ANTONIO CARNEIRO FEITOSA. ESTUDO HIDROGEOLOGICO DO AQUIFERO CABECAS NO MEDIO VALE DO RIO GURGUEIA, PI. 01/12/1990. 2v. 584p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - GEOCIÊNCIAS
10. HELIO NOBILE DINIZ. ESTUDO HIDROGEOLOGICO DO SUBGRUPO ITARARE NO MEDIO RIO TIETE, MUNICIPIO DE TIETE, SP.. 01/11/1990. 1v. 83p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

11. SUELI YOSHINAGA. ESTUDOS HIDROGEOLOGICOS, HIDROGEOQUIMICOS E ISOTOPICOS DAS AGUAS MINERAIS E TERMAIS DE AGUAS DE LINDOIA E LINDOIA, SP.. 01/05/1990. 1v. 124p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)
12. ALMANY COSTA SANTOS. CARACTERIZACAO HIDROGEOLOGICA E HIDROQUIMICA DO AQUIFERO FISSURAL DA REGIAO DO ALTO PAJEU, PE. 01/12/1991. 1v. 150p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - GEOCIÊNCIAS
13. HIROITO ALBERTO TAKAHASHI. CARACTERIZACAO MORFOESTRUTURAL E HIDROGEOLOGICA DE AQUIFEROS EM MEIO FRATURADO ATRAVES DE TECNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E ANALISE ESTATISTICA EM SETOR DO PLANALTO MERIDIONAL-RS.. 01/12/1991. 1v. 126p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL
14. ITABARACI NAZARENO CAVALCANTE. ESTUDO HIDROGEOLOGICO DE TERRENO CRISTALINO COM MANTO DE INTEMPERISMO-AREA PILOTO DE ATIBAIA-SP. 01/03/1991. 1v. 122p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)
15. LEILA NUNES MENEGASSE. ESTUDO HIDROGEOLOGICO DAS ROCHAS METASSEDIMENTARES DO GRUPO SAO ROQUE A NW DA GRANDE SAO PAULO- CRITERIOS PARA LOCACAO DE POCOS PROFUNDOS. 01/10/1991. 1v. 104p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)
16. MARILDA TRESSOLDI. UMA CONTRIBUIÇÃO A CARACTERIZACAO DE MACICOS ROCHOSOS FRATURADOS, VIZANDO A PROPOSICAO DE MODELOS PARA FINS HIDROGEOLOGICOS E HIDROGEOTECNICOS. 01/11/1991. 1v. 292p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)
17. EDSON LUIZ AVILA. CARACTERIZACAO HIDROGEOLOGICA E HIDROQUIMICA DA FORMACAO RIO BONITO NA REGIAO DE SIDEROPOLIS E ADJACENCIAS.. 01/01/1992. 2v. 503p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - GEOGRAFIA
18. LUIZ CLAUDIO LUCAS DA SILVA. ANALISE HIDROGEOLOGICA QUALITATIVA DA INTERACAO DAS AGUAS SUBTERRANEAS DOS AQUIFEROS FISSURAIIS COM O LAGO PARANOIA, BRASILIA - DF.. 01/10/1992. 1v. 168p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - GEOLOGIA
19. NELSON CESIO FERNANDES SANTOS. ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE AQUIFEROS ALUVIAIS NO PERIODO SECO NO SEMI-ARIDO DO NORDESTE BRASILEIRO. 01/03/1992. 1v. 169p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA/CAMPINA GRANDE - ENGENHARIA CIVIL

20. PATRICE ORLANDO DA SILVA OLIVEIRA. ESTUDO HIDROGEOLOGICO DE UM AQUIFERO ALUVIAL COM BARRAGENS SUBMERSAS NA REGIAO DE SANTA LUZIA-PB.. 01/05/1992. 1v. 130p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA/CAMPINA GRANDE - ENGENHARIA CIVIL

21. ANDRE CELLIGOI. "RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS DA FORMACAO SERRA GERAL EM LONDRINA - PR".. 01/05/1993. 1v. 96p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

22. AUGUSTO FERREIRA MENDONCA. CARACTERIZACAO DA EROSAO SUBTERRANEA NOS AQUIFEROS POROSOS DO DISTRITO FEDERAL. 01/04/1993. 1v. 155p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – GEOLOGIA.

23. MARA AKIE IRITANI. "POTENCIAL HIDROGEOLOGICO DA CIDADE UNIVERSITARIA DE SAO PAULO".. 01/05/1993. 1v. 97p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

24. MARIA TEREZA DE C.B.FERREIRA CLEARY. "INVESTIGACAO ATRAVES DE MODELOS MATEMATICOS EM MICROCOMPUTADORES DOS EFEITOS DOS PRINCIPAIS PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS E DOS PROCESSOS ATENUANTES DE TRANSPORTE NA DELINEACAO DE AREAS DE PROTECAO DE POÇOS (APPS). 01/04/1993. 1v. 169p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

25. SIMONE COSTA PFEIFFER. AVALIACAO DA VIABILIDADE TECNICO-ECONOMICA DE APROVEITAMENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS NA AREA URBANA DE SAO CARLOS (SP).. 01/05/1993. 1v. 113p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/SÃO CARLOS - ENGENHARIA HIDRAULICA E SANEAMENTO

26. VAGNER ROBERTO ELIS. A APLICACAO DA GEOFISICA PARA ANALISE DO MEIO FISICO. IMPORTANCIA PARA ELABORACAO DE MAPEAMENTO GEOTECNICO. 01/06/1993. 1v. 120p. Mestrado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS (GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE)

27. ELTON GLOEDEN. "MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA AGUA DAS ZONAS NAO SATURADA E SATURADA EM AREA DE FERTIRRIGACAO COM VINHACA". 01/08/1994. 1v. 163p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

28. JOSE ANTONIO BELTRAO SABADIA. "IMPACTOS DA ESTOCAGEM DE VINHACA E DAS AGUAS DE LAVAGEM DA CANA-DE-ACUCAR NOS DOMINIOS DO AQUIFERO BAURU-DOBRADA-SAO PAULO". 01/12/1994. 1v. 123p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

29. MANUEL FRANCISCO CONEJO LOPES. CONDICoes DE OCORRENCIA DE AGUA SUBTERRANEA NAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI. 01/07/1994. 1v. 82p. Mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - ENGENHARIA CIVIL

30. JOSE CARLOS SILVEIRA OLIVEIRA. MAPEAMENTO DO TOPO ESTRUCTURAL E HIDROGEOLOGIA DA FORMACAO BOTUCATU NA AREA CENTRAL DO MUNICIPIO DE ALEGRETE-RS.. 01/06/1994. 1v. 93p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - GEOGRAFIA

31. CARLOS JOSE BEZERRA DE AGUIAR. APLICACAO DO METODO GEOFISICO DE ELETRORESISTIVIDADE NA PESQUISA HIDROGEOLOGICA DE BACIAS SEDIMENTARES: O EXEMPLO DA BACIA POTIGUAR.. 01/05/1995. 1v. 176p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - GEOCIÊNCIAS

32. CLAUDIA BOIAN. APLICACAO GEOFISICA A ESTUDOS GEOAMBIENTAIS EM SEDIMENTOS DO GRUPO BAURU: ATERRO SANITARIO DE SAO JOSE DO RIO PRETO (SP). 01/07/1995. 1v. 173p. Mestrado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS (GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE)

33. FLAVIA MARIA DE FATIMA NASCIMENTO. CONTRIBUICAO AO ESTUDO HIDROGEOLOGICO DA PORCAO OESTE DO CIRCUITO DAS AGUAS, SUL DE MINAS GERAIS, ATRAVES DE TECNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO. 01/03/1995. 1v. 120p. Mestrado. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - SENSORIAMENTOREMOTO

34. RINALDO MOREIRA MARQUES. Utilização do VLF (very Low Frequency) na Prospecção de Água Subterrânea em Zonas de Rochas Cristalinas.. 01/12/1995. 1v. 127p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

35. ANA LIZETE ROCHA. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL, HIDROGEOLÓGICA E GEOQUÍMICA DOS DEPÓSITOS ALUVIONARES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO, REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - PR. 01/06/1996. 1v. 157p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

36. ANTÔNIO ARAÚJO PEREIRA. O PAPEL DA INFILTRAÇÃO INDUZIDA DE UM RIO SOBRE A ZONA DE CAPTURA DO POÇO NO ESTUDO DA POLUIÇÃO E DESCONTAMINAÇÃO DA MESMA-CASO DO RIO PIRANHAS EM SÃO BENTO, PB.. 01/06/1996. 1v. 238p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA/CAMPINA GRANDE - ENGENHARIA CIVIL

37. ARNALDO DE QUEIROZ DA SILVA. ELETRORESISTIVIDADE APLICADA A CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA O ABASTECIMENTO DA CIDADE DE SÃO DOMINGOS DO ARAGUAIA - PARÁ.. 01/02/1996. 1v. 81p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOFÍSICA

38. ELAINE APARECIDA BONACIM. DINÂMICA DO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO CÁRSTICO NA ÁREA DE TRANQUEIRA - REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. 01/09/1996. 1v. 182p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

39. JOSÉ ANTONIO FERREIRA DE SOUSA. ELETRORESISTIVIDADE NA PROSPECÇÃO HIDROGEOLÓGICA NO MUNICÍPIO DE OURILÂNDIA DO NORTE-PA.. 01/05/1996. 1v. 86p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOFÍSICA

40. JOSÉ CLÁUDIO VIÉGAS CAMPOS. ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DA BACIA DO RIO CABUÇU - ZONA OESTE DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO - RJ. 01/05/1996. 1v. 100p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GEOLOGIA

41. JOSÉ DE ASSIS FERREIRA. HIDROGEOLOGIA E HIDROQUÍMICA DA REGIÃO DE ALAGOINHA - PE - APLICAÇÃO DE NOVOS CRITÉRIOS TÉCNICOS PARA A LOCAÇÃO DE POÇOS NO AQUIFERO FISSURAL.. 01/02/1996. 1v. 173p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - GEOCIÊNCIAS

42. LUIZ ALBERTO NOZAKI SUGAHARA. ANÁLISE AUTOMATIZADA DE TESTES DE BOMBEAMENTO. 01/01/1996. 1v. 94p. Mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - ENGENHARIA DE PETROLEO

43. ALVARO AMORETTI LISBOA. "PROPOSTA DE METODOLOGIA, PARA AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO AQUIFERO CÁRSTICO, COMPARTIMENTO DE SÃO MIGUEL". 01/12/1997. 1v. 143p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

44. CARLOS ALBERTO DE CARVALHO FILHO. CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA DE PARTE DO SISTEMA AQUIFERO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPUS - UFMG/BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS.. 01/12/1997. 1v. 161p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

45. CARLOS AUGUSTO BAGANHA. DETECÇÃO E MONITORAMENTO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ATERRO SANITÁRIO DO PARQUE SANTA BÁRBARA, MUNICÍPIO DE CAMPINAS-SP. 01/02/1997. 1v. 115p. Mestrado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIENCIAS (GEOCIENCIAS E MEIO AMBIENTE)

46. CLÁUDIO RAPOSO. ESTIMATIVA DE RECARGA DE ÁGUA EM ZONA NÃO-SATURADA DE SOLOS UTILIZANDO O TRITIO ARTIFICIAL COMO TRAÇADOR.. 01/06/1997. 1v. 130p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - EVOLUÇÃO CRUSTAL E RECURSOS NATURAIS

47. ELVIRA LÍDIA STRAUS. "AVALIAÇÃO DE ÁREA CONTAMINADA COM LICOR NEGRO E RESÍDUOS DE INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE PAPEL". 01/06/1997. 1v. 124p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIENCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

48. EUZÉBIO JOSÉ GIL. CONDICIONANTES GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS DO AQUIFERO TERMAL DE CALDAS NOVAS - GO.. 01/05/1997. 1v. 124p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GEOLOGIA

49. JOÃO NOGUEIRA FILHO. "A BACIA HIDROGEOLÓGICA DE CURITIBA". 01/12/1997. 1v. 159p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

50. JOSÉ ALBERTO WENZEL. A SUSTENTABILIDADE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ZONA URBANA DE SANTA CRUZ DO SUL.. 01/07/1997. 2v. 245p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL - DESENVOLVIMENTO REGIONAL

51. MARIA ALVES DA SILVA. CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ZONA URBANA DE PORTO VELOHO-RO. 01/06/1997. 1v. 127p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

52. ALICE MARIA CORREIA PEQUENO. CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS POR INSTALAÇÃO DE CEMITÉRIOS: ESTUDO DO CASO DO CEMITÉRIO SÃO JOÃO BATISTA. 01/11/1998. 1v. 88p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - GEOLOGIA

53. ANA BEATRIZ DA CUNHA BARRETO. AVALIAÇÃO DE CONDIÇÕES HIDROGEOLÓGICAS E DA CONTAMINAÇÃO DO SUBSOLO POR HCH NA CIDADE DOS MENINOS, RJ. 01/04/1998. 1v. 145p. Mestrado. PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO - ENGENHARIA CIVIL

54. CARLOS EDUARDO SOBREIRA LEITE. DEFINICAO DO POTENCIAL HIDROGEOLOGICO NO CONTEXTO DO CRISTALINO DE PARTE DOS MUNICIPIOS DE CRATEUS E INDEPENDENCIA NO ESTADO DO CEARA, COM USO DE IMAGENS TM LANDSAT-5 E SIG. 01/07/1998. 1v. 146p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - GEOLOGIA

55. EDSON CARDOSO MONTEIRO. ESTUDO DA HIDROGEOLOGIA NO MUNICÍPIO DE PALESTINA DO PARÁ USANDO O MÉTODO DE ELETRORESISTIVIDADE. 01/10/1998. 1v. 59p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOFÍSICA

56. FERNANDO FERNANDES DA SILVA. INVESTIGAÇÃO E SIMULAÇÃO DO FLUXO SUBTERRÂNEO EM AQUÍFERO ALUVIAL NO SEMI-ÁRIDO DA PARAÍBA. 01/04/1998. 1v. 154p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA/CAMPINA GRANDE - ENGENHARIA CIVIL

57. GERALDO HIDEO ODA. "CONTRIBUIÇÃO À HIDROGEOLOGIA DA REGIÃO ENTRE SALTO DE PIRAPORA E ITU (SP): ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE, OCORRÊNCIA E CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS TUBARÃO E CRISTALINO". 01/04/1998. 1v. 100p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

58. JOÃO JUNIOR BAPTISTA. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS ELÉTRICO E ELETROMAGNÉTICO PARA O ESTUDO HIDROGEOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE ALTAMIRA-PA. 01/10/1998. 1v. 62p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOFÍSICA

59. MARCOS ALEXANDRE DE FREITAS. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO DE TERRENOS CRISTALINOS ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO.. 01/12/1998. 1v. 130p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - SENSORIAMENTO REMOTO

60. MARGARETH DE TOLEDO CONTE ZULIAN. UM ESTUDO SOBRE INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM FRATURAS NATURAIS NA PORÇÃO OESTE DA SERRA DA CARIOCA, MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO.. 01/03/1998. 1v. 120p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GEOLOGIA

61. ADERSON MARQUES MARTINS. HIDROGEOLOGIA DE AQUÍFERO COSTEIRO DA REGIÃO OCEÂNICA DE NITERÓI - RJ. 01/03/1999. 1v. 71p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GEOLOGIA

62. ALEXANDRE CESAR MONTEIRO. ELETORRESISTIVIDADE APLICADA NA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL AQUÍFERO DA REGIÃO DE PORTO SEGURO. 01/10/1999. 1v. 113p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - GEOFÍSICA

63. ALEXANDRE GUEDES JUNIOR. "MAPEAMENTO HIDROGEOLÓGICO DA ILHA DE SANTA CATARINA UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO". 01/04/1999. 1v. 178p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - ENGENHARIA CIVIL

64. EDUARDO CHEMAS HINDI. CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA E HIDROGEOLÓGICA DAS FONTES CÁRSTICAS DAS BACIAS DOS RIOS TUMIRI, ÁGUA COMPRIDA, FERVIDA E DAS ONÇAS - COLOMBO, PARANÁ. 01/07/1999. 1v. 155p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

65. Elisabete Atie Pacheco. DELIMITAÇÃO DA CUNHA SALINA, OCASIONADA PELA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DO MAR, NA REGIÃO DE CARAGUATATUBA-SP, USANDO MÉTODOS GEOELÉTRICOS.. 01/02/1999. 1v. 98p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOFÍSICA

66. ENEAS OLIVEIRA LOUSADA. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOFÍSICOS APLICADOS A LOCAÇÃO DE POCOS TUBULARES PROFUNDOS EM AQUÍFEROS FRATURADOS NA REGIÃO DO DISTRITO FEDERAL. 01/12/1999. 1v. 120p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - GEOLOGIA

67. FLAVIO AUGUSTO FERLINE SALLES. "AVALIAÇÃO DE ÁREA CONTAMINADA POR COMPOSTOS ORGÂNICOS ÀS MARGENS DA REPRESA DE GUARAPIRANGA, NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, SP". 01/06/1999. 1v. 107p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

68. GILMAR APARECIDO LOPES. ESTUDO HIDROGEOLÓGICO E GEOTÉCNICO DA REGIÃO DA FUTURA MINA DE FÁBRICA NOVA, MARIANA, MG. 01/03/1999. 1v. 170p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - ENGENHARIA CIVIL

69 . HÉLIO ALEXANDRE LAZARIM. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA NO EXTREMO NORTE DO SINCLINAL DA MOEDA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, NOVA LIMA, MG - PROPOSTA DE MODELO.. 01/05/1999. 1v. 115p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - GEOLOGIA

70. JOSÉ LUIZ GOMES ZOBY. "HIDROGEOLOGIA DE BRASÍLIA - DF BACIA DO RIBEIRÃO SOBRADINHO". 01/11/1999. 1v. 132p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

71. ADRIANA JEBER DE LIMA BARRETO MARRA. "CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO CÓRREGO ENGENHO NOGUEIRA-UFMG, CAMPUS PAMPULHA". 01/03/2000. 1v. 120p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS.

72. ADSON BRITO MONTEIRO. MODELAGEM DO FLUXO SUBTERRÂNEO NOS AQUIFÉROS DA PLANÍCIE DO RECIFE E SEUS ENCAIXES. 01/07/2000. 2v. 132p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - GEOCIÊNCIAS

73. ANA VALÉRIA GAMA DOS REIS. SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A HIDROGEOLOGIA DE MEIO CRISTALINO NO MUNICÍPIO DE MOMBAÇA, ESTADO DO CEARÁ. 01/09/2000. 1v. 112p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - GEOLOGIA

74. ANDRÉIA REINA CAPELETI GARCIA. AVALIAÇÃO DE RISCO EM UMA ÁREA CONTAMINADA UTILIZANDO O MODELO C-SOIL UM ESTUDO DE CASO.. 01/11/2000. 1v. 100p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - SAÚDE PÚBLICA

75. ETIANNE MONTEIRO BRAGA. SUBSÍDIOS PARA GESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA CIDADE DE MANAUS-AM.. 01/08/2000. 1v. 87p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA

76. FLAVIA GONCALVES DE CASTRO. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E HIDROGEOQUÍMICA DA BACIA SEDIMENTAR DE RESENDE (RJ). 01/09/2000. 1v. 130p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GEOLOGIA

77. FLORÍSIO TABOSA DOS ANJOS. ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DO AQUIFERO RIO DA BATATEIRA E CARCTERIZAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DE CRATO, JUAZEIRO DO NORTE E BARBALHA-CE NO ANO 2020. 01/08/2000. 2v. 149p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - GEOCIÊNCIAS

78. FRANKLIN DE MORAIS. QUALIDADE DA ÁGUA E PRODUTIVIDADE DOS POÇOS NO MEIO FISSURAL DO ALTO VALE DO RIO MOXOTÓ-PE. 01/08/2000. 2v. 106p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - GEOCIÊNCIAS

79. HEMERT SANTOS AMORIM. "CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO AQUIFERO FREÁTICO DA CIDADE DE BRAGANÇA, PARÁ". 01/08/2000. 1v. 84p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

80. IRABSON MOTA CAVALCANTE. HIDROGEOLOGIA, HIDROQUÍMICA E GEOFÍSICA (MÉTODO VLF) DE AQUÍFEROS FISSURAIS EM UMA PORÇÃO DA FOLHA GARANHUNS, AGRESTE MERIDIONAL DO ESTADO DE PERNAMBUCO. 01/10/2000. 1v. 187p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - GEOLOGIA

81. ADRIANA ARAÚJO TAJRA. ASPECTOS TÉCNICO-CONSTRUTIVOS DOS POÇOS TUBULARES E A LEGISLAÇÃO PERTINENTE - ÁREA PILOTO DE FORTALEZA - CEARÁ. 01/11/2001. 1v. 109p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - GEOLOGIA

82. ALEJANDRA CARMEM PEÑALOZA FUENTES. "AVALIAÇÃO DO IMPACTO CAUSADO NA ZONA SATURADA PELOS METAIS PESADOS PROVENIENTES DA DISPOSIÇÃO DE LODO RESIDUAL NA ETE DE BARUERI-SP". 01/03/2001. 1v. 90p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

83. ALESSANDRA MARIA DE ARAÚJO DE LACERDA. AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E HIDROGEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE MOSSORÓ-RN. 01/03/2001. 1v. 92p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - GEOCIÊNCIAS

84. ALEXANDRE DAVIDE MILLER. "REMEDIÇÃO DE FASE LIVRE DE GASOLINA POR BOMBEAMENTO DUPLO: ESTUDO DE CASO". 01/10/2001. 1v. 110p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

85. CLIBSON ALVES DOS SANTOS. COMPORTAMENTO HIDROGEOLÓGICO DOS SOLOS DA REGIÃO DE SANTO ANTÔNIO LEITE, DISTRITO DE OURO PRETO, MINAS GERAIS.. 01/03/2001. 1v. 108p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - EVOLUÇÃO CRUSTAL E RECURSOS NATURAIS

86. EDEWEIS RODRIGUES DE CARVALHO JUNIOR. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR NITRATO E SUA RELAÇÃO COM A ESTRUTURA HIDROGEOLÓGICA NOS BAIRROS DE PIRANGI E PONTA NEGRA, NATAL/RN. 01/05/2001. 1v. 170p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - GEOCIÊNCIAS

87. EDGAR PANE. ESTUDO HIDROLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO E GEOFÍSICO NO MUNICÍPIO DE ITAMONTE-MG. 01/08/2001. 1v. 96p. Mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - GEOCIÊNCIAS

88. EURÉLIO TOSO JÚNIOR. "AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO E DO RISCO ASSOCIADO EM ÁREA DE INDÚSTRIA E SUAS ADJACÊNCIAS, EM COTIA - SP". 01/10/2001. 1v. 130p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

89. FRANCIS PRISCILLA VARGAS HAGER. "GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS E SUPERFICIAIS - EXEMPLO DAS SUB-BACIAS DA BILLINGS E TAMANDUATEÍ, BACIA DO ALTO TIETÊ, SÃO PAULO". 01/01/2001. 1v. 172p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

90. IOANA NICOLETA FIRTA. EXTENSÃO DE PLUMAS EM AQUÍFEROS CONTAMINADOS POR DERRAMAMENTOS DE GASOLINA SOB INFLUÊNCIA DE ETANOL. 01/02/2001. 1v. 87p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - ENGENHARIA AMBIENTAL

91. ADRIANA DE OLIVEIRA. ESTUDO GEOFÍSICO DAS FONTES DE ÁGUA MINERAL M SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA, R.J.. 01/04/2002. 1v. 98p. Mestrado. OBSERVATÓRIO NACIONAL - GEOFÍSICA

92. ANA KATIURSCIA PASTANA DE SOUZA. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO CIRCUNVIZINHA AO LIXÃO DO JANGURUSSU, FORTALEZA-CEARÁ. 01/11/2002. 2v. 120p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - GEOLOGIA

93. ANAPAUOLA VILAS BOAS NEVES. ESTUDO GEOFÍSICO PARA A CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA DA SUBSUPERFÍCIE RASA EM ÁREA DE DECOMPOSIÇÃO DE REJEITOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE BARCARENA-PA.. 01/09/2002. 1v. 50p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOFÍSICA

94. ANDRÉ LUIZ DE MOURA CADAMURO. PROPOSTA, AVALIAÇÃO E APLICABILIDADE DE TÉCNICAS DE RECARGA ARTIFICIAL EM AQUÍFEROS FRATURADOS PARA CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS DO DISTRITO FEDERAL. 01/09/2002. 1v. 130p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - GEOLOGIA

95. ANDRESSA OLIVA. ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DA FORMAÇÃO RIO CLARO NO MUNICÍPIO DE RIO CLARO-SP. 01/04/2002. 1v. 71p. Mestrado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS (GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE)

96. ANTÔNIO CARLOS BUCHMANN FILHO. Características das águas do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná. 01/11/2002. 1v. 100p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

97. Antônio Teixeira Cabral. MODELAMENTO HIDRODINÂMICO E HIDROGEOQUÍMICO DO AQUÍFERO ALUVIONÁRIO DE AMARO LANARI - VALE DO AÇO - MG. 01/04/2002. 1v. 192p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS.

98. CAIO TADAO JOKO. HIDROGEOLOGIA DA REGIÃO DE SÃO SEBASTIÃO - DF. IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.. 01/05/2002. 1v. 159p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - GEOLOGIA

99. DORIS LILIANA OTÁLVARO HOYOS. "A GESTÃO DE AQUÍFEROS ATRAVÉS DE MODELOS NUMÉRICOS: UM EXEMPLO DA BACIA DO RIO CHICÚ (COLÔMBIA)". 01/08/2002. 1v. 101p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

100. ELISIO VIEIRA FILHO. RELAÇÕES ÁGUA DOCE/ÁGUA SALGADA NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA. IMPLICAÇÕES PARA GESTÃO ADEQUADA DOS AQUÍFEROS COSTEIROS. 01/09/2002. 2v. 94p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - GEOLOGIA

101. ÁLVARO DE CASTRO PACHECO JUNIOR. ESTUDO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DE FENÓIS EM AQUÍFERO LIVRE DA ÁREA DA ALBRAS - BARCARENA-PA.. 01/03/2003. 1v. 110p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

102. ANDRE LUIZ MUSSEL MONSORES. ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS E HIDROQUÍMICOS EM AQUÍFEROS FRATURADOS: BACIA SUPERIOR DO CÓRREGO DO AÇUDE - DISTRITO DE RAPOSO-ITAPERUNA/RJ. 01/09/2003. 1v. 150p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GEOLOGIA

103. ARTHUR S. NANNI. CONTAMINAÇÃO DO MEIO FÍSICO POR HIDROCARBONETOS E METAIS DA ÁREA DA REFINARIA ALBERTO PASQUALINI, CANOAS, RS. 01/02/2003. 1v. 110p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - GEOCIÊNCIAS

104. CARLOS EDUARDO BRAGA. CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA E HIDRODINÂMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM ÁREA DE MANGUEZAL DA BAÍA DE GUANABARA, RJ. 01/03/2003. 1v. 146p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GEOLOGIA

105. CARLOS RANGEL FERREIRA DA CRUZ. EXPLORAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM ROCHAS CARSTICAS NOS MUNICIPIOS DE JAGUARUANA, QUIXERE E LIMOEIRO DO NORTE. 01/12/2003. 1v. 125p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - GEOLOGIA

106. EDUARDO SANBERG. COMPORTAMENTO DOS CONTAMINANTES NOS SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM DEPÓSITOS DE RESÍDUOS DO REFINO DE PETRÓLEO-BORREIRO DA REFINARIA ALBERTO PASQUALINE. 01/06/2003. 1v. 143p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - GEOCIÊNCIAS

107. GISELE KIMURA WUNDER. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO SISTEMA SEDIMENTAR DO GRÁBEN CRATO-JUAZEIRO, NO VALE DO CARIRI (CE). 01/11/2003. 1v. 187p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

108. HENRIQUE ANGELO PIOVESAN DAL POZZO. ESTUDO INTEGRADO GEOFÍSICO HIDROGEOLÓGICO DO SUBGRUPO ITARARÉ, MUNICÍPIO DE TIETÊ/SP. 01/04/2003. 1v. 147p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOFÍSICA

109. JOANA CRUZ DE SOUZA. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA MINA LAPA VERMELHA, NA REGIÃO CÁRSTICA DE LAGOA SANTA, MG. 01/11/2003. 1v. 236p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

110. JOÃO CARLOS CASARIN. QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA DA ÁREA URBANA DE RONDONÓPOLIS. 01/02/2003. 7v. 80p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO - ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

111. ADALBERTO AMANCIO DE SOUZA. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO IGUAÇU, A JUSANTE DO MUNICÍPIO DE RESERVA DO IGUAÇU, COMO ÁREA DE DESCARGA DO AQUÍFERO GUARANI. 01/11/2004. 1v. 51p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

112. ALEX ALVES DE LIMA. HIDROGEOLOGIA DO SISTEMA AQUÍFERO BAURU NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO (SP). 01/05/2004. 1v. 82p. Mestrado. UNIVERSIDADE EST. PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

113. CARLOS HENRIQUE RIBEIRO LIMA. ESTUDO DA INTERAÇÃO RIO-AQUÍFERO PARA REGIME TRANSIENTE POR MEIO DE UM MODELO ANALÍTICO. 01/03/2004. 1v. 260p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - ENGENHARIA CIVIL (RECURSOS HÍDRICOS)

114. CÍCERO AUGUSTO DE SOUZA ALMEIDA. HIDROGEOQUÍMICA E VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS SERRA GERAL E GUARANI NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS RESERVATÓRIOS DE ITÁ E MACHADINHO ? SC-RS.. 01/01/2004. 1v. 230p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - GEOGRAFIA

115. CLÉLIA NOBRE DE OLIVEIRA PROENÇA. DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS SIGNIFICATIVOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS CORPOS D'ÁGUAS EM REGIÃO SEMI-ÁRIDA VISANDO O SEU ENQUADRAMENTO.. 01/06/2004. 1v. 128p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA

116. DANIEL FABIAN BETTÚ. CONECTIVIDADE E COMPARTIMENTAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS CAIUÁ E SERRA GERAL NO NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ. 01/07/2004. 1v. 94p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

117. DENISE FERNANDES. IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS POR EFLUENTES DE CARCINICULTURA. 01/11/2004. 1v. 182p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - GEOLOGIA

118. EDMILSON DE SOUZA ROSA. AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO AQUÍFERO SÃO SEBASTIÃO NA FOLHA DE OLINDINA UTILIZANDO GEOFÍSICA DE POÇO E DE SUPERFÍCIE. 01/03/2004. 1v. 112p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - GEOFÍSICA

119. ALEXANDRE VASCONCELOS GOMES LOPES. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO AQUÍFERO FISSURAL DO MUNICÍPIO DE IGUARACI-PE. 01/09/2005. 1v. 105p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - GEOCIÊNCIAS

120. FERNANDA MARTINELLI COSTA. ANÁLISE POR MÉTODOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOQUÍMICOS DE FATORES CONDICIONANTES DO POTENCIAL HÍDRICO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS - ESTUDO DE CASOS NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG). 01/11/2005. 2v. 146p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - EVOLUÇÃO CRUSTAL E RECURSOS NATURAIS

121. FHÁBIO GLAYSON REIS PINHEIRO. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL POLUIDOR DE CURTUMES DO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI E INFLUÊNCIA SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS LOCAIS.. 01/01/2005. 1v. 149p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

122. GISELE CORRÊA DOS ANJOS. QUALIDADE DA ÁGUA FREÁTICA E DO SOLO NA ÁREA DESATIVADA DE UMA FÁBRICA DE IMUNIZANTES PARA MADEIRA - ANANINDEUA/PA.. 01/05/2005. 1v. 87p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

123. LEONARDO RIBEIRO TEDESCHI. “HIDROGEOQUÍMICA E HIDROGEOLOGIA DO RESERVATÓRIO NA CAVA DA MINA OSAMU UTSUNMI, COMPLEXO MINERO-INDUSTRIAL DO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS”. 01/08/2005. 1v. 234p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - ENGENHARIA AMBIENTAL

124. LUIS CARLOS FRANTZ. AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO GUARANI NO PERÍMETRO URBANO DA CIDADE DE SANTANA DO LIVRAMENTO - RS. 01/07/2005. 2v. 123p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - ENGENHARIA CIVIL

125. LUIS GOMES CARVALHO. APLICAÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS, SENSORES REMOTOS E GEOFÍSICOS PARA A PROSPECÇÃO HIDROGEOLÓGICA NA ÁREA DA CERVEJARIA TERESÓPOLIS LTDA., BACIA DO RIO CAPIM - TERESÓPOLIS (RJ).. 01/07/2005. 1v. 189p. Mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - GEOCIÊNCIAS

126. MANUELLE SANTOS GÓIS PAIXÃO. ANÁLISE DA ACURÁCIA DAS ESTIMATIVAS DE POSICIONAMENTO DO NÍVEL FREÁTICO E DOS TEORES DE UMIDADE DO SOLO COM O EMPREGO DOS MÉTODOS DE SÍSMICA DE REFRAÇÃO RASA E GEORADAR A PARTIR DE UM ESTUDO NO CAMPUS DA USP. 01/05/2005. 1v. 117p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOFÍSICA

127. MARCIO COSTA ALBERTO. FLUXO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM SISTEMA DE ENCOSTA-RIO, MUNICÍPIO DE PAULÍNIA (SP): CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E SIMULAÇÃO NUMÉRICA. 01/04/2005. 1v. 117p. Mestrado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

128. CARLOS AUGUSTO MAIA CARDOSO. ASPECTOS HIDROGEOLOGICOS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO JAGUARIBE, CEARÁ – BRASIL.. 01/06/2006. 1v. 100p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - GEOLOGIA

129. CARLOS EDUARDO ANDRADE GOMES BARRETO. BALANÇO HÍDRICO EM ZONA DE AFLORAMENTO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI A PARTIR DE MONITORAMENTO HIDROGEOLÓGICO EM BACIA REPRESENTATIVA. 01/05/2006. 1v. 249p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/SÃO CARLOS - ENGENHARIA HIDRÁULICA E SANEAMENTO

130. CLAUDETE BEZERRA DOS SANTOS. A POLÍTICA DA ÁGUA MINERAL E AVALIAÇÃO DO INDICADOR ENERGÉTICO-AMBIENTAL: UMA PROPOSTA DE POLÍTICA PÚBLICA PARA O MUNICÍPIO DE POÁ - SP.. 01/08/2006. 1v. 80p. Mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - ENGENHARIA CIVIL

131. ELISA DE SOUZA BENTO. HIDROGEOQUÍMICA E MODELO HIDROGEOLÓGICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BAIXO CURSO DO RIO MACAÉ, MUNICÍPIO DE MACAÉ-RJ. 01/08/2006. 1v. 180p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GEOLOGIA

132. ELISEU ROMERO CAMPELO CORREIA. CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUÍFERO BOA VIAGEM NO MUNICÍPIO DO RECIFE - PE - MÉTODO GOD.. 01/03/2006. 1v. 89p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - GEOCIÊNCIAS

133. FELIPE DE SOUZA MOITTA KOURY. A VIABILIDADE ECONÔMICA E TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA REGIÃO DE BELÉM E ANANINDEUA. 01/10/2006. 1v. 116p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

134. GILZE BELEM CHAVES BORGES. AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA O MONITORAMENTO DE RECURSOS HIDROMINERAIS.. 01/12/2006. 1v. 245p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - ENGENHARIA DE ENERGIA

135. GIOVANI PAULO DE PAIVA. ESTIMATIVA DA RECARGA DE UMA MICROBACIA DO RIO PIRANGA (MG). 01/05/2006. 1v. 129p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - ENGENHARIA CIVIL

136. JOB JESUS BATISTA FILHO. A DINÂMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTUÁRIO DO RIO ITANHAÉM - LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO.. 01/08/2006. 1v. 126p. Mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - GEOCIÊNCIAS

137. ALESSANDRA DE BARROS E SILVA. CONECTIVIDADE E COMPARTIMENTAÇÃO MAGNÉTICA-ESTRUTURAL DOS SISTEMAS AQUÍFEROS SERRA GERAL E GUARANI NA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DO PARANÁ. 01/03/2007. 1v. 120p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

138. ALINE VILAS BOAS DE SOUZA. ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA FINS DE IRRIGAÇÃO NA BACIA DO RIBEIRÃO SALOBRA EM TERENOS-MS.. 01/11/2007. 1v. 51p. Mestrado. FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL - TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

139. ANA PAULA SILVA CAMPOS. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE POLUIÇÃO NO SOLO E NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DECORRENTE DA ATIVIDADE CEMITERIAL.. 01/07/2007. 1v. 141p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - SAÚDE PÚBLICA

140. ANELIZE MANUELA BAHNIUK. CONTROLES GEOLÓGICOS DA CARSTIFICAÇÃO EM METADOLOMITOS DE IDADE NEOPROTEROZÓICA, DA GRUTA DE BACAETAVA, REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA, BRASIL. 01/05/2007. 1v. 120p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

141. CLAUDIO ANTONIO LEAL. GEOFÍSICA APLICADA NA AVALIAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS E MEIO AMBIENTE NA ZONA COSTEIRA DO CAMPO PETROLÍFERO DE FAZENDA ALEGRE, NORTE CAPIXABA, ESPÍRITO SANTO. 01/12/2007. 1v. 135p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

142. DANIEL MURILLO MONTOYA. ANÁLISE HIDROGEOLÓGICA, COM ÊNFASE NA APLICAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS, DO AQUÍFERO COSTEIRO NA BACIA HIDROGRÁFICA DE PLAYA PANAMÁ, PROVÍNCIA DE GUANACASTE, COSTA RICA. 01/03/2007. 1v. 128p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

143. DEBORAH TERREL. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE CAULIM: IMPACTOS E PERSPECTIVAS DE REMEDIÇÃO, MUNICÍPIO DE MOGI DAS CRUZES, SP. 01/10/2007. 1v. 101p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

144. ELENE ZAVOUDAKIS. IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA FREÁTICA EM ÁREAS DE VITÓRIA, ES. 01/02/2007. 2v. 221p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - ENGENHARIA AMBIENTAL

145. ELIAS HIDEO TERAMOTO. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE FLUXO EM UMA REGIÃO SITUADA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE PAULÍNIA (SP). 01/04/2007. 1v. 95p. Mestrado. UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO - GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

146. AGLAIA TRINDADE BRANDÃO. ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA E HIDROGEOLÓGICA DA FORMAÇÃO SÃO SEBASTIÃO NO CAMPO DE ARAÇÁS, BACIA DO RECÔNCAVO – BAHIA.. 01/08/2008. 1v. 125p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - GEOLOGIA

147. ALEXANDER BITTENCOURT. ESTUDO SOBRE A TIPOLOGIA DAS ÁGUAS E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO EXTREMO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ.. 01/04/2008. 1v. 79p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - GEOLOGIA

148. BERGUEDOF ELLIOT SCIULLI. "REMEDIÇÃO DO COMPOSTO TETRACLOROETENO EM SUBSUPERFÍCIE ATRAVÉS DO PROCESSO DE OXIDAÇÃO QUÍMICA IN SITU (ISCO)". 01/08/2008. 1v. 128p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)

149. CAUE BIELSCHOWSKY. AVALIAÇÃO DE MÉTODOS INVESTIGATIVOS GEOAMBIENTAIS E MODELAGEM NUMÉRICA HIDROGEOLÓGICA EM ÁREA CONTAMINADA POR BENZENO. 01/03/2008. 1v. 139p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GEOLOGIA

150. CHRISTIAN GARCIA SERPA. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS FATORES CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS NO CICLO MORFODINÂMICO PRAIAL DE UM SANGRADOIRO INTERMITENTE, PRAIA DO CASSINO, BRASIL.. 01/12/2008. 1v. 97p. Mestrado. FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - ENGENHARIA OCEÂNICA

151. ERI TAKEUCHI. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA RBCA PARA O MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE: DEFINIÇÃO DE NÍVEIS ACEITÁVEIS BASEADOS NO RISCO PARA HIDROCARBONETOS. 01/03/2008. 1v. 157p. Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - GEOCIÊNCIAS

152. FABIANA PEREIRA COELHO. INTEGRAÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS, HIDROGEOLÓGICOS E GEOFÍSICOS NA PROSPECÇÃO DE ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO SERGIPANO.. 01/12/2008. 1v. 114p. Mestrado. OBSERVATÓRIO NACIONAL - GEOFÍSICA

153. FERNANDO MACHADO ALVES. "TECTÔNICA RÚPTIL APLICADA AO ESTUDO DE AQUÍFERO EM ROCHAS CRISTALINAS FRATURADAS NA REGIÃO DE COTIA, SP". 01/08/2008. 1v. 116p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (GEOQUÍMICA E GEOTECTÔNICA)

154. GIOVANNA CRISTINA SETTI GALANTE. "PLUMAS DE CONTAMINAÇÃO POR HIDROCARBONETOS EM DIFERENTES CENÁRIOS HIDROGEOLÓGICOS PAULISTAS". 01/08/2008. 1v. 133p. Mestrado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - GEOCIÊNCIAS (RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA)