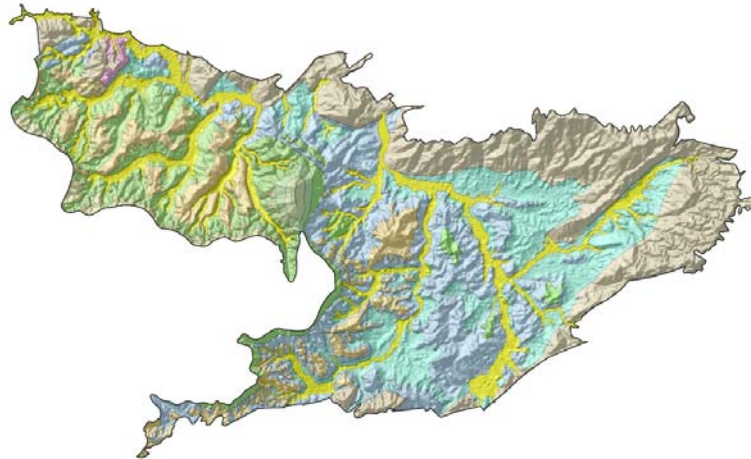




## Rede Cooperativa de Pesquisa

# COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO



## *HIDROGEOLOGIA DA PORÇÃO ORIENTAL DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE*

### Meta E

## Suporte ao Planejamento e a Gestão das Águas Subterrâneas

Outubro / 2007

Ministério de  
Minas e Energia

Ministério da  
Ciência e Tecnologia



**Rede Cooperativa de Pesquisa**

**COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO  
SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**

***HIDROGEOLOGIA DA PORÇÃO ORIENTAL DA BACIA  
SEDIMENTAR DO ARARIPE***

**Meta E**

**Suporte ao Planejamento e a  
Gestão das Águas Subterrâneas**

Execução:

**Universidade Federal do Ceará - UFC**

Outubro / 2007

## REDE COOPERATIVA DE PESQUISA

### **COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**

#### **Coordenação:**

Período 2004/2005 – Dr. *Waldir Duarte Costa*

Período 2006/2007 – MSc. *Fernando A. C. Feitosa*

#### **Instituições Participantes:**

##### **Serviço Geológico do Brasil – CPRM**

Coordenação: MSc. *Fernando A. C. Feitosa*

MSc. *Jaime Quintas dos Santos Colares*

##### **Universidade Federal da Bahia – UFBA**

Coordenadora: Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz

##### **Universidade Federal de Campina Grande – UFCG**

Coordenador: Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan

##### **Universidade Federal do Ceará – UFC**

Coordenadora: Dra. Maria Marlúcia Freitas Santiago

##### **Universidade Federal de Pernambuco – UFPE**

Coordenador: Dr. José Geilson Alves Demetrio

##### **Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN**

Coordenador: Dr. José Geraldo de Melo

---

---

#### **Bacia Sedimentar do Araripe**

##### *Hidrogeologia da Porção Oriental da Bacia Sedimentar do Araripe*

##### **Meta A – Relatório Diagnóstico do Estado da Arte**

Autores: MSc. Liano Silva Veríssimo - CPRM

MSc. Robério Boto de Aguiar - CPRM

##### **Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos**

##### **Item 1 – Revisão Geológica**

Autores: MSc. Jaime Quintas dos Santos Colares – CPRM

MSc. Robério Boto de Aguiar – CPRM

MSc. Liano Silva Veríssimo - CPRM

Ricardo de Lima Brandão – CPRM

### **Item 1 – Levantamento Geofísico por Eletrorresistividade**

Autores: Dr. Raimundo Mariano Gomes Castelo Branco – LGPSR - UFC  
Dr. David Lopes de Castro - LGPSR - UFC  
MSc Mauro Lisboa Souza - LGPSR - UFC  
MSc. Tércyo Rinaldo Gonçalves Pinéo – LGPSR - UFC

### **Meta C – Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos**

#### **Item 1 – Seleção de pontos d água**

Autores: MSc. Robério Boto de Aguiar - CPRM

#### **Item 2 – Nivelamento dos pontos d água**

Autores: MSc. Robério Boto de Aguiar - CPRM

#### **Item 3 – Mapas potenciométricos**

Autores: MSc. Robério Boto de Aguiar - CPRM

#### **Item 4 – Balanço hídrico**

Autores: Dra. Sônia Maria Silva Vasconcelos – Dept. de Geologia/UFC  
MSc. Robério Bôto de Aguiar – CPRM  
Dr. João Manoel Filho - Consultor

#### **Item 5 – Construção de piezômetro**

Autores: MSc. Robério Bôto de Aguiar – CPRM  
MSc. Liano Silva Veríssimo - CPRM

#### **Item 6 – Teste de aquífero**

Autores: MSc. Walber Cordeiro – Geoplan  
Manuel Pereira da Costa - Geoplan  
MSc. Robério Bôto de Aguiar – CPRM

#### **Item 7 – Modelos hidrogeológicos**

Autores: Dr. Marco Aurélio Holanda de Castro – Dept. de Eng. Hidr. e Ambiental/UFC  
MSc. Carlos Roberto M. Leal Júnior – Dept. de Eng. Hidr. e Ambiental/UFC  
MSc. Cláudio Damasceno de Souza - Dept. de Eng. Hidr. e Ambiental/UFC

#### **Item 8 – Reservas, recursos, potencialidade e disponibilidade**

Autores: Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - Dept. de Geologia/UFC

### **Meta D – Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade**

#### **Item 1 – Estudos hidroquímicos e isotópicos**

Autores: Dra. Maria Marlúcia Freitas Santiago – Dept. de Física/UFC.  
Dra. Carla Maria S. Vidal Silva - Dept. de Física/UFC  
Dr. Horst Frischkorn – Dept. de Engenharia Hidráulica e Ambiental/UFC  
Dr. Josué Mendes Filho - Dept. de Física/UFC

**Item 2 – Estudos de Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação**

Autores: MSc. Liano Silva Veríssimo - CPRM

**Meta E – Suporte ao Planejamento e a Gestão das Águas Subterrâneas**

Autores: Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - Dept. de Geologia/UFC

**Meta F – Estruturação e Alimentação da Base de Dados em SIG**

Coordenação: Francisco Edson Mendonça Gomes – CPRM

Equipe: Erivaldo da Silva Mendonça – CPRM

Érika Gomes de Brito – CPRM

Antônio Celso Rodrigues de Melo – CPRM

Vicente Calixto Duarte Neto – CPRM

# HIDROGEOLOGIA DA PORÇÃO ORIENTAL DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

## Meta E Suporte ao Planejamento e a Gestão das Águas Subterrâneas

### SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	1
<b>1. SUPORTE AO PLANEJAMENTO E A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b>	3
1.1. Zoneamento Explotável e atualização do inventário de pontos d'água	4
1.2. Monitoramento dos Aqüíferos e Riscos á Poluição	4
1.3. Legislação das Águas Subterrâneas	8
<b>2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	10
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	
1. Mapa de localização da bacia sedimentar do Araripe e da área do Projeto	2
<b>SIGLAS E ABREVEATURAS</b>	
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CE	Ceará
COGERH	Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará,
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
OMS	Organização das Nações Unidas
PE	Pernambuco
PI	Piauí
SAAEC	Serviço Autônomo de Água e Esgoto do Crato
SIGERH	Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFCEG	Universidade Federal de Campina Grande
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte

## INTRODUÇÃO

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil, firmou junto ao Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, responsável pela implementação do Fundo Setorial de Recursos Hídricos, o convênio 01.04.0623.00 denominado Comportamento das Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro.

Essa parceria tem como objetivo levantar, gerar e disponibilizar informações sobre a ocorrência, potencialidades, circulação e utilização das águas subterrâneas em bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste.

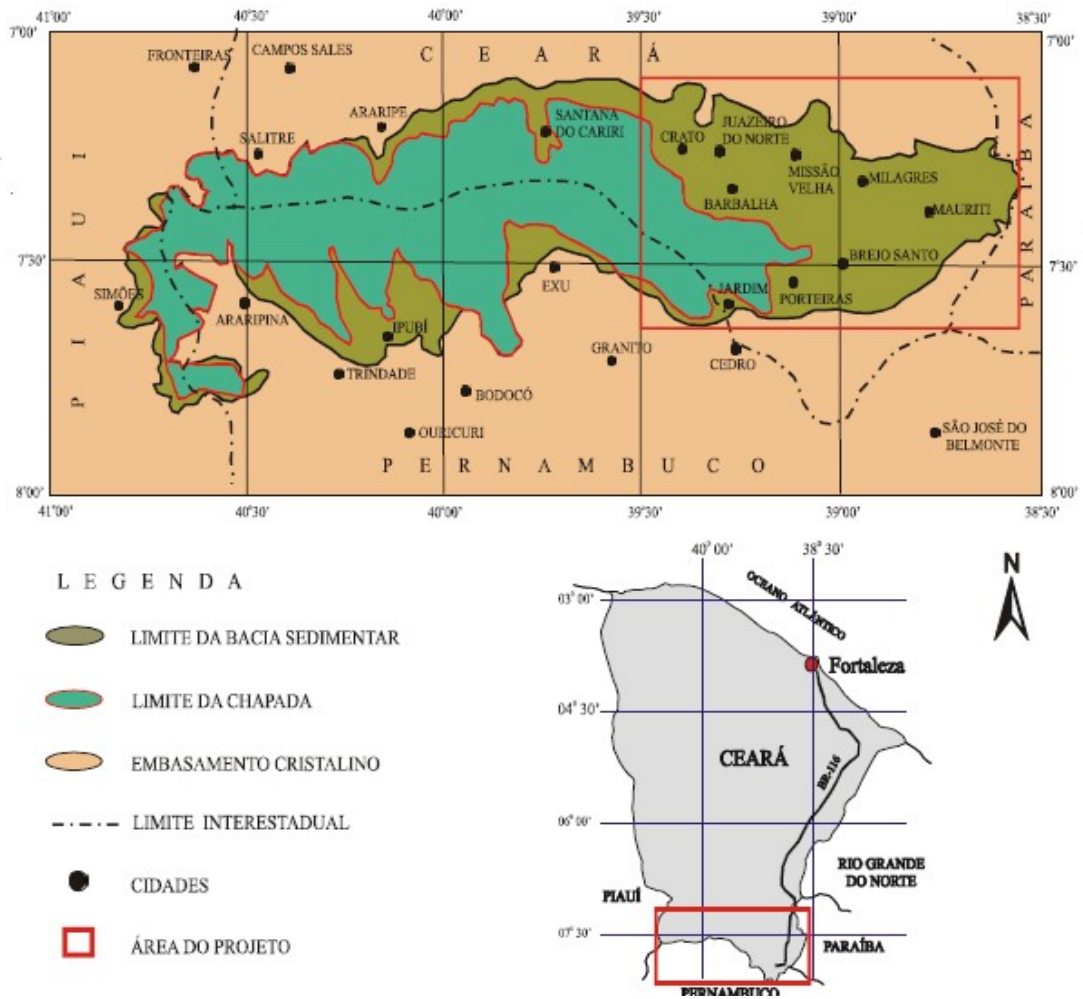
Participam também deste convênio, formando uma rede cooperativa de pesquisa, as seguintes instituições: Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

O presente documento corresponde a Meta E - Suporte ao Planejamento e a Gestão das Águas Subterrâneas, da Bacia Sedimentar do Araripe.

A Bacia Sedimentar do Araripe localiza-se no alto sertão nordestino, tem uma área de aproximadamente 11.000 km<sup>2</sup>, sendo delimitada pelas coordenadas geográficas: 38° 30' a 41° 00' de longitude oeste de Greenwich e 7° 10' a 7° 50' de latitude sul, englobando parte dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, constituindo-se no divisor de águas das bacias hidrográficas dos rios Jaguaribe (CE) ao norte, São Francisco (PE) ao sul e Parnaíba (PI) a oeste.

A Bacia Sedimentar do Araripe é constituída por um vasto planalto, a Chapada do Araripe, e por planícies que circundam a chapada com desníveis que chegam a 400m. Nesta região, o recurso hídrico subterrâneo é a mais importante fonte de água potável para abastecimento público e privado, bem como para diversas atividades, tais como práticas agrícolas, industriais e lazer.

A área de interesse do projeto corresponde a porção oriental (leste) da Bacia Sedimentar do Araripe, com cerca de 6.500 km<sup>2</sup> (Figura 1), sendo delimitada pelas coordenadas geográficas de 38°30' a 39° 28' de longitude oeste de Greenwich e de 7° 05' a 7°40' de latitude sul. Nela estão localizadas as três principais cidades da região do cariri cearense, que são Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, além de Missão Velha, Brejo Santo, Mauriti, Milagres, Porteiras, Penaforte, Jardim, Abaiara e Jati.



**Figura 1 - Mapa de localização da bacia sedimentar do Araripe e da área do Projeto.**



## 1. SUPORTE AO PLANEJAMENTO E A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os recursos hídricos representam um vetor de extrema importância no desenvolvimento político-sócioeconômico da humanidade. À medida que aumenta a densidade populacional e industrial, aumenta a necessidade de água potável e os reservatórios de água superficial não conseguem atender a demanda solicitada (Cavalcante, 1998).

Atualmente, a água subterrânea vem sendo cada vez mais solicitada para consumo humano, indústria e agricultura. Não obstante a importância que a água representa para a vida, ela vêm sendo intensamente degradada em seus aspectos qualitativos pela ação do homem, que no afã do desenvolvimento não respeita o meio hidro-ambiental.

A política do desenvolvimento sustentável no âmbito dos recursos hídricos busca a utilização racional da água, sob a ótica de um manejo integrado dos mananciais superficial e subterrâneo, associada de forma harmônica com o meio ambiente, de forma a garantir este recurso mineral com quantidade e qualidade para as gerações futuras. Os problemas advindos da utilização predatória do meio ambiente, particularmente da água, são discutidos a nível mundial na busca de soluções (Cavalcante & Matta, 2007).

Água é o termo utilizado para designar um elemento natural e sem utilização pelo homem, ocorrendo de forma disseminada na natureza. A partir do momento em que esse elemento para a ter uma destinação transforma-se, então, em um recurso, especificamente, recurso hídrico (Frangipani, 1999; Cavalcante & Frangipani, 2000). Frangipani (op. Cit.) ressalta que existe uma aparente confusão entre planejamento e gestão (gerenciamento), quando se coloca o planejamento como atividade de gerenciamento, na verdade, quando se gerencia o que é implantado através de um planejamento.

O planejamento deve focar o aproveitamento dos recursos hídricos partindo-se da premissa do desenvolvimento sustentável e enfocando os usos múltiplos da água. Levará em consideração o conhecimento real das reservas e disponibilidades dos recursos hídricos, dispondo de um Banco de Dados com o máximo de dados possível, seja dos reservatórios superficiais (açudes e/ou lagos) ou poços tubulares e, desde que possível alimentado em tempo real. No caso específico de poços, deve ser ressaltada a necessidade maior dos dados de potencialidade hidrogeológica e dados técnico-construtivos das obras de captação, associados com dados de qualidade de água, observando-se que, inúmeras vezes, não se têm os dados de parâmetros hidrogeológicos e, conseqüentemente, existe a dificuldade do dimensionamento da capacidade de oferta do aquífero (Cavalcante & Matta, 2007).

Deverá dispor, ainda, dos números de habitantes na área de execução do projeto, indústrias, tomadas para irrigação ou quaisquer que sejam os usuários, bem como das demandas hídricas em tempo real. Um zoneamento das disponibilidades *versus* oferta/demanda é importante para o desenvolvimento de planos objetivando o atendimento das demandas a serem implantadas a curto, médio e longo prazos. O dimensionamento do balanço hídrico, associado ao quadro de oferta/demanda, deverá ser realizado com previsões para períodos normais, secos e chuvosos. As previsões de conflitos de uso devem sempre constar no planejamento de recursos hídricos, particularmente em áreas problemáticas, ou seja, de litígios políticos ou de escassez de água.

O planejamento dos recursos hídricos tem por base a Bacia Hidrográfica (BH), conforme mencionado anteriormente e, assim sendo, pode ser executado em nível regional, estadual ou nacional. A gestão desses recursos deve ser executada dentro das premissas do conhecimento

técnico, das legislações específicas e por instituições capacitadas. O conhecimento técnico deve ser gerado à medida que forem sendo desenvolvidos projetos técnicos com posterior formação de Bancos de Dados e, a partir daí, geradas as informações necessárias.

### **1.1 Zoneamento Explotável**

Mesmo sabendo que a água constitui um dos principais elementos para a sobrevivência das espécies, o homem não a valoriza na prática do dia-a-dia, esquecendo que ainda não existe nenhum outro elemento que possa substituí-la e, assim, a polui cada vez mais em menor tempo, revertendo o quadro natural e sem o conhecimento, ou pela própria ignorância, poluindo aquela que lhe mantém vivo.

Mais de 50% da população mundial se encontra em grandes centros urbanos e isto faz com que exista a degradação qualitativa dos mananciais superficiais de águas potáveis. O papel das águas subterrâneas, captada através de poços tubulares, como fator estratégico de abastecimento torna-se relevante, tendendo a desenvolver-se cada vez mais rapidamente à medida que são estudadas de forma integrada com o meio ambiente e a ocupação do meio físico.

Um dos princípios básicos que norteia qualquer estudo hidrogeológico para planejamento e gestão da água, é o correto dimensionamento de oferta e demanda dos recursos hídricos. Porém, na hidrogeologia nem sempre é fácil o dimensionamento da oferta, ou seja, o cálculo de reservas e disponibilidades. Isso ocorre em função dos aspectos geológicos envolvidos ou do uso e ocupação do solo, que quase sempre resulta em interferência antrópica sobre a qualidade das águas armazenadas em sub-superfície.

Zoneando-se a ocorrência da água subterrânea em dois distintos meios de ocupação física, rural e urbano, temos que, no primeiro, o elemento mais preocupante é a poluição decorrente do uso de agrotóxicos e fertilizantes, enquanto que no meio urbano existem diversas fontes potencialmente poluidoras que, seguramente, causam impactos negativos a captação das águas subterrâneas, entre os quais podemos enumerar: a construção sem critérios técnicos do poço; aspectos negativos da ausência de obras de esgotamento sanitário; águas superficiais poluídas; postos de serviço; disposição de resíduos domésticos e industriais; cemitérios; vulnerabilidade natural do meio físico.

Em termos de potencialidade, a área de estudo pode ser vista como tendo o Sistema Aquífero Médio como o mais promissor e o mais explotado para todas as atividades do Cariri. Estima-se que 95% de toda a água utilizada na região provenham do subsolo. O zoneamento de explotabilidade mostra que as maiores atividades estão atreladas aos grandes centros urbanos (consumo humano) e a prática da agricultura. As vazões alcançadas pelos poços tubulares utilizados pela CAGECE e SAAEC alcançam até 300 m<sup>3</sup>/hora/poço, reflexo da grande potencialidade hídrica dos corpos armazenadores.

### **1.2 Monitoramento dos Aquíferos e Riscos à Poluição**

O planejamento dos recursos hídricos (superficial e subterrâneo) deve considerar o uso integrado das reservas, recursos e disponibilidades de água, associados a qualidade hídrica, ocupação do meio físico, uso e proteção (Cavalcante, 1998). O monitoramento dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos é fundamental para o discernimento de qualquer situação no decorrer de planejamento e gestão das águas.

Somente o monitoramento, principalmente em tempo real, poderá fornecer ao gestor os elementos de decisão técnica sobre a oferta, evitando o surgimento e/ou a generalização de situações que possam se transformar em super-explotações, quadros generalizados de poluição, agravamento de uma intrusão salina ou avanço de situações de conflito pelo uso da água. Qualquer destas situações implicará em modificações de demandas e, conseqüentemente, redução de oferta hídrica.

A saúde das pessoas está diretamente associada à qualidade da água consumida. Segundo estudos da ONU (Agenda 21, 1992), calcula-se que 80% das doenças dos países em desenvolvimento são veiculadas através de água contaminada. Daí ser extremamente importante o conhecimento da qualidade das águas de uma região, particularmente urbana, através de análises físico-químicas e bacteriológicas, que se constitui num mecanismo para caracterizá-las quanto à composição química, potabilidade e direcionamento de usos.

É comum em áreas urbanas densamente ocupadas e com ausência de saneamento básico, diagnosticar-se o íon nitrato, que representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica proveniente de resíduos da atividade humana, acima dos limites permissíveis pela OMS ( $10 \text{ mg/L N-NO}_3 = 45 \text{ mg/L NO}_3$ ), principalmente nos aquíferos rasos. A forma  $\text{NO}_3$  tem sido usada para se conhecer o nitrogênio inorgânico, embora também indique a presença de matéria orgânica, já que corresponde ao estágio final da decomposição de produtos protéicos. Isto é extremamente preocupante, a partir do conhecimento dos problemas causados por este elemento para a população infantil inferior a noventa dias de vida advindos da metahemoglobinemia (doença azul), potencialmente fatal para crianças desta faixa etária.

Outro fator que altera a qualidade das águas é a presença de aterros sanitários, na grande maioria das vezes sendo simplesmente lixões. O chorume oriundo dos mesmos migra para águas superficiais e subterrâneas e, no geral, as águas captadas pelas comunidades periféricas encontram-se poluídas. Trabalhos hidrogeológicos realizados em áreas próximas a lixões mostram que existe uma forte tendência de poluição das águas subterrâneas (Cavalcante & Sabadia, 1992; Cavalcante, 1998; Pastana, 2001). Observa-se que ainda não existem trabalhos hidrogeoquímicos na área, mesmo observando-se a existência de lixões sobrepostos aos litotipos clásticos e em áreas de recarga.

O conhecimento do caráter da renovabilidade das águas subterrâneas e das direções de fluxo são extremamente importantes no planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos. Assim, a caracterização dos fatores responsáveis pela maior ou menor renovabilidade e pelas mudanças de direções de fluxo hídrico deve ser objeto de pesquisa em qualquer estudo que anteceda o planejamento e gestão das águas.

É necessário que se estabeleça um coeficiente entre oferta e demanda de água para que o gestor tenha conhecimento prático da situação existente na área trabalhada, sendo este conhecido como “coeficiente de uso das águas”, obtido entre a relação demanda hídrica/resposta dos mananciais. Quando este coeficiente é superior a 15% deve ser observado que a situação de um país, ou estado, é considerada problemática. No Brasil, em função da área territorial e distribuição hídrica, este coeficiente é inferior a 5% em 70% do país, ficando entre 5% e 10% em 27% do território brasileiro e entre 10% e 17% em somente 3% do Brasil refletindo, portanto, uma situação confortável para o país.

Um outro coeficiente adotado pela Organização das Nações Unidas – ONU refere-se a relação oferta/demanda sendo que, quando a oferta for inferior a 500 m<sup>3</sup>/hab/ano a situação é de escassez hídrica; quando ficar entre 500 e 1700 m<sup>3</sup>/hab/ano a situação é de estresse hídrico e, finalmente, quando for superior a 1700 m<sup>3</sup>/hab/ano tem-se uma situação confortável de oferta de água.

Um poço tubular é uma obra de engenharia hidrogeológica, requerendo para a sua construção um projeto técnico, onde o conhecimento hidrogeológico local é de extrema importância para fundamentar a correta locação, perfuração, completação, desenvolvimento e teste de bombeamento.

A construção de poços sem critérios técnicos favorece a poluição das águas subterrâneas mais profundas. Estes poços são mais susceptíveis à captação de águas pouco profundas poluídas. Levando-se em conta que atualmente o uso desordenado do espaço físico associado a ausência de obras de saneamento básico constitui um sério problema para as águas subterrâneas, particularmente no meio urbano, é muito comum se encontrar poços tubulares construídos sem nenhum critério quanto a distância mínima entre poço/fossa recomendado pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Consequentemente existe o risco potencial de se captar águas poluídas com nitrato, entre outros elementos, que representa o principal poluente das águas subterrâneas em centros urbanos.

Em áreas urbanas de elevada densidade populacional é difícil a aplicação de critérios técnicos associados a perímetro de proteção do poço, que inúmeras vezes se traduz em distância mínima entre poço/fossa. Assim, prioridade máxima deve ser dada ao projeto construtivo do poço, com aplicação dos critérios recomendados pelas normas técnicas da ABNT que norteiam a construção eficiente da obra de captação.

A ausência de saneamento básico leva a população a utilizar-se de fossas sépticas, que em função da oscilação sazonal do nível freático podem transformar-se em fossas negras. Neste caso, a função depuradora do sistema aquífero passa a ser mínima, ou sequer existir. Para áreas que possuem um nível estático raso (freático), as águas subterrâneas podem sofrer os impactos desta carga poluente, a exemplo do contexto do Sistema Aquífero Médio que apresenta uma alta vulnerabilidade..

É comum se observar espelhos d'água e/ou drenagens totalmente poluídas no contexto urbano, representando verdadeiros esgotos a céu aberto, quando a população não se tem consciência da importância da água e utiliza os mananciais como depósito de lixo. Exemplos podem ser visualizados em cidades de Juazeiro do Norte e Crato, dentre outras. Os custos com programas de recuperação desses corpos são extremamente altos e, inúmeras vezes, sem alcançar a finalidade máxima que é a completa recuperação dos corpos hídricos e do meio ambiente.

Há pelo menos duas décadas, o problema de poluição das águas subterrâneas a partir dos postos de serviço (postos de combustíveis) tornou-se de caráter mundial, particularmente desenvolvido nos Estados Unidos em meados dos anos 70 quando foram diagnosticados centenas de casos. Os tanques subterrâneos armazenadores de combustíveis se constituem em risco potencial, muitas vezes efetivo, de poluição para as águas subterrâneas, particularmente pelas quantidades estocadas e pela dispersão espacial das fontes e dos produtos estocados (Cavalcante & Sabadia, 1992).

O cadastro realizado na área de estudo mostra que existe um número considerável de postos de serviço. No entanto não existe nenhum procedimento técnico relativo ao monitoramento dos impactos causados pela liberação de efluentes líquidos a partir dos mesmos quando, em alguns casos, o posto de serviço está localizado extremamente próximo a drenagens superficiais e/ou em áreas de alta vulnerabilidade à poluição dos corpos aquíferos.

Em termos hidrogeológicos é recomendável a implantação de aterros sanitários em locais com baixa permeabilidade, pequenos gradientes hidráulicos e elevado poder de sorção (adsorção e absorção). Geralmente se tem problemas advindos da produção excessiva de efluentes líquidos (chorume), no geral poluentes em potencial do ponto de vista físico-químico e bacteriológico, que precisam ser tratados e dispostos de forma sanitária adequada. Infiltrações da água de chuva nos aterros sanitários produzem chorume pelo menos durante 30 ou 40 anos de sua existência (Freeze & Cherry, 1979).

Existe o risco efetivo de poluição das águas pelo chorume oriundos de lixões e aterros sanitários e faltam, no geral, estudos técnicos específicos para avaliar os impactos poluidores. À medida que ocorre o desenvolvimento e a urbanização da região circunvizinha por condomínios residenciais, favelas e conjuntos populares, associado a prática de captação de água subterrânea por cacimbas e poços tubulares, aumenta a necessidade de um diagnóstico das condições qualitativas das águas e dos processos de interações entre águas superficiais e subterrâneas e, se necessário, a implementação de medidas preventivas ou corretivas.

Dentre os aspectos ambientais, está o risco potencial de contaminação das águas subterrâneas por micro-organismos, que proliferam durante a decomposição dos corpos, e elementos químicos diversos. No geral, a localização dos cemitérios nem sempre obedece a projetos fundamentados em estudos geológicos e hidrogeológicos.

Os organismos mais susceptíveis a transmitirem doenças de veiculação hídrica são *Clostridium* (tétano, gangrena gasosa, toxi-infecção alimentar), *Mycobacterium* (tuberculose), as enterobactérias *Salmonella typhi* (febre tifóide), *Salmonella paratyphi* (febre paratifóide), *Shigella* (disenteria bacilar) e o vírus da hepatite A (Pacheco et al, 1988)

A técnica de análise de proteção das águas subterrâneas através de Perímetros de Proteção de Poços (PPP) é considerada eficiente para aquíferos simples, homogêneos e isotrópicos. Porém, deve ser ressaltado que a análise deve focar contextos específicos, haja vista que em áreas urbanas com elevada densidade populacional e grande incidência de poços, onde praticamente não existe uma distância mínima entre poços que seja obedecida, ocorre uma grande dificuldade no traçado do PPP, podendo gerar recomendações não aceitáveis sob o ponto de vista prático sobre perímetros de proteção (Cavalcante, 1996; 1998).

O mapeamento do grau de vulnerabilidade natural do sistema aquífero, associando-se as características hidrogeológicas com os aspectos hidro-ambientais, sócioeconômicos, uso e importância da água sob uma visão sistêmica, é recomendável, sendo mais adequada ao planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos. Integrando os fatores intervenientes para preservação das características naturais do meio, conduzirá ao estabelecimento de zonas de proteção dos sistemas aquíferos, associadas a existência do risco de degradação dos aspectos qualitativos e/ou quantitativos da água por atividades potencialmente poluidoras.

É recomendável avaliar o grau de autodepuração existente na zona não saturada, considerada como o principal meio de retenção das cargas poluidoras. No geral, se trabalha com poluição e/ou contaminação das águas subterrâneas de modo efetivo, já que praticamente não existe o monitoramento preventivo na primeira zona (zona sub-saturada) a ser atravessada pela carga poluente.

### **1.3 Legislação das Águas Subterrâneas**

Como recurso mineral esgotável, vulnerável e essencial à sobrevivência das espécies, a água necessita de um aparato legal capaz de garantir a equidade dos direitos sobre ela.

A necessidade crescente no país de uma legislação mais adequada às suas aspirações políticas levou a criação do Código de Águas através do Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, que veio regular de forma mais ampla questionamentos que constituíam objeto de alguns dispositivos de Código Civil, mas referentes ao direito de posse para uso.

O Código das Águas estabeleceu através de vários dispositivos, a proteção dos recursos hídricos com vistas à salubridade pública e à proteção da flora e fauna aquáticas. O Código Penal então, em vigência aprovado pelo Decreto Lei nº 2848 de 07 de dezembro de 1940, prevê apenas a proteção das fontes de água potável. O Código Nacional de Saúde, estabelecido através de Decreto nº 9.974-A, de 21 de janeiro de 1961, tratou da proteção contra a poluição das fontes e dos recursos hídricos que se destinavam ao estabelecimento.

A atual Constituição Federal foi recentemente regulamentada em seus artigos específicos aos recursos hídricos pela Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Com isto, ocorreu uma significativa modificação ao texto básico do Código de Águas, elevando os recursos hídricos a uma condição de estadualidade e municipalidade no direito de dispor sobre as águas, que se represam ou se estendem sobre os seus territórios (C.F. Art. 26, I), embora tenha se reservado à União a competência privativa de legislar sobre os recursos hídricos (C.F. Art. 22, VI). Assim, as águas subterrâneas passaram a ser bens exclusivos dos Estados.

A Lei 9.433/97 também é aplicada às águas subterrâneas, onde se refere a “Recursos Hídricos” que remete as classes de corpos d’água à legislação ambiental. Através da Resolução nº 20 do CONAMA a legislação ambiental se refere ao enquadramento das águas superficiais, criando assim um conflito. Outro ponto desta lei que chama a atenção é o que usa a bacia hidrográfica como unidade de gestão dos recursos hídricos, embora o limite da bacia quase nunca coincida com limites dos aquíferos. A delimitação das bacias hidrográficas deveriam se compatibilizar com as bacias hidrogeológicas, o que praticamente não ocorre, e o que implica em que as águas subterrâneas não são devidamente contempladas pela lei federal dos recursos hídricos.

A Política de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, não obstante, principia normas e padrões de descentralização. O princípio da democracia, envolvendo os usos múltiplos e as diferentes formas de compartilhamento, também é assumido. Em 1992, pelo o Decreto da Lei nº 11.996, a Política Estadual foi reforçada com a instituição do Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos - SIGERH atendendo aos princípios fundamentais de gerenciamento, planejamento, cobrança do uso, outorga; princípios de aproveitamento e gestão dos recursos hídricos.

A instrumentalização do gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos é tratada pela política estadual cearense de maneira conjunta aos recursos hídricos superficiais, e o faz através da outorga de direito de uso para a “implantação de qualquer empreendimento” que consuma estes bens (Lei nº 11.996, Art. 4º). Neste ritmo define, dentre outras coisas, como infração às normas de utilização, o ato de “perfurar poços para extração de água subterrânea ou a operá-la sem a devida autorização” (Art. 4º, V).

O Decreto Lei nº 23.067, de 11 de fevereiro de 1994, no Ceará, regulamenta o Art. 4º da Lei nº 11.996, no que tange a outorga do direito de uso dos recursos hídricos baseando-se em princípios gerais, e define pontos técnicos básicos merecedores de destaque, tais como: “a não dissociação das fases meteorológicas, de superfície e subterrânea para efeito de outorga” (Art. 5º); “período de 24 horas para a descarga regularizadora da vazão nominal de teste de poço” (Art.6º, III) e a “capacidade de reserva do aquífero como sendo a reposição sazonal da água retirada ou evadida de reserva subterrânea”.

A evolução do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos no Ceará ocorre através da Portaria nº 68/94 de 15 de abril de 1994, da Secretaria dos Recursos Hídricos, em consonância com os artigos 4º e 40º da Lei nº 11.996/93 do Estado do Ceará, que aprovam a perfuração de poços com aproveitamento para fins de uso e aplicação e controle de qualidade, desde que tenha licença especial a ser fornecida pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, cuja finalidade é disciplinar as atividades de exploração das águas subterrâneas no Estado do Ceará.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTE, I. N – 1998 – *Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza Estado do Ceará*. Tese de Doutorado. IG/USP, São Paulo. 164p.

CAVALCANTE, I.N. - 1993 - *Qualidade das águas do município de Fortaleza - Ceará*.

GEOPLAN - Geologia e Planejamento Ltda. Projeto SANEAR. Fortaleza - CE. 22 p.

CAVALCANTE, I.N. & MATTA, M.A.S. – 2007 – *Gestão das Águas*. I Curso de Especialização à Distância. CG/UFPA. Belém/PA. 48p.

CAVALCANTE, I.N. & SABADIA, J.A.B. - 1992 - *Potencial hídrico subterrâneo: um bem mineral ameaçado pela poluição antrópica*. Rev. de Geologia. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. p. 115 - 124.

CAVALCANTE, I.N.; ARAUJO, A. L.; LEAL, S.E.C.; VASCONCELOS, S.A.; BIANCHI, L.- 1990 - *Qualidade das águas subterrâneas de Fortaleza - CE*. Revista de Geologia da UFC, Fortaleza – CE. v. 3. p. 89-97.

CAVALCANTE, I.N.; REBOUÇAS, A.C.; VERÍSSIMO, L.S. -1996 - *As águas subterrâneas do município de Fortaleza*. IX Congresso Bras. de Águas Subterrâneas. ANAIS. ABAS. Salvador - BA. 15 p.

CAVALCANTE, I.N.; TAJRA, A.A.; FRANGIPANI, A.; VERÍSSIMO, L.S. -1997 - *As águas subterrâneas do Estado do Ceará*. I Fórum Interamericano de Gestão de Recursos Hídricos. SRH/MMA/IICA. Fortaleza - CE. 12 p.

COSTA , W.D. – 1997 – *Uso e gestão de água subterrânea*. In: Feitosa, F.A.C. & Manuel Filho, J. (1997) – *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. CPRM. Cap. 14. p. 341 – 365.

COSTA, W.D. - 2001 - *Legislação de águas subterrâneas e gerenciamento de aquíferos*. XII Encontro Nac. de Perfuradores de Poços/IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. ABAS/Núcleo Pernambuco. Recife/PE. p77 - 82.

FRANCA, H.P.M. de - 2001 - *Monitoramento e gerenciamento de sistemas de produção de água subterrânea*. XII Encontro Nac. de Perfuradores de Poços/IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. ABAS/Núcleo Pernambuco. Recife/PE. p43 - 51.

HIRATA, C.A.H. – 1994 – *Fundamentos e estratégias da proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas. Estudos de casos no Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado. IG/USP. Inédita. São Paulo - SP. 195 p.

HIRATA, C.A.H.& REBOUÇAS, A.C. – 1996 – *Técnicas e estratégias para proteção dos recursos hídricos subterrâneos*. 3<sup>o</sup> Congresso Latinoamericano de Hidrología Subterrânea. ALHSUD. MEMORIAS. San Luis Potosi. México. Parte 6. p. 53 – 67.



LEAL, A.S. – 1999 – *As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidades e usos*. In ANEEL, MME/MMA/SRH/OMM/ONU (1999) – O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília/DF. p139-164.

PACHECO, A. – 1986 – *Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento*. Rev. Sist. Planej. Adm. Metropolitana. p. 17 – 25.

PACHECO, A.; MENDES, J.M.B.; HASSUDA, S.; – 1988 – *O problema geoambiental da localização de cemitérios em meio urbano*. 5º Congresso Bras. de Águas Subterrâneas. ANAIS. São Paulo - SP. p. 207 – 215.

PACHECO, A.; MENDES, J.M.B.; MARTINS, M.T.; HASSUDA, S.; KIMMELMANN, A.A. – 1990 – *Cemeteries – a potential risk to ground water*. Preprints International Seminar of Pollution, Protection and Control of Groundwater. Porto Alegre/RS. p. 85 –91.

REBOUÇAS, A.C. – 1973 – *La problème de l'eau dans la zona semi-aride du Brésil – Evaluation des ressources, orientation pour la mise en valeur*. Thèse de Docteur. L'Université Louis Pasteur de Strasbourg. France. Inédito. 291 p.

REBOUÇAS, A.C. – 1994 – *Fundamentos de Gestão de Aquíferos*. Curso Pré-Congresso – 2º Congresso Latino-Americano de Hidrología Subterrânea. ALHSUD. Santiago/Chile. 35 p.

REBOUÇAS, A.C. – 1994 – *Gestão sustentável dos grandes aquíferos*. 8º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. ABAS. Anais. Recife/PE. p131 – 139

REBOUÇAS, A.C. – 1996 – *Diagnóstico do Setor Hidrogeologia*. PADCT – MCT. CADERNO TÉCNICO. ABAS. São Paulo – SP. 46p.

REBOUÇAS, A.C. - 1997 – *Desenvolvimento e proteção das águas subterrâneas*. ABAS/MG. Rio de Janeiro – RJ. 13p.

SRH. Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará- 1992 - *Plano Estadual de Recursos Hídricos*. SRH. 4 vol. Fortaleza – CE.