

QUALIDADE DA ÁGUA NA CHAPADA DO ARARIPE E SUA VULNERABILIDADE

**Luiz Alberto Ribeiro Mendonça¹; Horst Frischkorn¹; Maria Marlúcia Freitas Santiago²
& Josué Mendes Filho²**

Resumo - No topo da Chapada do Araripe, parte da região do Cariri, no extremo sul do Estado do Ceará, apesar da chuva abundante, os cursos d'água superficiais são fracamente desenvolvidos devido a alta permeabilidade dos solos oriundos dos arenitos. É feita uma avaliação da vulnerabilidade à poluição do aquífero utilizando o método de Foster, baseado no tipo de aquífero, litologia e profundidade. Para avaliar a contaminação atual, foi feito um breve diagnóstico das condições sanitárias utilizando análises de amônia, nitrito, nitrato e bactérias do grupo coliformes nos “barreiros” (lagoas artificiais), “cacimbas” (poços escavados), poços tubulares e fontes originadas na escarpa da Chapada. Os resultados revelam que os barreiros estão em estado sanitário muito ruim e constituem a entrada principal de poluição para a água subterrânea.

Palavras-chave - hidrogeologia, hidroquímica, vulnerabilidade.

INTRODUÇÃO

No topo da Chapada do Araripe, devido a grande permeabilidade dos terrenos oriundos dos arenitos, os cursos d'água superficial são fracamente desenvolvidos. Mesmo poucas horas após eventos de alta pluviosidade, não encontra-se escoamentos superficiais ou água acumulada. Enfrenta-se, então, uma curiosa situação: apesar da elevada pluviosidade, comparável a da faixa costeira do Estado, água no topo da Chapada é escassa. Estas condições causaram uma ocupação tardia e esparsa do topo da Chapada e permitiram a implantação da primeira reserva florestal (FLONA – Floresta Nacional do Araripe – criada em 1946, com área de 38.262 hectares).

¹ Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC, Caixa Postal 6018, CEP 60451-970, Fortaleza, CE, Tel.: (085)288.9623, Fax: (085)288.9627 e E-MAIL: cariri@ufc.br.

² Departamento de Física da UFC, Tel.: (085)288.9913, Fax: (085)287.4138 e E-MAIL: marlucia@fisica.ufc.br.

O desmatamento na área não protegida levou a uma degradação ambiental marcante. Tentativas de conduzir a Chapada a um “uso economicamente mais eficiente” fracassaram. Culturas de grande escala de café e abacaxi foram introduzidas e desapareceram. Unicamente a bovinocultura extensiva sazonal com seus efeitos danosos sobre vegetação e solo é uma constante. Propostas de plantação de soja em grande escala não faltam. É notável que as fontes na falésia, que constituem o principal exutório das águas infiltradas no topo da Chapada, perderam vazão em uma medida surpreendente. De acordo com Kemper et al. (1995), a Fonte da Batateira diminuiu de 1490 m³/h em 1854 para 376 m³/h em 1993, sem que haja uma explicação convincente.

Neste trabalho objetiva-se utilizar o método proposto por Foster e Hirata (1991) para obtenção dos índices de vulnerabilidade do sistema aquífero no topo da Chapada do Araripe, indicando sua susceptibilidade a ser adversamente afetado por uma carga contaminante. Faz-se também um breve diagnóstico das condições sanitárias das águas de consumo das comunidades utilizando parâmetros químicos nitrogenados e bacteriológicos.

ÁREA DE TRABALHO

A Chapada do Araripe (Figura 1) possui uma área de aproximadamente 8000 km², constituída de um vasto planalto, a Chapada do Araripe (Figura 2), com elevação média de 800 m, e de uma planície, o Vale do Cariri, que se estende para leste, no sopé da Chapada, com desnível médio de 400 m. Ela é o divisor de água das bacias hidrográficas dos rios Jaguaribe (CE) ao norte, São Francisco (PE) ao sul e Parnaíba (PI) a oeste.

GEOLOGIA

A Chapada do Araripe é formada, no topo, por rochas areníticas pertencentes à formação Exu, com espessura que varia de 15m em Cacimbas/ Jardim (extremo leste) a 150m no IPA/ Araripina (extremo oeste). Abaixo da formação Exu encontram-se as rochas areníticas argilosas da formação Arajara e os folhelhos, calcários e gipsita da formação Santana.

Devido o tectonismo ocorrido na Bacia Sedimentar do Araripe, a área estudada apresenta diversas falhas geológicas, destacando-se: a falha de Jardim, nas localidades de Gravatá, Cacimbas e Baixa Grande, municípios de Jardim, Barbalha e Crato, respectivamente, com extensão de aproximadamente 34 Km por 400 m de largura (Marques et al. 1984) e as falhas que limitam o graben que deu origem à sub-bacia de

Serrolândia, compreendendo a comunidade de Serrolândia, município de Ipubí, a oeste do graben, e a localidade de Serra do Brejo, onde encontram-se perfurados os poços pioneiros 4-BO-01-PE, de 916 m de profundidade, e 2-AP-01-CE, de 1498m, nos municípios de Bodocó e Araripe, respectivamente, a leste do graben (Assine, 1992).

SOLOS

Os solos no topo da Chapada possuem características diferenciadas além de apresentarem diferentes padrões de cobertura vegetal e de ocupação agrícola. Em geral, são latossolos vermelho - amarelo profundos, bem drenados e com textura argilosa a média. No setor oriental da Chapada, que se estende de Jardim à Santana do Cariri e Exu, comportam-se como horizonte A proeminente, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, e no setor ocidental, correspondendo ao restante da Chapada, como horizonte A fraco, textura média, fase floresta caatinga.

CLIMATOLOGIA

O clima e o regime pluviométrico apresentam-se de forma diferenciada nos setores oriental e ocidental. Segundo a classificação de Koeppen, o clima é tropical chuvoso, no setor oriental, onde a precipitação média anual é de 1370 mm; no setor ocidental, o clima é quente e semi-árido e a precipitação média anual é de 750 mm. Desta forma, pode-se ver que a distribuição dos solos e da cobertura vegetal no topo da Chapada é resultado das condições climáticas.

HIDROGEOLOGIA

Do ponto de vista hidrogeológico, as formações Exu e Arajara compõem o Sistema Aquífero Superior, com permeabilidade média de 10^{-5} e 10^{-6} m/s respectivamente, e a formação Santana é um aquíclode (permeabilidade $\approx 10^{-10}$ m/s) que cimeta a base deste sistema aquífero (Figura 2).

A água subterrânea na Chapada do Araripe acumula-se no Sistema Aquífero Superior, no contato com o aquíclode Santana, com nível estático médio de 120 m e espessura saturada média de 30 m (DNPM, 1996).

Devido o suave mergulho da estrutura geológica, o fluxo da água subterrânea ocorre no sentido norte ou nordeste, levando a ocorrência da maioria dos exutórios para a falésia norte do setor oriental onde formam dois horizontes de fontes.

Na área que compreende a falha de Jardim, o aquífero Exu apresenta espessura reduzida e o nível estático encontra-se pouco profundo, da ordem de 3 m. Neste local, as

águas captadas por poços, cacimbas e barreiros são tipicamente do aquífero Arajara.

No setor oriental, extremo leste da chapada, o nível estático do Sistema Aquífero Superior encontra-se no aquífero Exu e no setor ocidental, extremo oeste, a profundidade do nível estático é maior, estando presente apenas no aquífero Arajara.

EXPLOTAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA CHAPADA

A exploração de recursos hídricos superficiais é feita através de escavações impermeabilizadas, chamadas “barreiros”, que, juntamente com as cisternas estocam água pluvial para o consumo humano. Já com relação aos recursos hídricos subterrâneos a exploração ocorre através das fontes que jorram na falésia e cuja água é bombeada para abastecer algumas comunidades no topo da Chapada (como é o caso dos distritos Dom Vital e Dom Leme, município de Santana do Cariri, abastecidos pelas fontes Roncador e Palmeiras respectivamente) e através da captação por poços para abastecer algumas comunidades, como no caso de Vila Cacimbas – Jardim/CE, Serrolândia – Ipubi/PE e Saco da Samambaia- Araripina/PE.

O saneamento básico das comunidades localizadas na Chapada é precário. Não há rede de abastecimento d’água e de esgoto e os resíduos sólidos são dispostos a céu aberto. Na vila Cacimbas, uma comunidade com cerca de 1.000 habitantes, atualmente está sendo construída uma rede de abastecimento d’água que consta de um poço de 50 m de profundidade, com vazão 6.000 L/h, associado a uma caixa d’água de 50.000 L. Nas proximidades desta comunidade, devido a baixa profundidade do lençol freático, há vários barreiros e cacimbas escavadas. A água do principal barreiro, conhecido como “Poço da Nação”, é utilizada para lavagem de roupa, consumo de animais e construção de casas. Segundo relatos da população, este barreiro nunca secou.

A aproximadamente 30 m do barreiro, há um cacimbão de 6 m de diâmetro e 5 m de profundidade, com nível da água a aproximadamente 3 m da boca, escavado em 1992 para abastecer a comunidade. Com a construção do poço profundo, o cacimbão passou a abastecer apenas o Sítio Cacimbas, uma comunidade com aproximadamente 30 pessoas, abastecida com uma vazão de 3.000 L/dia.

A comunidade de Serrolândia com aproximadamente 5.000 habitantes é abastecida pelos poços Serrolândia I e II, separados cerca de 500 m um do outro. O poço Serrolândia I, com profundidade de 144 m e nível estático a 90,2 m, localiza-se afastado da comunidade às margens da estrada que dá acesso a Serra Branca – Bodocó /PE. Além da comunidade, ele abastece também um hospital, com vazão de 590 L/h. O poço Serrolândia II, perfurado dentro da comunidade, tem profundidade de 242 m, seu nível

estático encontra-se a 126,2 m e sua vazão é de 1182 L/h.

METODOLOGIA

O método utilizado na obtenção dos índices de vulnerabilidade do aquífero é o proposto por Foster e Hirata (1991), que utiliza parâmetros indexados em três fases discretas:

- 1ª fase - identificação do tipo de ocorrência com respeito ao grau de confinamento das águas subterrâneas, com índices variando numa escala de 0,0 a 1,0;
- 2ª fase - caracterização dos extratos acima da zona saturada levando em conta o grau de consolidação e o caráter litológico, com índices variando de 0,4 a 1,0;
- 3ª fase - identificação da profundidade das águas subterrâneas confinada ou livre, com índices variando de 0,4 a 1,0.

O índice de vulnerabilidade do aquífero é o produto dos índices determinados nas três fases. O esquema de combinação das três fases e a gradação das escalas são ilustrados na figura 3. Esta classificação por índices de vulnerabilidade é de uso prático para a determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas, mas não pode ser aplicada a contaminantes móveis persistentes que não sofram retenção ou transformação durante seu transporte no aquífero.

O diagnóstico das condições sanitárias das águas foi feito através de análises dos parâmetros químicos inorgânicos (amônio, nitritos e nitratos) e microbiológicos (bactérias do grupo coliformes) das águas de consumo das comunidades localizadas no topo da Chapada.

O nitrato (NO_3^-) pode ser o indicativo de contaminação por esgoto, depósito de lixo, fossas sépticas e/ou atividades agrícolas e representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica. Este processo inicia-se com a ação das bactérias do grupo nitrosomonas oxidando o amônio (NH_3) para nitrito (NO_2^-) e após esta etapa as bactérias autótrofas do grupo nitrobactérias oxidam o nitrito para nitrato. Assim, a presença de nitrito é um indicativo de poluição recente, provavelmente local.

O nitrato tem alta mobilidade nos sistemas aeróbicos de águas subterrâneas, como em aquíferos onde o nível estático encontra-se pouco profundo, ou ambientes de alta permeabilidade como em algumas rochas fraturadas. Nestes meios, o nitrato move-se sem retardamento, podendo atingir extensas áreas (Foster e Crease 1972). Ele é

considerado a forma estável do nitrogênio dissolvido. Em áreas onde existem componentes verticais descendentes de fluxo a contaminação por nitrato pode atingir grandes profundidades.

RESULTADOS

Como as águas no Sistema Aquífero Superior da Chapada, em sua maioria, estão sob condições livres, com exceção da água de camadas arenosas intercaladas entre camadas siltico - argilosas da formação Arajara, no extremo oeste da Chapada, onde as águas são mais profundas, o índice para a ocorrência das águas subterrâneas (1ª fase) é 1,0 (Figura 3). O índice para a caracterização dos extratos acima da zona saturada (2ª fase) neste Sistema Aquífero é 0,7, pois todo o pacote sedimentar é formado por arenitos. Com isto, pode-se ver que a vulnerabilidade à poluição do aquífero, na Chapada do Araripe, é função apenas da profundidade do lençol freático e da existência de áreas fraturadas.

As profundidades nos intervalos 5 – 10 m, 10 – 20 m, 20 – 50 m, 50 – 100 m e > 100 m correspondem aos índices 0,8, 0,7, 0,6, 0,5 e 0,4, respectivamente (3ª fase). Como o índice de vulnerabilidade do aquífero é determinado pelo produto dos índices das três fases, a vulnerabilidade à poluição do Sistema Aquífero Superior, para as profundidades de 5 – 10 m, 10 – 100 m e > 100 m, classifica-se respectivamente como alta, moderada e baixa.

Os índices assim obtidos estão mostrados no mapa de vulnerabilidade à poluição da Chapada, na figura 4, onde as cores, de vermelho a amarelo claro, caracterizam a escala que varia de alta a baixa vulnerabilidade. As isolinhas de profundidade do lençol freático foram traçadas com base nos níveis estáticos de cacimbas e poços localizados na Vila Cacimbas em Jardim/CE, dos poços 4-BO-01-PE em Bodocó/PE, Serrolândia II em Ipubi/PE e IPA em Araripina/PE e na cota de algumas fontes que surgem na escarpa da Chapada. Vê-se que as isolinhas tem densidade maior nos locais onde existem falhas geológicas, como a falha de Jardim e nas proximidades dos poços Serrolândia I e II e 4-BO-01-PE, localizados nos extremos do graben que deu origem à sub-bacia de Serrolândia.

Este mapa de vulnerabilidade à poluição constitui uma base técnica de planejamento para ação de controle e proteção dos aquíferos, pois mostra as áreas de alta e moderada vulnerabilidade que são potencialmente críticas.

Os resultados das análises de compostos nitrogenados encontram-se na tabela 1, onde observa-se que a água de todas as cacimbas e barreiros, apresentaram nitrogênio

amoniaco, indicando dejetos recentes de origem animal e vegetal, com concentrações variando de 0,07 a 0,56 mg/L de N-NH₃, respectivamente para a cacimba da fazenda Dr. Raimundo e para o Barreiro Grande. Na água subterrânea profunda só se encontra na Fonte do Farias, decorrente dos excrementos de morcegos habitantes da gruta da fonte.

Nitrito, pouco tóxico para o homem, porém indicador de poluição recente, foi detectado em todas as amostras de cacimbas e barreiros e também em dois poços profundos, todos eles localizados em áreas sem proteção, de fácil acesso a animais. No caso das fontes, trata-se de amostras tomadas nas “piscinas” que se formam no local da surgência.

As concentrações encontradas variam de 0,01 a 3,14 mg/L de N- NO₂⁻, respectivamente nas amostras da cacimba da Fazenda Dr. Raimundo e na fonte do Piqui.

Dos dois poços tubulares onde foi detectado nitrito, a maior concentração encontra-se no poço Serrolândia II (0,62 mg/L de N-NO₂⁻), nas imediações do qual localiza-se um depósito de lixo a céu aberto. Apesar da grande profundidade e das camadas compostas de folhelhos argilosos sobrepostos ao aquífero, que deveriam proteger a água, a contaminação acontece, porque o poço está localizado em uma área de falhamento que possui uma condutividade hidráulica secundária (por fraturas) elevada, resultando em uma forte conexão do aquífero com as águas superficiais. Este efeito também pôde ser observado pelas mudanças bruscas da composição química da água. Em duas medidas da condutividade elétrica da água do poço, realizadas durante o período seco (25/08/98) e no final do período chuvoso (21/05/99), verificou-se uma mudança de 1056 a 247 µS/cm, indicando uma rápida e forte contribuição de águas menos mineralizadas durante o período chuvoso.

Nitrato foi detectado em todas as amostras analisadas. Teores acima de 10 mg/L de N-NO₃⁻, encontram-se nos barreiros da Vila Cacimbas, Fazenda Dr. Raimundo e Barreiro Grande. Valores menos elevados, com teores entre 2 e 10 mg/L de N-NO₃⁻, encontram-se nas fontes do Piqui, Farias e Nascente, onde há acesso de animais às águas acumuladas pelas fontes. Nos poços tubulares do Saco da Samambaia e da Vila Cacimbas, localizados dentro dos vilarejos; nos cacimbões da Vila Cacimbas e da Fazenda Dr. Raimundo, localizados próximos aos barreiros, e no barreiro Antônio Roriz. As demais amostras onde foi identificado nitrato sem a presença de nitrito indicam a alta mobilidade do nitrato proveniente de fontes poluidoras mais distantes. Segundo Hill et al. (1973), altas concentrações de nitrato podem produzir em crianças, intoxicação ou até levá-las à morte por cianose, além de poder produzir nitrosaminas, substâncias carcinogênicas no estômago do homem.

Nas análises bacteriológicas, indicadas na tabela 2, foi detectada presença da bactéria *Escherichia coli* na Fonte do Farias (causada pelos morcegos já mencionados) e em todos os barreiros. O maior valor foi encontrado na amostra coletada no Barreiro Grande, apresentando NMP > 2420/100 mL (NMP = número mais provável). Como pode-se ver na tabela 1, este barreiro também possui concentrações de amoníaco e nitrato superiores aos das demais amostras. Na amostra coletada no cacimbão da Vila Cacimbas, localizado a aproximadamente 40 m do barreiro que apresenta NMP = 183/100 mL de coliformes, não foi detectada a presença de coliformes fecais. Desta forma, constata-se a capacidade filtrante dos arenitos, pois em arenitos de granulometria média a fina organismos patogênicos e coliformes somente conseguem percorrer alguns metros. Segundo Romero (1972), os poluentes biológicos podem percorrer uma distância máxima em torno de 3 m, na zona aerada; nas zonas saturadas esta distância passa a ser de 15 a 30 m. Já em meios fraturados, devido a permeabilidade secundária, a velocidade de fluxo da água subterrânea pode ser muito elevada comparada ao meio poroso, facilitando o transporte de organismos patogênicos e coliformes a grandes distâncias.

DISCUSSÃO

Nas áreas classificadas de alta e de moderada vulnerabilidade à contaminação, devem ser tomadas várias precauções, principalmente onde a zona não saturada é delgada e o nível estático pouco profundo, para evitar que haja infiltração de efluentes de fossas sépticas, chorume proveniente de depósitos de lixo a céu aberto e aterros sanitários, fertilizantes e excrementos de animais. Nas áreas ocupadas por comunidades devem ser instalados sistemas de tratamento adequado de efluentes domésticos e deposição de resíduos sólidos. Nas áreas de atividade de exploração agrícola não deve ser permitido o uso de produtos tóxicos em larga escala e o uso de produtos orgânicos deve ser devidamente controlado para evitar a contaminação por nitrato. No entanto, em todas as comunidades da Chapada – e não somente lá – ainda não há uma política de administração das reservas hídricas que administre adequadamente o problema de resíduos sólidos e líquidos que leva a calamidade sanitária em algumas áreas.

Como o setor oriental está inserido em área de moderada vulnerabilidade e de grandes infiltrações nos períodos de chuvas intensas, outro perigo eminente é a contaminação do aquífero por vazamento de tanques com derivados de hidrocarbonetos em postos de gasolina ou por óleo de lubrificação usado despojado sem qualquer cuidado. Segundo Parker (1975), os poluentes químicos, percorrem uma distância que varia de 35 a 4800 m, dependendo da litologia, do tipo de poluente e do grau de

persistência da substância que é lançada no meio. Neste caso, o posto de gasolina de Exu, no topo da Chapada, deve ser devidamente monitorado para evitar vazamento nos tanques.

Na área caracterizada como de baixa vulnerabilidade à contaminação, em geral, a poluição proveniente da superfície é improvável, a não ser quando são envolvidos poluentes persistentes, quando então deve haver restrição a atividades potencialmente poluidoras. O poço Serrolândia II, de aproximadamente 240 m de profundidade, exemplifica que em pontos isolados, a presença de fraturas pode levar à alta vulnerabilidade em um ambiente petrologicamente de baixo risco.

No caso dos mananciais localizadas no interior das comunidades, as principais fontes de poluição são os esgotos domésticos e os depósitos de lixo. Já nos mananciais localizados distantes das comunidades, as principais fontes são fertilizantes utilizados na agricultura e excrementos de animais.

Para minimizar os problemas nas comunidades, o fundo dos depósitos de lixo devem ser impermeabilizado por meio de argila compactada, camada asfáltica ou material plástico. Além disto, deve-se manter as distâncias mínimas entre as fontes poluidoras e os corpos d'água superficiais e subterrâneas. Segundo Mota (1995), a distância mínima recomendada entre o nível estático máximo e os fundos de sistema de absorção de efluentes de esgotos domésticos e depósitos de lixo é de 1,5 m e 1,5 a 3,0 m, respectivamente. O afastamento horizontal recomendado entre poços ou águas superficiais e os esgotos é de 15 a 30 m. Já a NBR 7229, norma técnica da ABNT sobre a construção e instalação de fossas sépticas, recomenda o afastamento mínimo de 20 m; para lixões o afastamento recomendado deve ser superior a 1000 m.

Segundo a Organização Mundial de Saúde e a portaria 36 do Ministério da Saúde de 19/01/90, que tratam dos padrões de potabilidade da água para o consumo humano, a água bruta somente pode ser consumida com a ausência de nitritos e de coliformes fecais em 100 mL de amostra. Já para os nitratos recomendam valor máximo de 10 mg/L de N.

As águas dos barreiros, cacimbas, poços e fontes na Chapada são utilizadas no abastecimento doméstico, na recreação de contato primário, na irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e na criação de espécies destinadas à alimentação humana. Segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 20, 18/06/86, estas águas seriam classificadas como Classe Especial, já que o abastecimento doméstico é feito sem desinfecção prévia; mas para esta classe, segundo o Art. 3º da mesma resolução, o uso destas águas fica vinculado à ausência de coliformes totais em qualquer amostra realizada. Como algumas amostras apresentaram número de coliformes fecais

até 200/100 mL e as concentrações de nitrito e de nitrato são inferiores a 10 e 1 mg/L de N, respectivamente, estas águas só deveriam ser utilizadas após tratamento simplificado, enquadrando-se na Classe 1. Já as águas cujas amostras apresentaram número de coliformes fecais até 1000/100 mL, só deveriam ser utilizadas após tratamento convencional, enquadrando-se na Classe 2.

As análises bacteriológicas realizadas em amostras d'água coletadas em barreiros apresentaram NMP de coliformes fecais que chegaram a atingir > 2420/ 100mL; também foram detectadas concentrações de amônia (NH₃), nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻), chegando a atingir máximos de 0,56, 3,14 e 27,87 mg/L de N, respectivamente.

Para preservar a quantidade e a qualidade das águas destes reservatórios, a Resolução CONAMA nº 004/85, que trata de lagoas, lagos e reservatórios de água naturais ou artificiais, de superfície com até 20 hectares, localizados em áreas rurais, considera reservas ecológicas as faixas marginais com largura mínima de 50 m compostas de florestas e demais formas de vegetação. Observa-se na área que estas regras são totalmente ignoradas.

Na Chapada, os barreiros constituem o elo principal na conexão entre água superficial e água subterrânea e, por isso, necessitam de elevada atenção e proteção. Na realidade são eles as principais entradas de contaminação das águas subterrâneas da Chapada, funcionando como fontes persistentes e contínuas de poluição das águas, já que não são tomadas medidas de proteção para evitar acesso de animais e pessoas que deixam dejetos, contribuindo para a baixa condição sanitária das suas águas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à COGERH (Francisco Lopes Viana e Antônio Ribeiro Zaranza) e Prefeitura Municipal do Crato (José Yarley de Brito) o apoio logístico para a realização deste trabalho, às bolsistas Danielle Inácio Magalhães, Ana Salete da Silva Carvalho e Raimunda Moreira da Franca e ao professor Rodolfo José Sabiá da URCA o apoio para realização de algumas coletas e à FUNCAP o apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSINE, M. Análise estratigráfica da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista brasileira de geociência**, Curitiba, v.22, p.289-300, set. 1992.
- CONAMA. **Resolução CONAMA nº 20 de junho de 1986**. Brasília: SEMA, 1986. 92p.
- DNPM. **Projeto avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe**. Recife: DNPM, 1996. 103p.
- FOSTER, M. D., CREASE, R. I. Nitrate pollution of chalk ground water in east yorkshire: a

- hydrogeological appraisal. In: NITRATE POLLUTION IN EUROPE. **Water Information Center**. New York: Water Information Center, Post Washington, 1972. p. 269-271.
- FOSTER, S., HIRATA, R. **Determination del riesgo de contaminacion de aguas subterraneas – una metodologia basada en datos existentes**. 2. ed. Lima, Perú: CEPIS/OMS, 1991. 81p.
- HILL, M. J., HAWKSWORTH, G., TATTERSAL, G. Bacteria nitrosamines and cancer of the stomach. **Br. J. Cancer**, n. 28, p. 562-567. 1973.
- KEMPER, K. E. et al. **Um sistema local de gerenciamento e alocação de água – o caso da fonte da Batateira no Cariri – Ceará, Brasil**. Editado por: Vicente Vieira, Podalgro do Amaral e Souza e Flávio Mascarenhas. Recife: ABRH, v. 2., 1995. (Desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos) p. 63-68.
- MARQUES, A. A. F., MACEDO, I. P., MARINHO, J. M. L. et al. Eletro-resistividade aplicada à prospeção de água subterrânea na Chapada do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., 1984, Fortaleza. **Anais...** São Paulo: ABAS, 1984. v. 2.
- MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 187p.
- PARKER, H. W. **Wastewater systems engineering**. Englewood Cliff, New Jersey: Prentice – Hall, Inc., 1975.
- ROMERO, J. C. **The movement of bacteria and viruses through porous media: Water Quality in a Stressed Environment**. Minneapolis, Minnesota: Burges Publishing Company, 1972.

Tabela 1 – Concentrações de nitrogênio do amoníaco, nitrito e nitrato e condutividade elétrica (CE) nas amostras do topo da Chapada do Araripe.

Amostras	Município	Data da coleta	Localização	Concentração (mg/L)			CE (µS/cm)
				N-NH ₃	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	
Fonte do Brejo de Santo Antônio	Bodocó-PE	20/05/99	S 07°29'49" W 40°06'38"	aus.	0,22	0,62	64
Fonte do Piqui	Bodocó-PE	20/05/99	S 07°40'00" W 39°54'36"	aus.	3,14	4,23	191
Fonte do Brejo de Santo Inácio	Exú-PE	19/05/99	S 07°25'00" W 39°43'20"	aus.	aus.	0,61	54
Fonte Bica do Caririzinho	Moreilândia-PE	20/05/99	S 07°32'58" W 39°29'10"	aus.	aus.	0,56	23
Fonte Sozinho	Jardim-CE	18/05/99	S 07°35'01" W 39°16'23"	aus.	0,05	1,30	339
Fonte Boca da Mata	Jardim-CE	18/05/99	S 07°33'18" W 39°16'22"	aus.	aus.	1,00	22
Fonte João Coelho do Caldas	Barbalha-CE	18/05/99	S 07°22'39" W 39°20'53"	aus.	aus.	0,29	28
Fonte Bom Jesus do Caldas	Barbalha-CE	18/05/99	-	aus.	aus.	0,17	28
Fonte do Farias	Barbalha-CE	25/02/99	-	0,01	0,13	4,18	24
Fonte Roncador	Santana do Cariri-CE	19/05/99	S 07°13'12" W 39°40'15"	aus.	aus.	0,32	35
Fonte Nascente	Araripe-CE	19/05/99	S 07°13'33" W 39°59'45"	aus.	0,45	2,27	61
Poço tubular do Saco da Samambaia	Araripina-PE	21/05/99	S 07°26'46" W 40°34'53"	aus.	0,28	4,16	558
Poço tubular do IPA	Araripina-PE	21/05/99	S 07°27'33" W 40°25'00"	aus.	aus.	0,57	82
Poço tubular Serrolândia I	Ipubi-PE	21/05/99	S 07°29'17" W 40°16'27"	aus.	aus.	0,81	84
Poço tubular Serrolândia II	Ipubi-PE	21/05/99	S 07°28'25" W 40°16'41"	aus.	0,62	1,21	247
Poço tubular da Fazenda Betânia	Barbalha-CE	18/05/99	S 07°27'45" W 39°25'51"	aus.	aus.	0,81	26
Poço tubular da Vila Cacimbas	Jardim-CE	18/05/99	-	aus.	aus.	5,60	88
Cacimbão da Vila Cacimbas	Jardim-CE	02/02/99	S 07°29'31" W 39°22'06"	0,09	0,02	4,00	113
Cacimba Fazenda Dr. Raimundo	Divisa CE/PE	02/02/99	-	0,07	0,01	6,70	166
Barreiro Antônio Roriz	Jardim-CE	02/02/99	-	0,14	0,11	7,81	29
Barreiro da Vila Cacimbas	Jardim-CE	02/02/99	-	0,19	0,13	15,24	84
Barreiro Fazenda Dr. Raimundo	Divisa CE/PE	02/02/99	-	0,24	0,22	11,76	48
Barreiro Grande – Filemon Teles	Crato-CE	02/02/99	-	0,56	0,31	27,87	18

Tabela 2 – Número mais provável de coliformes fecais (*Escherichia coli*) encontrados em amostras coletadas no topo da Chapada do Araripe.

Amostras	Data da coleta	NMP / 100 mL
Fonte João Coelho do Caldas	24/02/99	0
Fonte Bom Jesus do Caldas	24/02/99	0
Fonte do Farias	25/02/99	62
Cacimbão da Vila Cacimbas	02/02/99	0
Barreiro Antônio Roriz	02/02/99	534
Barreiro da Vila Cacimbas	02/02/99	183
Barreiro Grande–Filemon Teles	02/02/99	> 2.420

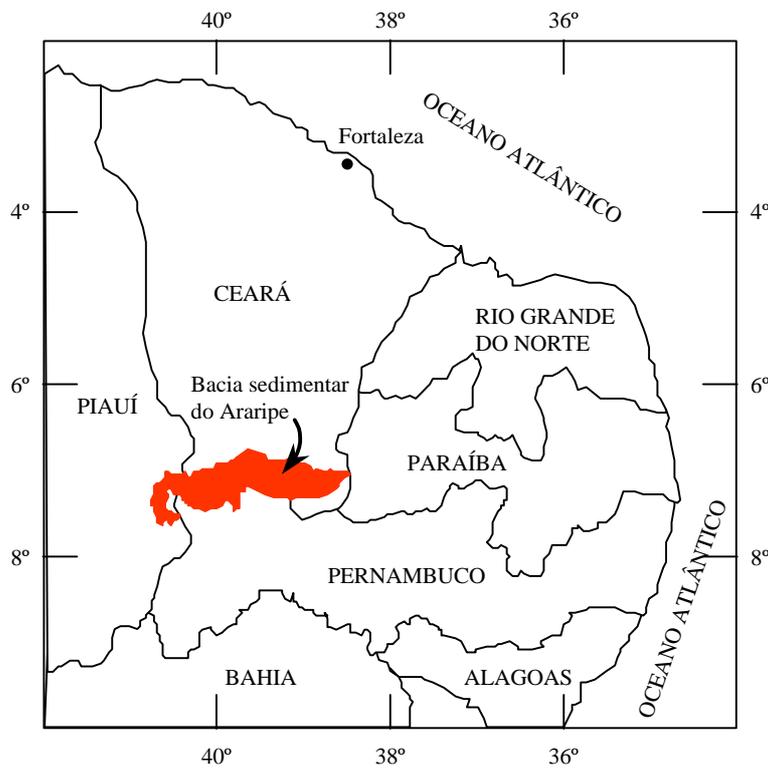
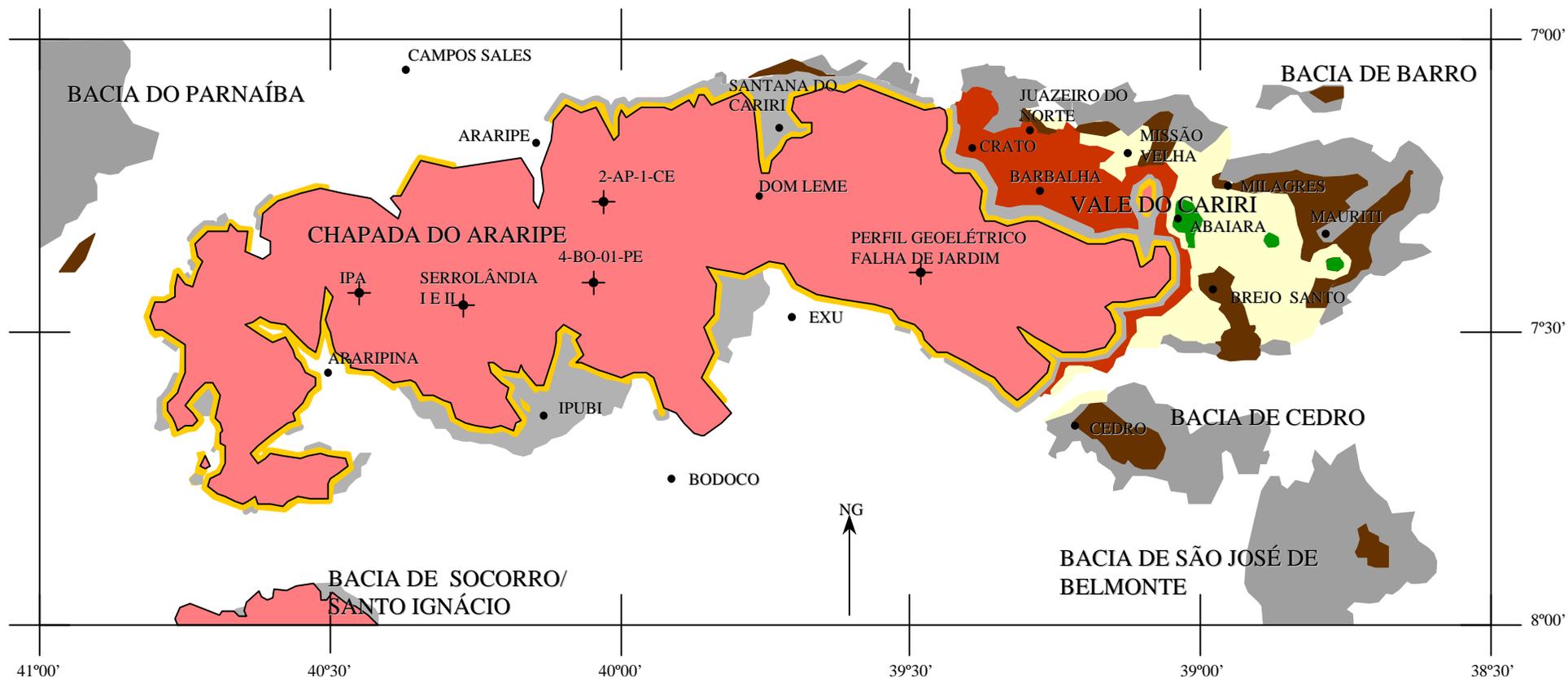


Figura 1 – Localização da área de trabalho



LEGENDA:

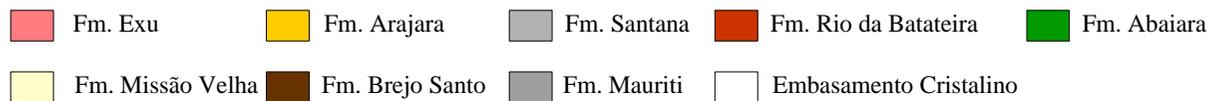


Figura 2 – Mapa geológico da Bacia Sedimentar do Araripe

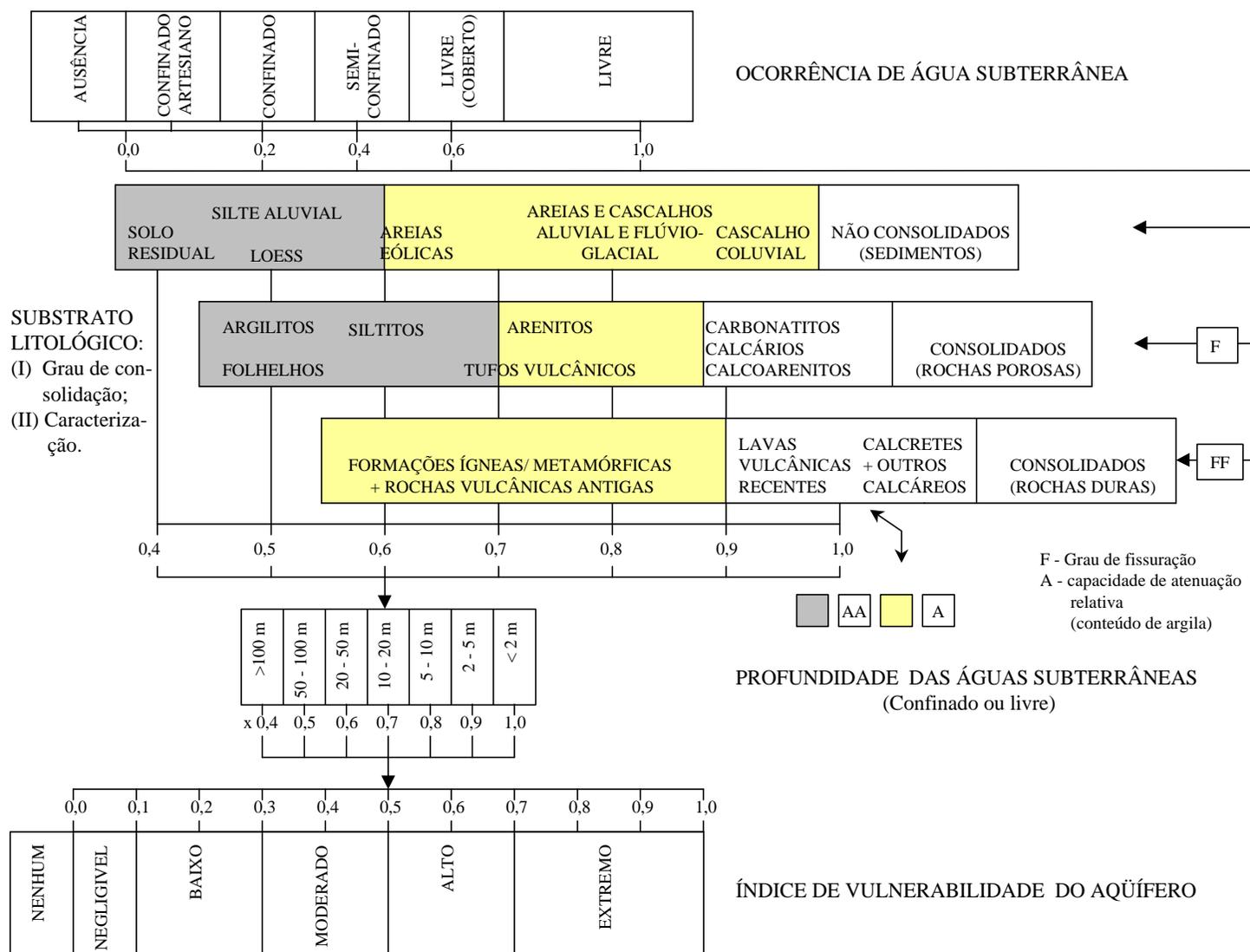


Figura 3 – Fluxograma para a avaliação do índice de vulnerabilidade à poluição de um aquífero. Fonte: Foster e Hirata, 1991.

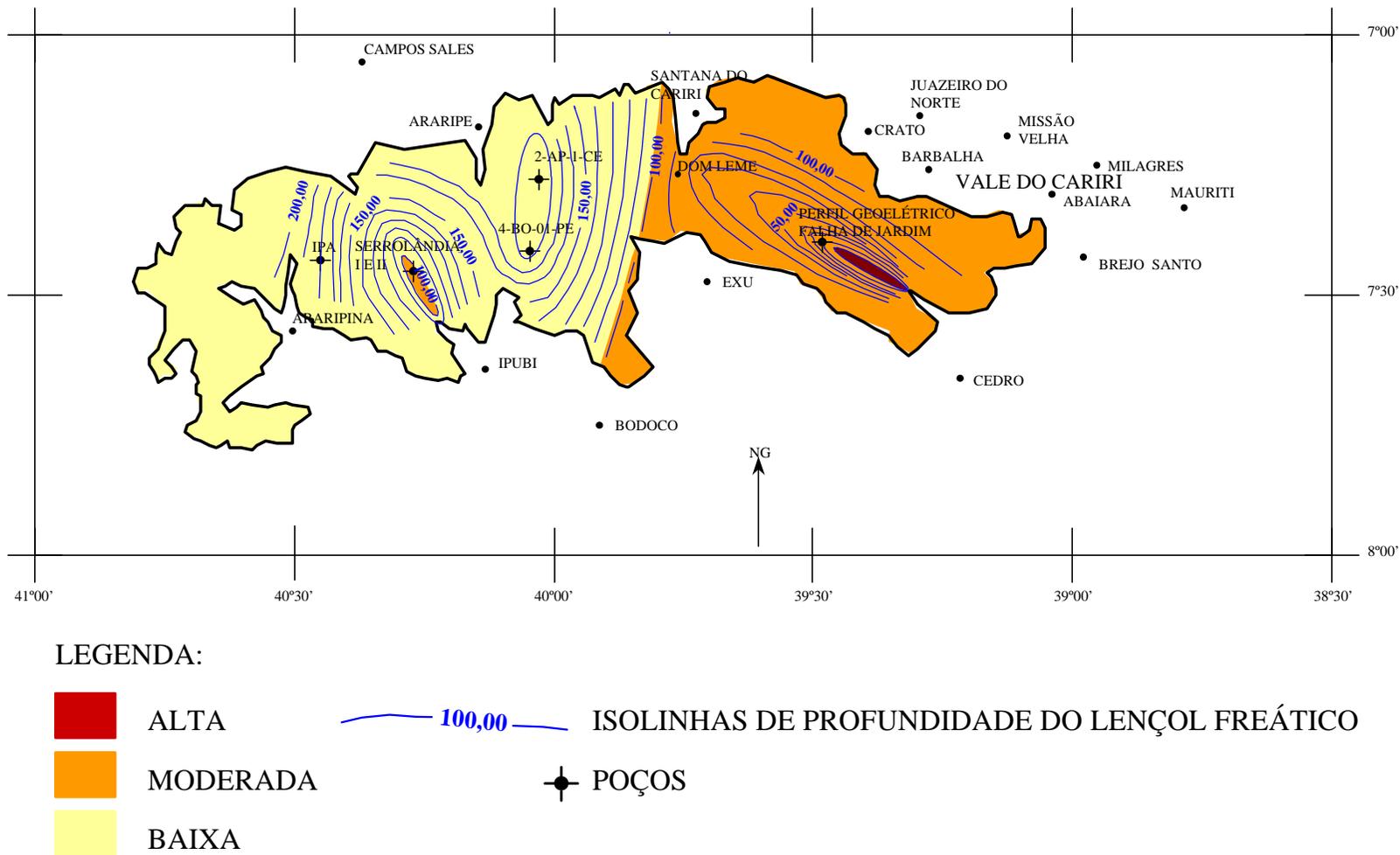


Figura 4 – Mapa da vulnerabilidade à poluição do Sistema Aquífero Superior