

# DIAGNÓSTICO AMBIENTAL ASSOCIADO À QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO ITAPICURU, ESTADO DA BAHIA, BRASIL.

Suely Schuartz Pacheco Mestrinho <sup>1</sup>

**RESUMO:** A bacia do rio Itapicuru apresenta grande extensão geográfica, diversidade de condições agroclimáticas, geoeconômicas e fisiográficas, com 80% da área em condição de semi-árido. Práticas agrícolas inadequadas e de extrativismo mineral, associadas ao crescimento das cidades sem saneamento exigem a avaliação da qualidade ambiental e dos recursos hídricos. Este trabalho discute resultados de estudos conduzidos para o diagnóstico ambiental associado à qualidade dos recursos hídricos da bacia. O nível de poluição das águas em 30 pontos ao longo do rio e tributários é investigado aplicando-se diferentes índices de qualidade - IET, IQA e NOAA. O zoneamento da qualidade das águas subterrâneas é estabelecido a partir dos dados de 900 poços tubulares. Os resultados são ilustrados em mapas, que definem áreas críticas para estudos de detalhe. Pontos com significado nível de poluição estão nos trechos alto e médio da bacia, onde ocorrem maiores déficit hídrico e densidade demográfica. Os processos relacionados à qualidade dos recursos hídricos são: salinização, eutrofização e contaminação por nitratos. Conclui-se que as águas do alto e médio curso da bacia do rio Itapicuru exibem comprometimento da sua qualidade. O estudo reúne informações importantes para subsidiar programas de qualidade ambiental e gerenciamento dos recursos hídricos na região.

**Palavras-chave:** Poluição de Recursos Hídricos; Índices de Qualidade da Água; Bacia do Rio Itapicuru.

**ABSTRACT:** The Itapicuru River basin is a large basin with variable conditions in terms of climate, topography, natural vegetation and economy. About 80% of the total area is in semiarid conditions. Poor cropping systems and inadequate systems for disposing wastewater point to evaluate of the water resources and environmental quality. This work presents the results of the environmental diagnosis associated to the quality of the water resources. The water pollution levels

---

<sup>1</sup> Suely Schuartz Pacheco Mestrinho  
QUALI\_água Consultores Associados Ltda.  
Rua Plínio Moscoso 101/801. CEP – 40155 020. Salvador – BA.  
Fone: 55 71 32450868 E-mail: suelyspm@uol.com.br

on 30 spots along the river and the tributaries are investigated, applying different water quality indicators – TSI, WQI and NOAA. A zoning to the groundwater quality is presented using data from 900 tubular wells. The results are illustrated in maps, defining critical areas for detailed studies. Spots with expressive levels of pollution are in the high and medium part of the river, where coexist higher deficit of the water and demographic density. The processes related with the pollution are: high concentration of salts and nitrates, punctual contamination of metals and the climatic conditions. The water from the high and medium course of the Itapicuru river basin presents quality problems. This study contains important information to support the development of programs on sustainability of water resources in the region.

## 1. INTRODUÇÃO

A escolha dos métodos para avaliar a qualidade ambiental e das águas numa bacia hidrográfica depende da informação disponível e do alcance que se busca na avaliação. O grau de detalhe depende do objetivo perseguido. Nos trabalhos em escala regional ( $\leq 1:500.000$ ), voltados para o planejamento da preservação e uso adequado dos recursos naturais em regiões relativamente extensas (mil a milhões de  $\text{km}^2$ ), os métodos que requerem menor número de parâmetros são mais práticos numa fase preliminar.

Situada no nordeste do Estado da Bahia, a bacia do rio Itapicuru apresenta considerável extensão geográfica e diversidade de condições agroclimáticas, geoeconômicas e fisiográficas. Este trabalho analisa o nível de poluição das águas em 30 pontos ao longo do rio e seus tributários, aplicando-se diferentes índices de qualidade – IET, IQA e NOAA -, ao tempo que apresenta zoneamento regional da qualidade das águas subterrâneas a partir dos dados de cloretos, sólidos totais dissolvidos e nitratos registrados em 900 poços tubulares. A variação espacial dos resultados é ilustrada em mapas, considerando-se o panorama regional na escala 1:1.300.000, que definem áreas críticas para estudos de detalhe.

A pesquisa é parte de um Projeto de maior porte na bacia do rio Itapicuru, sob o suporte financeiro da EMBRAPA através do Programa de Desenvolvimento Tecnológico de Apoio a Agricultura no Brasil – PRODETAB, que focaliza a caracterização de recursos hídricos visando o seu uso racional na agricultura irrigada e preservação dos recursos naturais. Os resultados aqui apresentados integram o subprojeto “Diagnóstico e Prognóstico Ambiental associado à Qualidade dos Recursos Hídricos”, com o objetivo de nortear a adoção de medidas que possibilitem a proteção e conservação dos recursos hídricos.

## 2. CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO ITAPICURU

A bacia do rio Itapicuru ocupa uma área total de 36.440 km<sup>2</sup>, e alcançando uma extensão de cerca de 350 km até a foz. A população da bacia, estimada em 1.300.000 habitantes aumenta a uma taxa média anual de 0,60% e representa 10% da população de todo o Estado. Existe ampla diversidade de condições geomorfológicas e fisiográficas agroclimatológicas e geoeconômicas no seu território.

As atividades econômicas mais expressivas são agropecuária, extrativismo vegetal e mineral, indústria, comércio e serviços. Os principais usos do solo são relacionados à agricultura de subsistência, as pastagens naturais e artificiais destinadas à pecuária extensiva, a monocultura do sisal, as silviculturas para fins energéticos e produção de matéria-prima para a indústria da celulose e a fruticultura. De modo geral, dos 54 municípios integrantes da região apenas oito apresentam áreas irrigadas expressivas. A pecuária sofre sérias restrições nos períodos de seca em razão da absoluta falta de água para a dessedentação dos animais. Com exceção das atividades de beneficiamento mineral, o setor industrial da bacia não apresenta números significativos quanto a demandas de recursos hídricos. Com respeito à atividade antrópica, além das ações decorrentes do uso da terra, o crescimento desordenado das cidades sem infra-estrutura adequada de esgotamento sanitário ou saneamento básico tem contribuído de maneira significativa para o comprometimento da qualidade ambiental da bacia.

Com exceção da faixa litorânea com clima úmido e semi-úmido, mais de 80% da área da bacia está inserida na região semi-árida, estando sujeita à ocorrência de secas, de grau severo, com suas conseqüências sobre as populações das áreas atingidas. A partir do trecho médio do curso principal até a foz o rio é considerado perene; na parte alta da bacia e os afluentes das bacias vertentes do trecho médio os rios têm comportamento intermitente. A condição de déficit hídrico resultou na perfuração de poços e construção de barragens. Os barramentos estão localizados nos trechos altos e médios da bacia, e apresentam uma particular concentração de usuários (entre eles irrigantes) em seu entorno e a jusante.

Dentro de um balanço de disponibilidade e demanda dos recursos hídricos, na parte alta da bacia o uso da água para irrigação representa 75% de sua demanda total, no curso médio 17% e na parte inferior é de 36%. Na parte baixa do Itapicuru, a demanda para irrigação é insignificante e, em geral, a produtividade é baixa, limitada pela complexidade dos solos coesos nos tabuleiros costeiros. Evidentemente, um aumento da dinâmica socioeconômica da região deve pressionar as reservas hídricas da bacia, que por sua vez depende do tipo de solos, da disponibilidade hídrica e dos impactos quantitativos e qualitativos sobre estes recursos.

Sem dúvida, a bacia apresenta inúmeros desafios com relação ao manejo da qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas no âmbito urbano e rural.

## 2.1 Aspectos Territoriais e Físicos

A bacia do rio Itapicuru encontra-se limitada, ao norte, pelas bacias dos rios Vaza-Barris e São Francisco, a oeste com a bacia do rio São Francisco, ao sul com as bacias dos rios Inhambupe e Paraguaçu, e a leste com a bacia do rio Real e o Oceano Atlântico (Figura 1). É uma das maiores bacias dos rios de domínio estadual. As características hidrológicas, climáticas e geomorfológicas são bastante diferenciadas ao longo da bacia. O estudo foi conduzido em 4 setores ou ambientes hidrológicos – AH diferenciados na bacia (Quadro 1), considerados relativamente homogêneos.

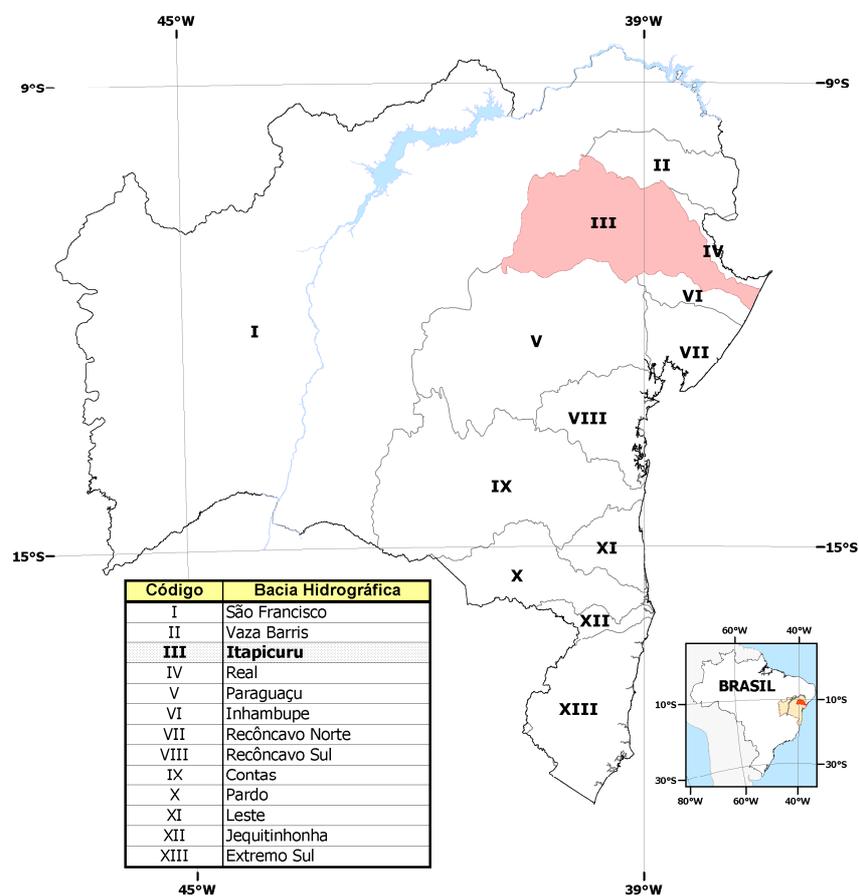


Figura 1. Mapa de localização da Bacia do rio Itapicuru

A rede de drenagem é formada pelo rio Itapicuru e seus afluentes, principalmente o Itapicuru Mirim e Itapicuru Açú. A potencialidade hídrica superficial é considerada baixa (0,76 l/s/km<sup>2</sup>). Nos ambientes AH-I e II ocorrem aquíferos fissurais livres associados às rochas cristalinas, com baixa

capacidade de armazenamento, ao contrário dos trechos médio inferior e baixo onde aquíferos granulares das rochas sedimentares exibem maior potencialidade hídrica.

Quadro 1. Características dos principais setores da Bacia do rio Itapicuru

	<b>AH – I (Setor Superior)</b>	<b>AH – II (Setor Médio Superior)</b>	<b>AH – III (Setor Médio Inferior)</b>	<b>AH – VI (Setor Inferior)</b>
<b>Precipitação anual</b>	727,61 mm	500,29 mm	682,27mm	1.182,71 mm
<b>Área</b>	11.968,97 km <sup>2</sup>	10.106,57 km <sup>2</sup>	12.232,01 km <sup>2</sup>	2.131,45 km <sup>2</sup>
<b>Ambiente Hidrológico</b>	Terrenos de alta declividade. A água das fraturas das rochas influencia na perenidade dos rios. Vários açudes e barragens.	Rochas cristalinas com discreta potencialidade hídrica. Águas mais salinas. Rios escoam no período de chuvas.	Solos que favorecem a infiltração. Rios são intermitentes. O potencial hídrico subterrâneo é alto.	Solos mais profundos. A maior taxa de precipitação assegura a perenidade dos rios de pequeno e médio porte.
<b>Vulnerabilidade Física</b>	Alta e média. Risco de erosão.	Média. Alta pontualmente.	Baixa. Média a Alta pontualmente.	Alta. Risco de inundação.

O balanço hídrico nos respectivos ambientes, calculado a partir dos dados de precipitação e evapotranspiração das estações meteorológicas, confirma a condição de déficit hídrico associada aos ambientes hidrológicos I e II. Na faixa litorânea a precipitação média anual alcança índices entre 1000-1400 mm, que na região semi-árida são inferiores a 700 mm.

A geologia da região é bastante complexa e engloba tipos litológicos de idades bastante variadas, desde o Arqueano até o Quaternário recente, que fazem parte do contexto geológico do Craton do São Francisco. Na unidade correspondente às rochas do Embasamento Cristalino, nos trechos do alto e médio superior, ocorrem mineralizações de grande interesse econômico associadas ao cromo, ouro, manganês e esmeralda. Outras ocorrências minerais de menor expressão são: sulfetos, principalmente pirita, que ocorrem de forma dispersa nas litologias do Greenstone Belt do Itapicuru; barita na região de Miguel Calmon; águas minerais na região de Cipó; mármore, pedras

para construção e areia nos municípios de Santaluz e Jacobina, além de alguns depósitos de apatita, níquel, cobalto, quartzitos, talco, calcita, amianto e grafita.

## 2.2 Recursos Hídricos

### 2.2.1 Águas Superficiais

A variabilidade das condições hidrológicas é um processo estocástico no tempo e no espaço, e decorre da combinação de vários fatores, tais como: precipitação, evapotranspiração, radiação solar, relevo, geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal e uso do solo, ações antrópicas sobre o sistema fluvial. No AH-I, com maior pluviometria, os tipos de solo e vegetação ajudam na retenção de água promovendo o aumento das vazões específicas que permanecem mais tempo, mesmo que ocorra alguma intermitência no escoamento. No AH-II, a área mais seca da bacia, os rios são intermitentes e por longos períodos apresentam-se com vazões nulas. No AH-IV os elevados índices pluviométricos do clima semi-úmido e o aporte dos sistemas aquífero influentes mantêm o escoamento superficial durante o ano.

A disponibilidade hídrica máxima, avaliada pela vazão média nos postos fluviométricos, registra valores em torno de  $5,2 \text{ l/s.km}^2$ . A maior produção da bacia encontra-se no AH-I, no entorno das nascentes do rio Itapicuru-Acu e a menor ( $0,1$  a  $1,38 \text{ l/s.km}^2$ ) nos AH-III e IV. A disponibilidade natural média na bacia, - sem a influência da oferta hídrica dos reservatórios e interpretada a partir da vazão na foz -, vem decrescendo cerca de 10 a 12% ao ano, nos últimos 20 anos (Quadro 2; Figura 2). Com o crescimento populacional na bacia, há probabilidade da disponibilidade natural média per capita na bacia diminuir de  $765,4 \text{ m}^3/\text{hab/ano}$  para  $610,1 \text{ m}^3/\text{hab/ano}$  entre os anos de 2000 a 2015.

Com base nos reservatórios com acumulação igual ou superior a  $500.000 \text{ m}^3$  (Quadro 3), o volume total acumulado, calculado por Ambiente Hidrológico, é de  $429.724.085 \text{ m}^3$ . Este volume representa aproximadamente 50% do volume anual médio gerado na bacia do Itapicuru. Não há registro de reservatórios relevantes no AH-IV, em consequência do pequeno porte dos rios e da baixa taxa de precipitação. No AH-III a capacidade total representa 9% do volume anual médio gerado, considerando a área de contribuição ( $254.228.340 \text{ m}^3$ ), mas a região possui bom potencial hídrico subterrâneo. O AH-II detém a maior capacidade de acumulação, representando 92,4% do total da bacia, e a capacidade total de acumulação supera em 2% o volume médio anual gerado em sua área ( $390.346.476 \text{ m}^3$ ). As condições físicas apresentadas neste ambiente são propícias à implantação de barragens em função das condições hidrológicas, chuva e escoamento, favorecidas pelo AH-I que tem pequena capacidade de acumulação. O volume anual de 16% gerado na área

(63.290.124 m<sup>3</sup>) do AH-I é influenciado pelas altas declividades da região e que inviabilizam a construção de barragens.

Quadro 2. Disponibilidade natural média de água per capita na bacia do rio Itapicuru.

Dados	1980	1991	2000	2010	2015
População (hab)	963.652	1.186.331	1.232.480	1.277.929	1.304.691
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	37,7	33,3	29,9	28,7	25,2
Média Per capita (m <sup>3</sup> /hab.ano)	1235,0	886,1	765,4	707,8	610,1

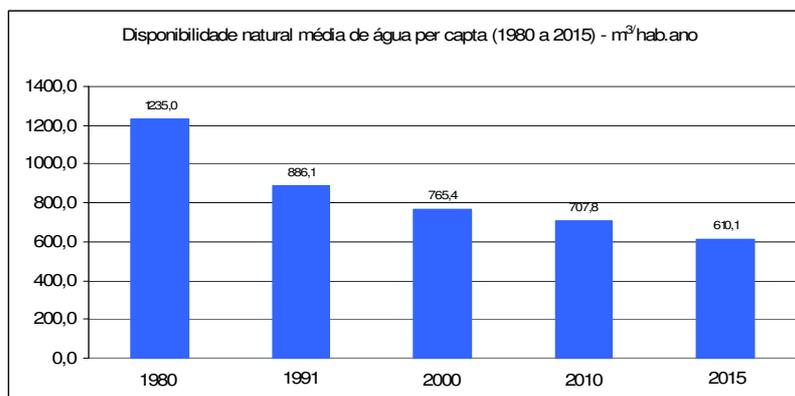


Figura 2. Projeção da disponibilidade natural média de água per capita na bacia do rio Itapicuru em m<sup>3</sup>/hab.ano (1980 a 2015).

Quadro 3. Total de reservatório com capacidade de acumulação igual ou superior a 500.000 m<sup>3</sup>.

Ambiente Hidrológico	Nº de reservatórios com volume igual ou superior a 0,5 hm <sup>3</sup>	Volume total acumulado (m <sup>3</sup> )
I	5	10.278.400,00
II	23	396.989.665,00
III	8	22.456.020,00
IV	0	0
Total	36	429.724.085

## 2.2.2 Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas na bacia estão associadas a quatro domínios hidrogeológicos (Figura 3): (a) os metassedimentos da borda leste da Chapada Diamantina, onde estão as nascentes do Itapicuru; (b) a região central de embasamento cristalino e embasamento parcialmente recoberto por coberturas detríticas Tércio-Quaternárias, onde predomina o clima semi-árido; (c) as áreas sedimentares da bacia de Tucano, onde grande parte das sedes municipais é abastecida com água subterrânea, e (d) a região de embasamento recoberto parcialmente por sedimentos Barreiras, próxima a faixa litorânea, em condições de clima semi-úmido a úmido.

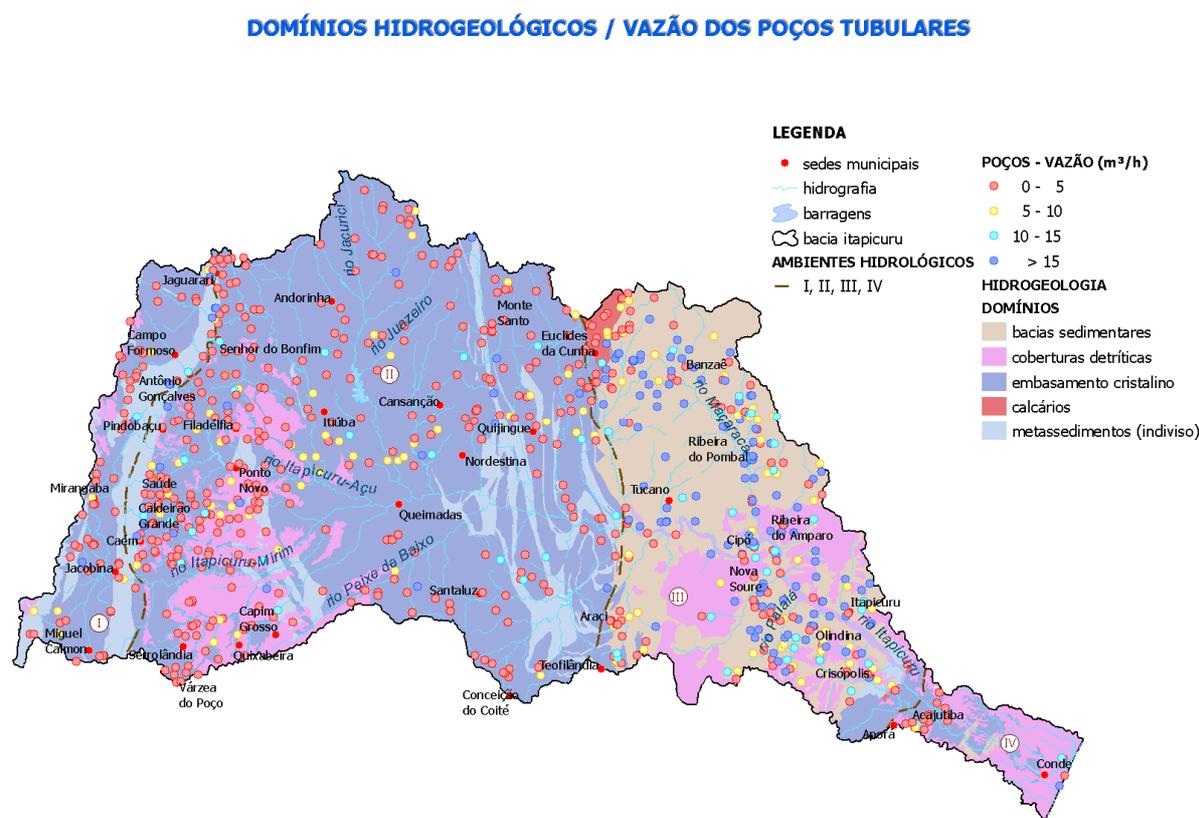


Figura 3. Domínios hidrogeológicos e vazões registradas nos poços tubulares da bacia do Itapicuru.

No domínio Metassedimentar (AH-I) as rochas apresentam muitas fraturas e, pela colocação estrutural, como unidade de topografia elevada, estão expostas a um índice pluviométrico mais alto. As rochas são mais resistentes e a água tende a ser mais doce; o manto do intemperismo praticamente inexistente e a taxa de infiltração direta é alta. São aquíferos de natureza fissural, localmente granular/fissural, e o intenso fraturamento favorece a recarga e o armazenamento.

Em termos de área o domínio cristalino é o mais representativo, predominando na região do trecho médio da bacia (AH-II). São dois sistemas aquíferos distintos, pelo fato de que em algumas áreas se encontram extensas coberturas Tércio-Quaternárias que conferem, localmente, melhores

condições de recarga e qualidade. A quantidade de água armazenada está relacionada ao índice de fraturamento, abertura das fendas, interconexão das fraturas e inter-relação com as zonas de recarga em superfície e, especialmente, a precipitação pluviométrica. Nas áreas mais próximas ao litoral (AH-IV) o manto de intemperismo é mais espesso e as condições de recarga são melhores.

O domínio do aquífero sedimentar (AH-III) é representado pelos sedimentos da bacia de Tucano, que apresentam elevados potenciais de águas subterrâneas com boa qualidade. Os principais aquíferos são constituídos pelos sedimentos do Grupo Ilhas e das Formações Marizal e São Sebastião. São aquíferos do tipo granular afetado por ciclos tectônicos, com um intenso sistema de falhas. Localmente, os poços apresentam baixas vazões, como reflexo da grande heterogeneidade estratigráfica, litológica e estrutural. O nível dinâmico exibe maior variabilidade e cerca de 50% dos poços apresentam valores acima de 25m e a vazão média pode alcançar 200m<sup>3</sup>/h.

Os terrenos cársticos, pouco representativos na bacia, são formados por rochas carbonáticas e pelíticas, deformadas em dobras fechadas, pouco fraturadas. Sendo rochas mais facilmente intemperizadas, as fraturas primárias tornam-se gradativamente mais abertas, permitindo maior taxa de renovação da água.

A tipologia química da água que predomina entre os diferentes domínios hidrogeológicos da bacia é a cloretada cálcica-magnesiana, principalmente nas regiões do embasamento cristalino (Mestrinho & Luz, 2005). O sistema cárstico é o mais explorado com cerca de 17km<sup>2</sup>/poço, ao contrário do aquífero na cobertura do cristalino com 159,3km<sup>2</sup> / poço.

### **2.2.3 Uso dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Itapicuru**

As demandas, representadas pelo total de 193 outorgas da bacia registradas até dezembro de 2006 (SRH, 2006), são equivalentes a vazão de 523.032 m<sup>3</sup>/dia (6,05 m<sup>3</sup>/s). As outorgas dos mananciais superficiais (5,2 m<sup>3</sup>/s) representam 18% da disponibilidade hídrica natural média da bacia e 86% do total de outorgas – estão concentradas principalmente nos AH-I e II (Quadro 4). As outorgas para as águas subterrâneas predominam no AH-III.

Como ilustra a Figura 4, os usos mais expressivos para as vazões de água outorgadas na bacia são para irrigação (53%), e abastecimento humano (43,3%). No AH-I o consumo humano representa 84,8% das vazões outorgadas, enquanto no AH-II e IV predomina o uso para a irrigação (68,2%). No AH-III, a irrigação (45,6%) e o abastecimento humano (49,9%) são similares.

Quadro 4. Vazões e quantidades de outorga por tipo de manancial na bacia do rio Itapicuru.

Tipo de Manancial	AH - I (m <sup>3</sup> /dia) (nº de outorgas)	AH - II (m <sup>3</sup> /dia) (nº de outorgas)	AH - III (m <sup>3</sup> /dia) (nº de outorgas)	AH - IV (m <sup>3</sup> /dia) (nº de outorgas)	Vazão Total (m <sup>3</sup> /dia) (nº de outorgas)	% Vazão (% de outorgas)
Subterrâneo	2244,9 (4)	1947,0 (6)	68425,7 (52)	730,0 (2)	73347,7 (64)	14,0% (32,6%)
Superficial	93223,0 (23)	339393,3 (90)	8587,0 (5)	8481,0 (12)	449684,3 (130)	86,0% (67,4%)
Total	95467,9 (27)	341340,4 (96)	77012,7 (57)	9211,0 (14)	523032,0 (193)	100,0% (100,0%)



Figura 4: Distribuição da vazão outorgada por tipo de uso nos ambientes hidrogeológicos da bacia do Itapicuru.

## 2.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Um banco de dados secundários sobre a bacia foi construído com base nas informações disponíveis em órgãos ambientais (SEPLANTEV/SEI, 1991; BAHIA, 1995; BAHIA, 2006), dentre outras: dados sócio-econômicos, produtos cartográficos, cadastros dos pontos d'água, de reconhecimento dos solos e cobertura vegetal, relatórios de construção dos poços tubulares etc.

A qualidade das águas do rio Itapicuru foi investigada em uma grade amostral de 30 pontos para coleta de água e 20 pontos para sedimentos. A extensão territorial da bacia é grande e, embora o número de pontos seja limitado, a amostragem contempla os trechos do curso principal do rio e seus afluentes (R1, R2,..., R23), incluindo os reservatórios (B1, B2,..., B7). Foram realizadas duas etapas de campo em períodos sazonais distintos: agosto de 2005 (maior índice de chuvas) e janeiro de 2006 (maior estiagem). Os padrões recomendados pela APHA (1995) foram utilizados para as técnicas de coleta e análise das amostras. Em cada ponto foram investigadas as seguintes variáveis: condutividade; cloretos, nitrogênio e fósforo total, nitratos, coliformes termotolerantes, Índice do estado trófico – IET (Calson,1997; Índice da qualidade da água – IQA (Nacional Sanitation Foundation - U.S.A.) e os níveis de metais nos sedimentos pelos critérios no NOAA (Buchman, 1999) .

Para a análise espacial da qualidade das águas subterrâneas foi utilizado os dados de 900 poços cadastrados pela Companhia de Engenharia Rural da Bahia – CERB, no período entre 1960-2001. O arquivo utilizado inclui um grande número de informações históricas com medidas de profundidade, nível piezométrico, ensaios de vazão e dados químicos. Os dados hidrodinâmicos e hidroquímicos dos poços, tais como: profundidade (metros), nível estático e vazão ( $m^3h$ ), cloretos (mg/L), sólidos totais dissolvidos (mg/L) e nitratos (mg/L) foram submetidos a tratamento estatístico e geoestatístico utilizando-se os *softwares S-Plus e ArcGis 8.2*.

Na ilustração das informações obtidas foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, de modo a permitir uma leitura da distribuição espacial dos parâmetros investigados, usando mapas na escala regional (1:1.300.000). A abordagem final inclui um zoneamento da qualidade das águas associado aos aspectos sócio-econômicos e ambientais da bacia, integrando-se outras informações setoriais disponíveis no âmbito do Projeto PRODETAB, no sentido de fornecer subsídios para programas de planejamento dos recursos hídricos e de desenvolvimento sustentável da bacia.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A compreensão da dinâmica socioambiental, que influencia na qualidade dos recursos hídricos, exige a integração das diversas informações setoriais. Como base metodológica para a construção do diagnóstico ambiental da bacia, junto à qualidade das águas, foi também avaliada a vulnerabilidade física das unidades de paisagem integrada aos aspectos da dinâmica socioeconômica e da outorga dos recursos hídricos. Os resultados são discutidos a seguir.

### 4.1 Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais

A Figura 5 mostra os dados hidroquímicos em cada ponto de estudo. Observa-se, em geral, que os tributários possuem água com menor qualidade. Valores impróprios de coliformes termotolerantes aparecem nas estações: R15 (5320 col/100mL), próximo a lançamento de esgotos da cidade de Queimadas; R18 (13600 col/100ml), a jusante de Jacobina; R22 (3200 col/100mL), tributário que recebe efluentes de Campo Formoso; e B7 (6300 col/100mL), no Açude Cariacá. Os teores de nitrogênio total são mais elevados ( $> 1,0$  mg/L) nas proximidades de áreas populosas ( $>25000$  habitantes), como as cidades de Tucano, Jacobina e Senhor do Bonfim.

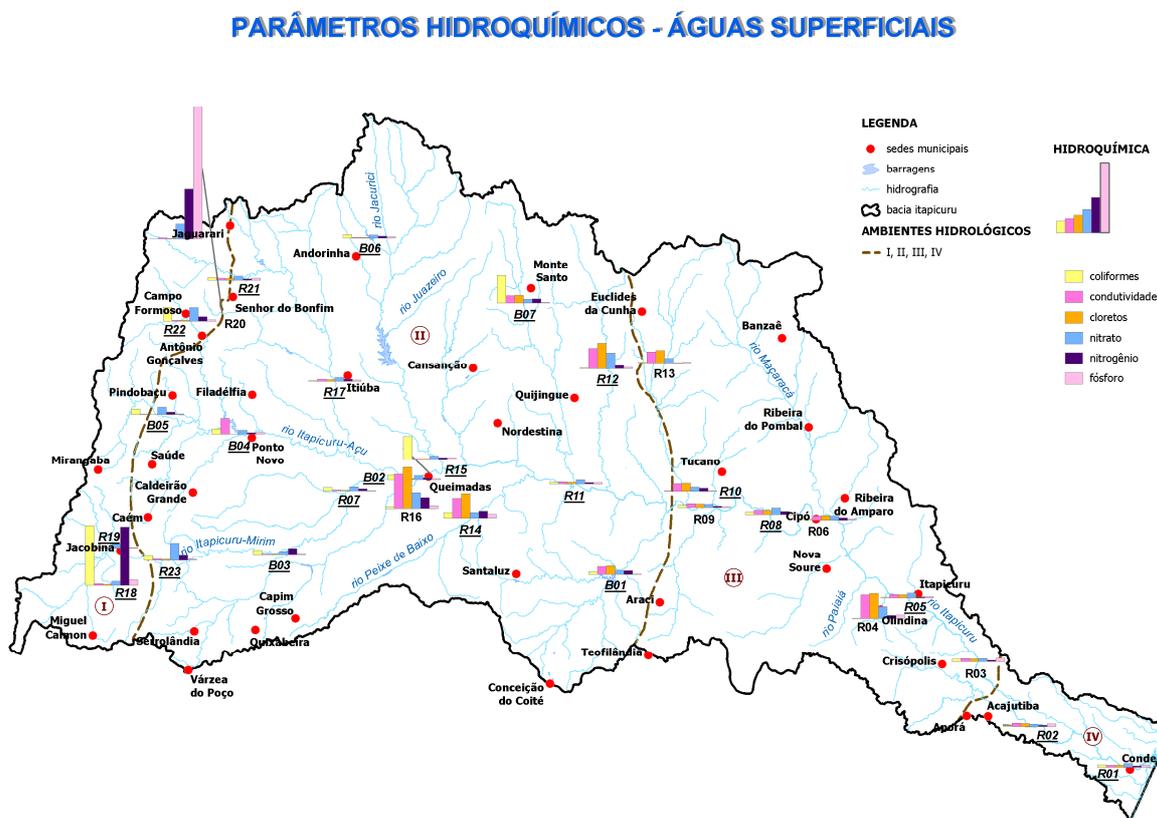


Figura 5. Concentração máxima dos parâmetros hidroquímicos nos pontos de estudo

Os maiores teores de metais registrados na água foram para manganês (0,06-13,42 mg/L), ferro (>0,3 mg/L) e, especialmente de cromo nos pontos R20 (0,05 mg/L) e B3 (0,08 mg/L).

Os resultados sugerem que a qualidade da água reflete as condições naturais e antrópicas (figura 1). As principais alterações podem ser relacionadas aos seguintes processos:

- Assoreamento: a profundidade média varia nas estações do rio entre os períodos 1 (0,8m) e 2 (0,4m) de coleta;
- Eutrofização: as águas exibem elevada concentração de fósforo total (0,07– 23,95 mg/L), os maiores valores (>1500 mg/L) estão nos pontos próximos as cidades de maior população do setor I (Senhor do Bonfim e Jacobina);
- Salinização: os pontos no médio Itapicuru, onde a precipitação média é baixa, acusam maiores valores de condutividade (>600  $\mu$ S/cm) e de cloretos (>300 mg/L);
- Contaminação química: no alto Itapicuru, onde se concentram as atividades de mineração de cromo, os teores de metais nos sedimentos são mais elevados.

#### **4.2 Zoneamento da Qualidade das Águas Subterrâneas**

Com base nos resultados de estudos desenvolvidos no âmbito do Projeto PRODETAB (Mestrinho e Luz, 2004; Mestrinho et al, 2006; Mestrinho et al, 2007; Mestrinho et al, 2008), foram utilizadas figuras que caracterizam a distribuição espacial dos dados de profundidade da água, cloretos, sólidos totais dissolvidos e nitratos nos poços tubulares da bacia (Figuras 6 e 7). Observa-se que: (i) as maiores vazões estão associadas a poços profundos do domínio das bacias sedimentares e aos maiores registros de precipitação no AH-III; (ii) as zonas com alta concentração de cloretos, STD e nitratos são delineadas no AH-II, setor de maior aridez da bacia, onde os sistemas aquíferos são mais vulneráveis (menores profundidades, zonas de fraturamento, manto de intemperismo pouco espesso) e onde existe maior ocupação demográfica; (iii) o nitrato, em particular, é um constituinte associado a atividades antrópicas, e as zonas de valores elevados aparecem nos AH-I e AH-II, trechos alto e médio da bacia, onde existe maior ocupação e expressivo desenvolvimento socioeconômico. Algumas características importantes de cada setor, que corroboram os resultados obtidos, são ressaltadas abaixo:

- AH-I: possui significativa heterogeneidade hidrogeológica, que inclui o domínio metassedimentar, com rochas de fraturamento intenso, variação na colocação estrutural e exposta a índices pluviométricos mais altos. A taxa de infiltração é elevada, principalmente nas áreas de alta densidade de fraturamento e maior índice pluviométrico.

- AH-II: corresponde a parte central da bacia, onde predomina o embasamento cristalino e a taxa de precipitação é mais baixa. Os poços apresentam vazões médias, embora localmente podem ser altas. A demanda pela água subterrânea é crescente.

- AH-III: abrange as áreas sedimentares da sub bacia do Tucano, onde grande parte das sedes municipais é abastecida com água subterrânea. O aumento da demanda de água exige poços mais profundos e com maior vazão.

- AH-IV: compreende a faixa litorânea onde a quantidade de poços cadastrados é baixa, embora se conheça que o uso águas subterrâneas é expressivo. A análise mais apurada passa pela necessidade de aquisição de maior quantidade de dados ou atualização do cadastro de poços recentes.

Estudos sobre a vulnerabilidade das águas subterrâneas na bacia do Itapicuru (Mestrinho et al. 2006) coadunam com estas observações e apontam os AH-I e AH-II como os mais vulneráveis. É recomendável que sejam desenvolvidos estudos de detalhe atualizados destes setores, para a aquisição de dados de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e análise de casos de contaminação registrados.

### PROFUNDIDADE NOS POÇOS TUBULARES

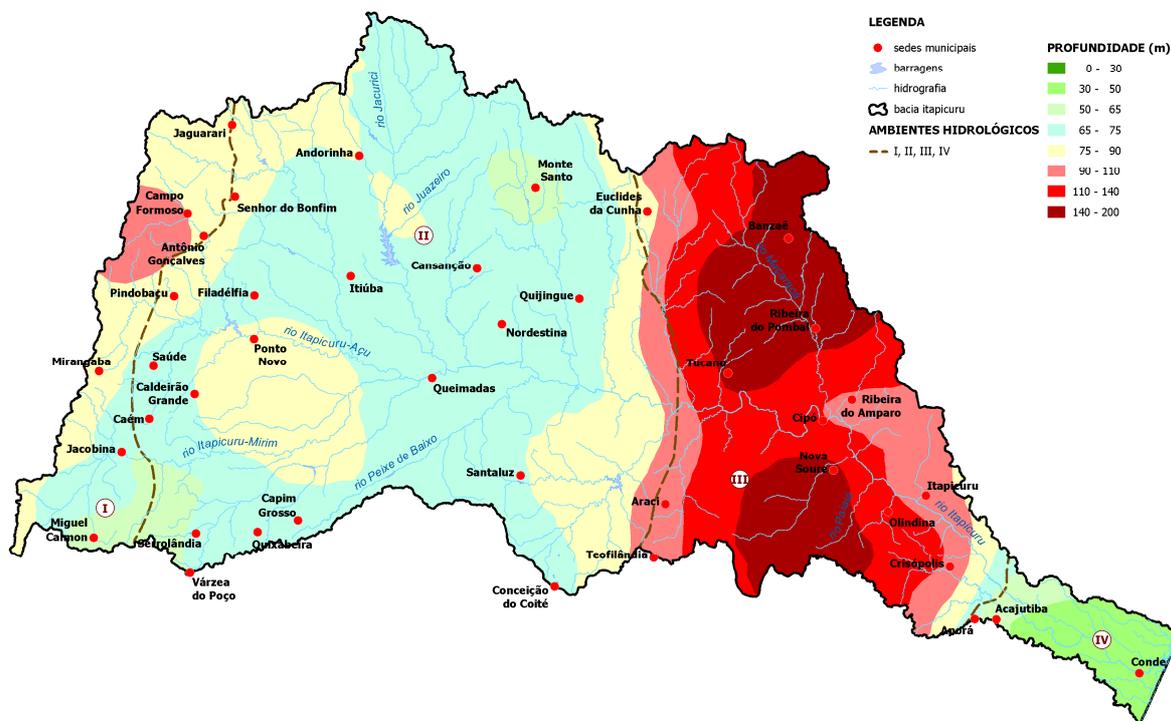


Figura 6. Profundidade dos poços tubulares da bacia do Itapicuru.

## CLORETOS × NITRATO × SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS NOS POÇOS TUBULARES

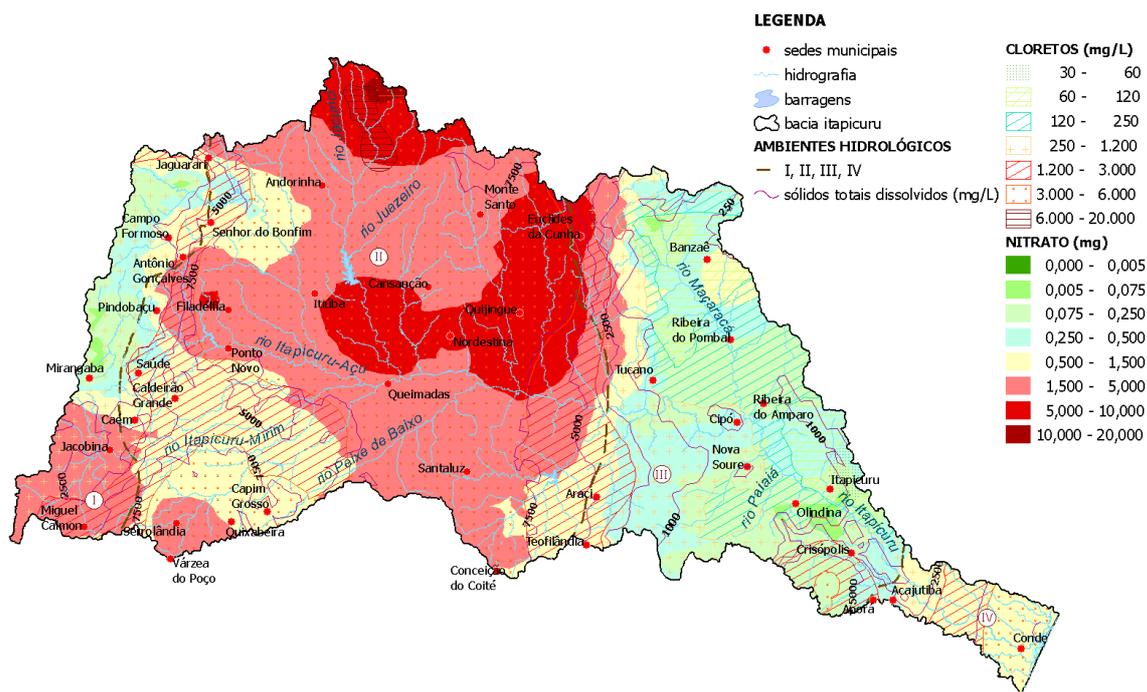


Figura 7. Zoneamento de dados químicos dos poços tubulares da bacia do rio Itapicuru

### 4.3 Subsídios sócio-ambientais para Avaliação da Qualidade Ambiental

De forma consonante com os princípios da integração sistêmica das informações existentes procurou-se compreender o território a partir do seu arcabouço biofísico e das dinâmicas sócio-econômicas incidentes. A análise integrada dos componentes físicos ambientais regionais (geologia, morfologia de terreno, densidade de drenagem, solos, etc), resultou na delimitação de unidades de paisagem homogêneas, para as quais foram identificados níveis de vulnerabilidades físicas aos impactos antrópicos, com base na análise da sensibilidade intrínseca e resiliência dos sistemas.

Como ilustra a figura 8, as zonas de maior vulnerabilidade (19% da área da bacia) se distribuem preferencialmente na porção norte da bacia e nas áreas da planície costeira. São áreas com precipitação média de 1.100 mm e alto risco de erosão. No AH- I estão as nascentes dos principais cursos d'água ao norte e no AH- IV os ecossistemas sensíveis. As zonas de média e baixa vulnerabilidade ocupam, respectivamente, 35 e 46% da área da bacia. As áreas de maior densidade demográfica coincidem com as de maior registro na outorga ou uso predominante dos recursos hídricos superficiais (BAHIA/SRH, 2006). Em torno de 75% das outorgas se destina a irrigação e se concentra nos setores do alto (AH-I) e médio inferior (AH-III) do Itapicuru.

Visando colher elementos para balizar os resultados dos componentes ambientais, buscou-se entender o nível de pressão antrópica associado às atividades econômicas na bacia. Sob esta ótica

foram delimitadas e mapeadas seis unidades socioeconômicas homogêneas (Figura 9), identificadas a partir da análise dos diversos indicadores socioeconômicos (população urbana, PIB, atividades agropecuárias, áreas de mineração, indústria). Os resultados indicam o baixo dinamismo econômico da bacia e justificam os resultados da qualidade das águas superficiais e subterrâneas alcançados neste estudo.

### VULNERABILIDADE FÍSICA × POPULAÇÃO × OUTORGAS SUPERFICIAIS

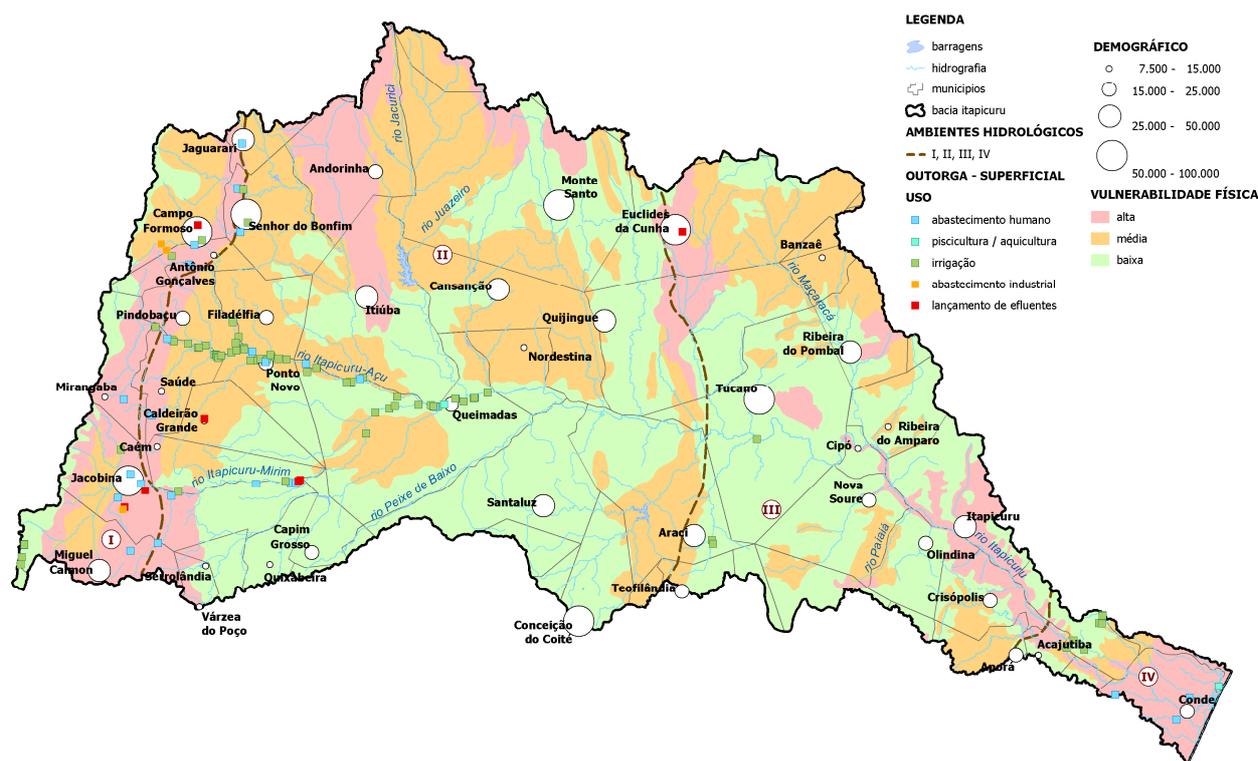


Figura 8. Zoneamento da vulnerabilidade física associada à distribuição da população e a outorga das águas na bacia do rio Itapicuru

#### 4.4 Diagnóstico e Prognóstico ambiental associado à qualidade das águas superficiais

Compreender a qualidade ambiental de um determinado território é sempre um grande desafio, já que existem muitas variáveis envolvidas e muitas vezes os métodos setoriais utilizados não são suficientes para produzir uma leitura compatível à escala e objeto de análise. Para validação da qualidade ambiental da bacia são relacionadas diversas variáveis, por meio dos indicadores do meio físico, atividades produtivas e qualidade da água. Para qualidade da água superficial foram usados os indicadores IET e o IQA, índices empíricos que agregam valores de vários parâmetros em um único indicador numérico. O IET agrupa os resultados de fósforo total e clorofila *a*, e o IQA os

parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio – DBO, coliformes, nitrogênio e fósforo total; sólidos totais e turbidez.

A concentração dos metais nos sedimentos de cada ponto foi avaliada para os três níveis dos padrões do National Oceanograph and Atmospheric Administration – NOAA: TEL – Threshold Effects Levels - Concentração abaixo da qual os efeitos adversos ocorrem raramente; PEL – Probable Effects Levels - concentrações acima da qual se espera a ocorrência de efeitos adversos; UET Upper Effects Threshold - Concentração acima da qual os impactos biológicos adversos seriam esperados para um determinado bioindicador. Os resultados são agrupados e ilustrados na figura 9.



Figura 9. Zoneamento das unidades socioeconômicas na bacia do Itapicuru, associado aos valores do IQA e IET na água, e dos metais nos sedimentos nos pontos de amostragem.

Observa-se que em grande parte dos pontos de estudo o IET se apresenta nos estados mesotrófico e eutrófico, respectivamente de produtividade intermediária e alta. O estado hipereutrófico é identificado em alguns pontos do AH-I. O IQA indica que a qualidade de água é boa na maior parte da bacia, em especial, nos AH-III e AH-IV. No AH-I os valores são de

qualidade aceitável, mas um ponto de qualidade imprópria aparece próximo a Senhor do Bonfim. O mesmo se observa para o IET.

Fica evidente o comprometimento da água em áreas de maior população, em consequência do lançamento de esgotos urbanos (residenciais, comerciais, matadouros, etc...). A atividade mineral também se reflete nos resultados pontuais. Na sua maioria, os sedimentos apresentam valores abaixo do TEL, sugestivo da boa qualidade ambiental da bacia. O cromo acima do PEL ocorre nas barragens B3, B5 e ponto R22, áreas com atividades de mineração de cromo.

Os resultados levam ao diagnóstico de que a bacia do Itapicuru se apresenta com uma qualidade ambiental satisfatória, relacionada ao baixo dinamismo econômico. As atividades associadas a agricultura e pecuária, tem pouco peso no PIB da região e no impacto ambiental sobre as águas. A atividade mineral, em franca decadência, que dinamizou a economia e concentrou populações em centros urbanos de médio porte, já não consegue promover o crescimento econômico da região. Os passivos ambientais associados às áreas com atividades de mineração se refletem na qualidade dos sedimentos.

## **5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A qualidade hídrica e ambiental da bacia do rio Itapicuru é satisfatória e compatível com o baixo dinamismo econômico. As atividades produtivas têm baixo potencial poluidor, e não geram riquezas, fator que explica o inexpressivo PIB per capita da população na bacia.

As unidades socioambientais homogêneas indicam grandes áreas onde podem ser implantadas atividades produtivas compatíveis com a fragilidade ambiental. Muitas áreas se encontram em zonas de baixo dinamismo econômico e menor densidade demográfica, indicando que não existem ações governamentais para promover o seu desenvolvimento sustentável. As maiores concentrações populacionais estão localizadas em centros urbanos regionais, dinamizados pela indústria mineral que se encontra em franca decadência. A estagnação econômica, na maioria dos municípios da bacia, contribui para amenizar os impactos sobre os recursos hídricos.

A avaliação da qualidade de água do rio Itapicuru e de alguns tributários mostra resultados satisfatórios em termos dos índices de qualidade usados. A qualidade dos recursos naturais da bacia do Itapicuru é boa, porém, a economia está estagnada e os índices de pobreza são elevados.

O estudo com dados de captações subterrâneas na bacia auxilia na identificação de zonas prioritárias. O zoneamento regional da qualidade das águas subterrâneas torna evidente a influência do clima e da profundidade nos diferentes domínios hidrogeológicos da bacia. As maiores vazões estão associadas aos poços profundos do domínio das bacias sedimentares e em áreas com maior índice de precipitação. Zonas com altos teores de cloretos, STD e nitratos são observadas na área de

maior aridez (AH-II), onde os aquíferos do embasamento cristalino exibem maior vulnerabilidade e a ocupação demográfica é mais expressiva. A dispersão do nitrato confirma claramente o risco de contaminação das águas subterrâneas nas zonas mais vulneráveis e de maior desenvolvimento socioeconômico que apresentam maior vazão nos poços, mas exibem tendência decrescente para o nível estático e parâmetros químicos. Essas informações são úteis identificar zonas prioritárias e nortear programas de monitoramento regional e específico das águas subterrâneas na bacia.

As conclusões alcançadas, indicam que a metodologia proposta neste estudo representa uma base técnica preliminar, para nortear ações de controle do uso e da conservação dos recursos hídricos da bacia, respeitando-se as limitações da escala ao nível de bacia hidrográfica.

## **AGRADECIMENTOS**

O autor agradece: Ao sistema PRODETAB – EMBRAPA pelo suporte financeiro à execução do Projeto 055/01; a Companhia de Engenharia Rural da Bahia – CERB por disponibilizar o inventário que reúne os dados usados para o estudo; a GIS Engenharia pelo tratamento das informações por geoprocessamento; a equipe técnica do projeto PRODETAB pelos estudos que viabilizaram a integração das informações.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

APHA-AWWA-WPCF. American Public Health Association. Standards methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Washington. DC: 1995. 1268p.

BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH). Superintendência de Recursos Hídricos. Bacias Hidrográficas da Bahia. Salvador, SRH, 2006. 2<sup>a</sup> ed. 66 p.

BAHIA. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação. Superintendência de Recursos Hídricos. Plano Diretor da Bacia do Itapicuru. Salvador, SRH, 1995. 243. <http://hidricos.mg.gov.br>.

BUCHMAN, M.F. NOAA Screening Quick Reference Tables. NOAA HAZMAT Report 99-1, Seattle WA, Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 1999. 12p.

CALSON, R.E., A trophic state index for lakes. *Limnology & Oceanography*, (22), pp. 361-369. 1977.

MESTRINHO, S. S. P; Luz, J.G. Análise exploratória espacial e temporal dos dados de poços tubulares da bacia do rio Itapicuru-BA. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2004, Campo Grande. Anais... ABAS 2004. 20 pp

MESTRINHO, S.S.P. Análise da Vulnerabilidade Intrínseca das águas subterrâneas na bacia do rio Itapicuru, Bahia. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2006, Curitiba. Anais... ABAS, 2006. 20 pp.

MESTRINHO, S. S. P., REITEMAJER D., PORCIÚNCULA D. C., LYRIO R. Evaluation of the Surface Water Quality in the Itapicuru River Basin – State of Bahia, Brazil In: Water Resources Management 2007. Ed. Southampton: WIT Press, 2007, v.103, p. 133-141.

MESTRINHO, S.S.P. 2008 Projeto de Pesquisa para o Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil (PRODETAB). Estudo para o Planejamento Integrado do Uso e Conservação dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Itapicuru – Bahia. Relatório Técnico PRODETAB / EMBRAPA 055-01/01. 2008.

SEPLANTEC/SEI – Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia do Governo do Estado da Bahia / Centro de Estatísticas e Informações. Riscos de Seca na Bahia. Salvador: SEPLANTEC, 1991.