

ANÁLISE EXPLORATÓRIA ESPACIAL E TEMPORAL DOS DADOS DE POÇOS TUBULARES DA BACIA DO RIO ITAPICURU, BAHIA.

Suely Schuartz Pacheco Mestrinho¹ & Joana Angélica Guimarães da Luz²

Resumo - A bacia do rio Itapicuru apresenta grande extensão geográfica, com diversidade de condições agroclimáticas, geoeconômicas e fisiográficas. As águas subterrâneas estão associadas a quatro domínios hidrogeológicos, tendo por base rochas cristalinas, metassedimentares, carbonáticas e sedimentos. Este trabalho apresenta uma análise exploratória espacial e temporal das águas subterrâneas da bacia, utilizando parâmetros hidrodinâmicos e hidroquímicos de poços tubulares, tais como: profundidade, níveis estáticos e dinâmicos, vazão, cloretos, sólidos totais dissolvidos, dureza e nitratos. A metodologia utilizada permite uma espacialização dos dados de acordo com as condições climáticas e características das principais províncias hidrogeológicas da bacia, destacando quatro setores. As maiores vazões registradas estão associadas a poços profundos no domínio das bacias sedimentares em áreas com maior índice de precipitação, ao inverso das zonas com altos teores de cloretos, STD e nitratos que aparecem na região mais árida, onde os sistemas aquíferos do embasamento cristalino também exibem maior vulnerabilidade e a ocupação demográfica é expressiva. Os valores de nitrato apontam claramente para o risco de contaminação das águas subterrâneas, em particular, nos trechos alto e médio da bacia, onde existe maior densidade demográfica e desenvolvimento socioeconômico. A análise temporal dos dados plurianuais, para os diferentes setores, reforça estas considerações.

Abstract - The Itapicuru River Basin comprises a large geographic extension, with a diversity of climatic, geoeconomic and physiographic conditions. The groundwater in the region is associated with four hydrogeological domain, crystalline, meta-sediments carbonatic rocks and terció-quaternary sediments. This study presents a spatial and temporal analysis using hydro-dynamics and hydrochemical data from over 900 wells. The analyzed parameters are: Depth, piezometric level, dynamic level groundwater flow, chloride, nitrate, and TDS. The used methodology allowed the spatialization of climatic conditions and characteristics of the main hydrogeological domain,

¹ Suely Schuartz Pacheco Mestrinho. Centro de Pesquisa e Extensão – CEPEX / UCSal. Rua Plínio Moscoso 101/801. CEP – 40155 020. Salvador – BA Fone: 55 71 2450868 E-mail: suelyspm@uol.com.br

² Joana Guimarães da Luz. Núcleo de Estudos Hidrogeológicos de de Meio Ambiente – IGEO/UFBA. Rua Barão de Geremoabo, S/N Ondina. CEP: 40170-290. Fone: 55 71 203-8640 Email: jgluz@ufba.br

emphasizing four different zones. The highest groundwater flow are associated with the sedimentary basin domain, which has also the highest precipitation in the whole basin. Inversely the zones with high level of chloride, TDS and nitrate are those in the semi-arid portion of the basin, where the crystalline aquifer system show higher vulnerability compared to the other three, also the demographic occupation is relevant. The nitrate values indicate the contamination risk of the groundwater, particularly in the high and medium parts of the basin, where the population and economic activity are more intense. The temporal analysis lead to the same conclusion.

Palavras-Chave - Águas Subterrâneas, Bacia do Rio Itapicuru; Análise Exploratória de Dados, Geoestatística

Key-words - Groundwater; Itapicuru River Basin, Exploratory Data Analysis, Geostatistics

INTRODUÇÃO

Situada no nordeste do Estado da Bahia, a bacia do rio Itapicuru apresenta grande extensão geográfica com diversidade de condições agroclimáticas, geoeconômicas e fisiográficas. A população da bacia, estimada em 1.300.000 habitantes, representa 10% da população de todo o Estado e sua distribuição espacial é bastante diversificada. Cerca de 80% da sua superfície está localizada no polígono das secas, o que conduz a sérias conseqüências econômicas e sociais. Os impactos ambientais decorrentes das diversas atividades associadas ao uso da terra e ao 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, e por conseqüência da qualidade das águas.

Nas regiões do alto e médio curso do rio Itapicuru, onde a irrigação demanda em torno de 75% da água disponível, a dinâmica socioeconômica pressiona as reservas hídricas. Na parte baixa a demanda é insignificante e a produção agrícola é limitada pela complexidade dos solos coesos dos tabuleiros costeiros.

A bacia do Itapicuru representa atualmente uma das áreas prioritárias do Estado da Bahia, no que se refere a programas de melhoria de qualidade de vida das populações, por apresentar um quadro social caótico em contraste com a potencialidade dos recursos naturais, onde se inclui o potencial hídrico subterrâneo. Dos estudos realizados na bacia, poucos incluem o diagnóstico sobre as águas subterrâneas, que pode ter sua qualidade degradada por poluentes oriundos de fontes pontuais, como o lançamento de esgotos domésticos “in natura”, ou de fontes dispersas, como o

escoamento superficial que arrasta os poluentes acumulados na superfície como lixo, matéria orgânica etc. Considerando-se a grande extensão da bacia e a diversidade de condições climatológicas e geoconômicas, na prática, a análise completa e sistemática de todos os indicadores de qualidade das águas é quase que inexequível num panorama regional.

Este trabalho discute a análise espacial e temporal da qualidade das águas subterrâneas da bacia do rio Itapicuru, com base nos dados de profundidade (metros), níveis estáticos e dinâmicos (metros), vazão (m^3/h), cloretos (mg/L), sólidos totais dissolvidos (mg/L), dureza (mg/L $CaCO_3$) e nitratos, disponíveis da perfuração de cerca de 900 poços nos diferentes setores da bacia, na tentativa de se buscar uma metodologia simples que possibilite estabelecer um zoneamento regional da qualidade das águas subterrâneas.

A pesquisa é parte de um Projeto de maior porte na bacia do rio Itapicuru iniciado em Janeiro de 2003, sob o suporte financeiro da EMBRAPA através do Programa de Desenvolvimento Tecnológico de Apoio a Agricultura no Brasil – PRODETAB, que focaliza a temática de caracterização de recursos hídricos visando o seu uso racional na agricultura irrigada e preservação dos recursos naturais. Os resultados preliminares ora obtidos integram o subprojeto “Diagnóstico e Prognóstico Ambiental associado à Qualidade dos Recursos Hídricos”, que tem como principal atividade o acompanhamento sistemático, durante um ano hidrológico, da evolução temporal/espacial de qualidade das águas superficiais e subterrâneas em toda a bacia, visando subsidiar na adoção de medidas que possibilitem a proteção e conservação dos recursos hídricos. Espera-se que as conclusões alcançadas neste trabalho possam contribuir na proposição de estratégias para o controle do uso e da preservação qualidade das águas subterrâneas na região estudada.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E DOS SISTEMAS AQUÍFEROS DA BACIA

A bacia do rio Itapicuru, uma das maiores bacias dos rios de domínio estadual, ocupa uma área total de $36.440 km^2$ com extensão de cerca de 350 km até a foz (Figura 1). Com exceção da faixa litorânea, com clima úmido e semi-úmido, mais de 80% da área da bacia está inserida na região semi-árida, sujeita à ocorrência de secas, de grau severo. A condição de déficit hídrico resultou na execução de obras de engenharia, como a construção de barragens e perfuração de poços, a fim de aumentar a oferta de água nos períodos de maior demanda. Os barramentos estão localizados nos trechos alto e médio da bacia, apresentando uma particular concentração de usuários (entre eles irrigantes) em seu entorno e a jusante.

No que concerne às águas subterrâneas a Companhia de Engenharia Rural da Bahia – CERB vem desenvolvendo trabalhos na bacia, que já disponibilizam um cadastro de poços com inventário

de mais de 1300 captações subterrâneas e suas respectivas fichas de poços, onde constam os principais parâmetros sobre a produção e qualidade das águas. Como pode se observar na **Figura 2**, os poços apresentam vazões diferenciadas e estão distribuídos em quatro províncias hidrogeológicas principais na bacia, a saber: (a) os metassedimentos da borda leste da Chapada Diamantina, onde estão localizadas 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.

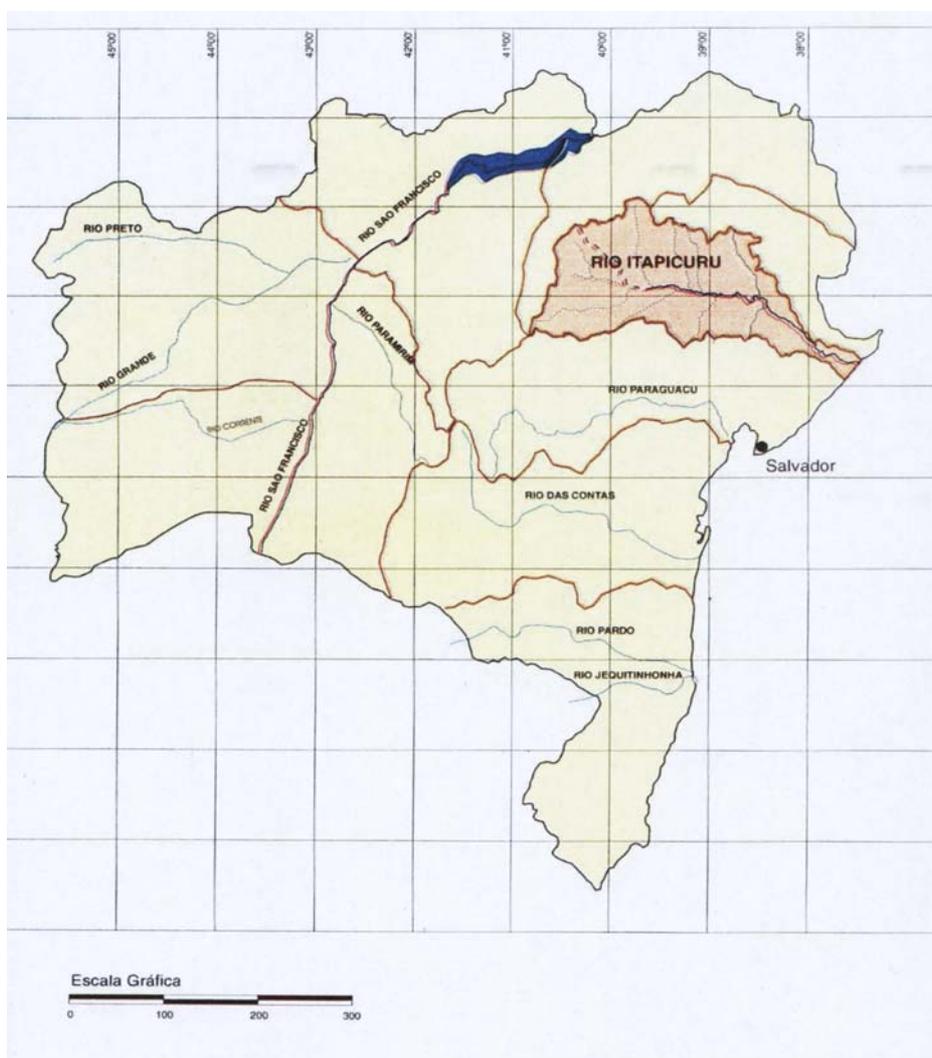


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia do rio Itapicuru no Estado da Bahia (SRH – 1995).

Em termos de área, o domínio cristalino é o mais representativo, predominando na região do trecho médio do rio, e pode ser dividido em dois sistemas aquíferos distintos pelo fato de que em algumas áreas, são encontradas extensas coberturas Tércio-Quaternárias que conferem, localmente, melhores condições de recarga e qualidade. A água do sistema aquífero tem sua origem principal na infiltração das águas meteóricas, diretamente nas áreas do afloramento ou indiretamente através da cobertura detrítica e aluvionar. O potencial do sistema e a exploração da água podem ser considerados baixos, embora em alguns locais possam existir melhores condições. A quantidade de água armazenada está relacionada, em essencial, ao índice de fraturamento, grau de abertura das fendas, interconexão das fraturas, e inter-relação com as zonas de recarga em superfície. Ao longo de toda a extensão da bacia, a alimentação dos sistemas aquíferos cristalinos é condicionada a variação das características climáticas, em especial, a precipitação pluviométrica. A exemplo, nas áreas mais próximas ao litoral o manto de intemperismo é mais espesso e as condições de recarga são melhores.

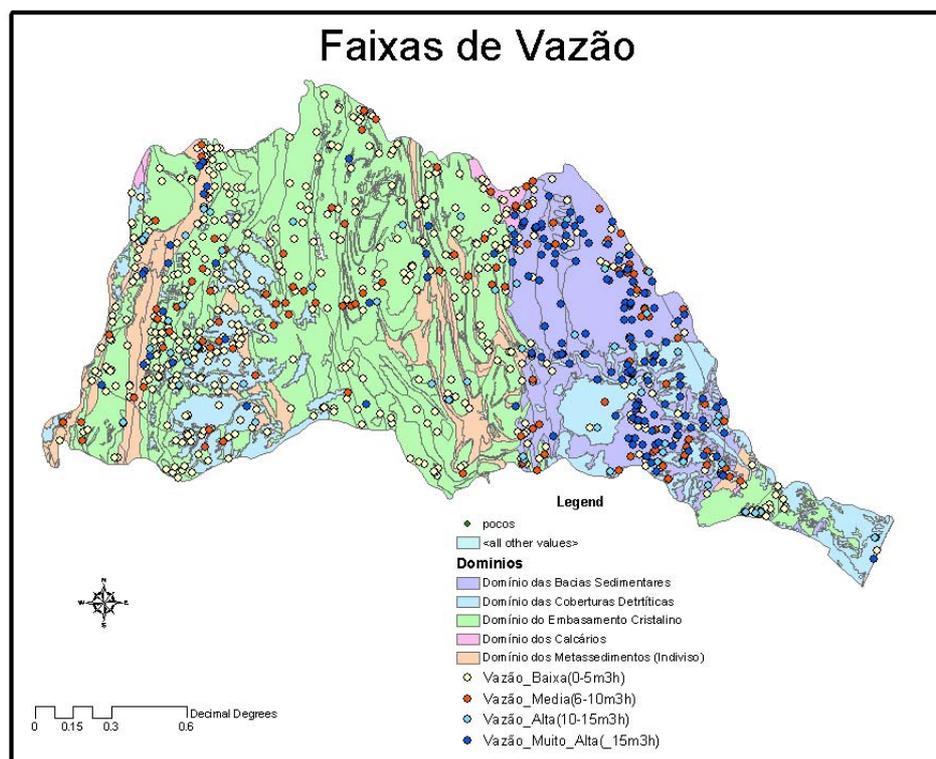


Figura 2 - Distribuição dos poços tubulares nos domínios hidrogeológicos da bacia do Itapicuru e respectivas vazões.

O domínio Metassedimentar é representado por conglomerados e quartzitos, com algumas associações de rochas plutônicas e vulcânicas. As rochas apresentam muitas fraturas, em um sistema complexo, e pela colocação estrutural, apresentam-se como unidade de topografia elevada, exposta a ocorrência de chuvas convectivas e, portanto a um índice pluviométrico mais alto. Como as rochas são resistentes ao ataque químico, as águas tendem a ser mais doce, o manto do intemperismo praticamente inexistente e a taxa de infiltração é alta. Os aquíferos são de natureza fissural ou localmente granular/fissural e o intenso fraturamento nas áreas de recarga, sugere que as reservas de água são altas e se destacam em relação às áreas do embasamento cristalino, em quantidade e qualidade.

O domínio do aquífero sedimentar está representado pelas áreas de afloramentos dos sedimentos da bacia de Tucano, localizada no trecho médio da bacia, 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. Apesar da grande potencialidade destes aquíferos, localmente, podem apresentar baixas vazões, como reflexo da grande heterogeneidade, do ponto de vista estratigráfico, litológico e estrutural.

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

Estudos hidroquímicos realizados nas águas dos diferentes domínios hidrogeológicos da bacia, indicam que a tipologia química predominante é a cloretada cálcica-magnésiana, principalmente nas regiões do embasamento cristalino.

MÉTODO DE TRABALHO

Para a análise exploratória, foi utilizado o cadastro da Companhia de Engenharia Rural da Bahia – CERB que reúne um inventário de mais de 1300 captações subterrâneas e suas respectivas fichas de poços. O arquivo utilizado inclui um grande número de informações históricas com medidas de profundidade, nível piezométrico, ensaios de vazão e dados químicos. Os dados de cerca de 900 poços, cadastrados entre o período de 1960 – 2001, foram submetidos a tratamento estatístico e geoestatístico utilizando-se os *softwares S-Plus e ArcGis 8.2*. Foram utilizados os seguintes parâmetros hidrodinâmicos e hidroquímicos dos poços: profundidade (metros), níveis

estáticos e vazão (m^3/h), cloretos (mg/L), sólidos totais dissolvidos (mg/L), dureza (mg/L $CaCO_3$) e nitratos (mg/L)..

Os resultados são discutidos, considerando-se aspectos tais como: informações da bacia; análise das tendências espaciais e temporais de parâmetros investigados; zoneamento da qualidade das águas

ESTRUTURAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Considerando-se que o foco principal do trabalho é uma análise exploratória espacial e temporal, em função dos dados disponíveis sobre os poços tubulares da bacia, optou-se pela representação gráfica dos resultados. Neste item são apresentados e discutidos os mapas e gráficos obtidos.

Inicialmente, para serem utilizados os dados foram analisados do ponto de vista da sua consistência. Poços com valores de parâmetros extremamente altos, a exemplo de algumas medidas de vazão com valores em torno de $30000 m^3/h$, foram descartados da análise. Para alguns anos existe um grande número de dados, enquanto para outros esses dados são mais escassos, com isso a utilização dos valores médios por ano não seria adequada, visto que os anos com diferentes quantidades de dados teriam o mesmo peso, optou-se pela utilização dos dados plurianuais, com períodos de cinco anos, a exceção do período entre os anos 60, 70 e 80 nos quais os dados foram agrupados em 10 anos. A partir desse agrupamento se obteve seis períodos: 1961-1970, 1971-1980, 1980-1985, 1986-1990, 1991-1995, 1996-2001.

ANÁLISE ESPACIAL

A análise espacial da bacia teve como objetivo a definição de setores, com características similares, a partir dos dados químicos e de parâmetros físicos. Tomando-se dados de precipitação média anual para referência, foi gerado o mapa de isoietas ilustrado na Figura 3. Mapas de isovalores também foram gerados para os parâmetros considerados nesse estudo (Figuras 4 a 8), a exceção da dureza e do nível dinâmico. Os mapas foram obtidos a partir da utilização da técnica de krigagem, onde é feita a interpolação dos valores de todos os poços da bacia para cada parâmetro, e os valores mais elevados são representados pelas tonalidades mais escuras nos mapas.

Da análise dos mapas obtidos, observa-se uma tendência de distribuição dos dados em quatro setores distintos na bacia: O Setor 1, no alto da bacia, que apresenta valores intermediários

para todos os parâmetros. O Setor 2 no centro da bacia onde os parâmetros químicos mostram valores mais elevados, ao inverso dos físicos que são mais baixos, como consequência da baixa precipitação (Figura 3) que dificulta a renovação de águas nos aquíferos subjacentes e promove o aumento da concentração dos constituintes dissolvidos. O Setor 3 que corresponde à bacia sedimentar Tucano-Jatobá, com um potencial hidrogeológico bastante satisfatório, demonstrado no mapa de distribuição de vazões. E, finalmente, o Setor 4 que corresponde a faixa litorânea. Essas diferenças ficam mais marcantes nos mapas correspondentes aos parâmetros químicos, a exemplo do mapa de cloretos, onde os valores mais elevados encontram-se no centro da bacia, onde ocorre as mais baixas precipitações.

Percebe-se que a análise espacial dos dados conduz a algumas considerações preliminares sobre os sistemas aquíferos da bacia, mesmo diante dos fatos de que a distribuição dos poços e os dados usados apresentam grande variabilidade. Dentro deste contexto, as principais conclusões são coerentes com as condições hidrogeológicas e pluviométricas, tais como: (i) as maiores vazões estão associadas a poços profundos no domínio das bacias sedimentares e de maiores registros de precipitação; (ii) as zonas com alta concentração de cloretos, STD e nitratos são delineadas nos setores 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 maiores valores aparecem nos trechos alto e médio da bacia, onde existem ocupação e desenvolvimento socioeconômico expressivos. A análise temporal dos dados, discutida a seguir, permite reforçar estas considerações e uma melhor avaliação dos dados associando-se as principais diferenças entre os quatro setores.

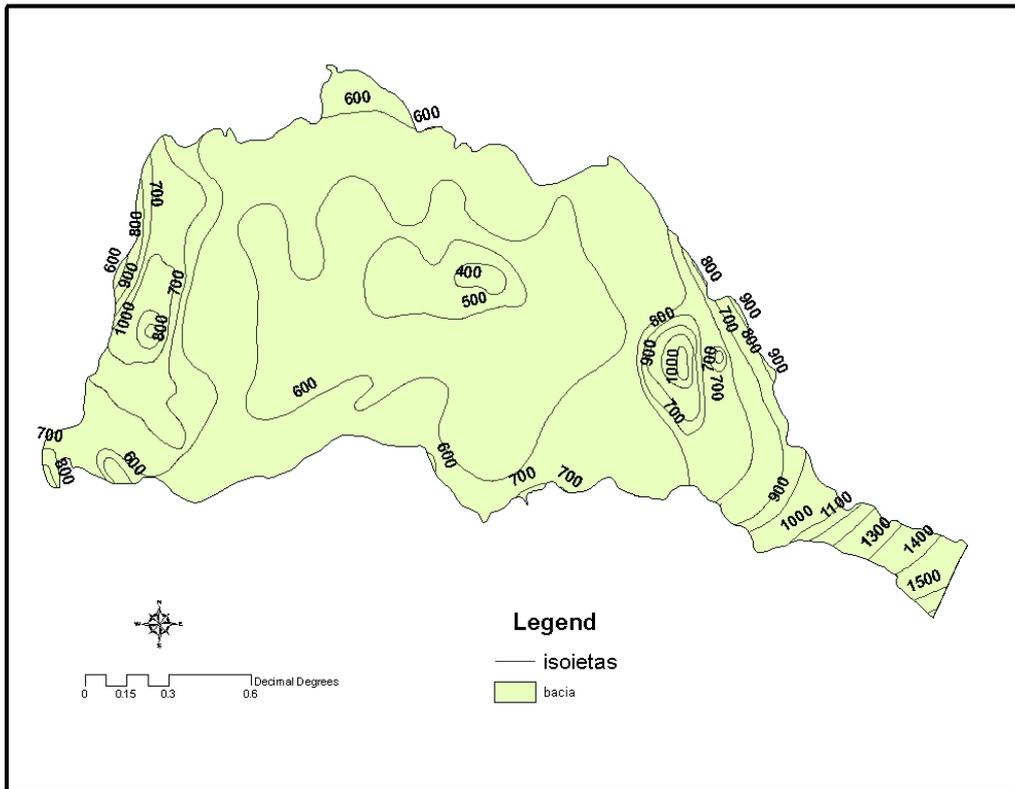


Figura 3 – Isoietas de precipitação média anual na bacia do Itapicuru

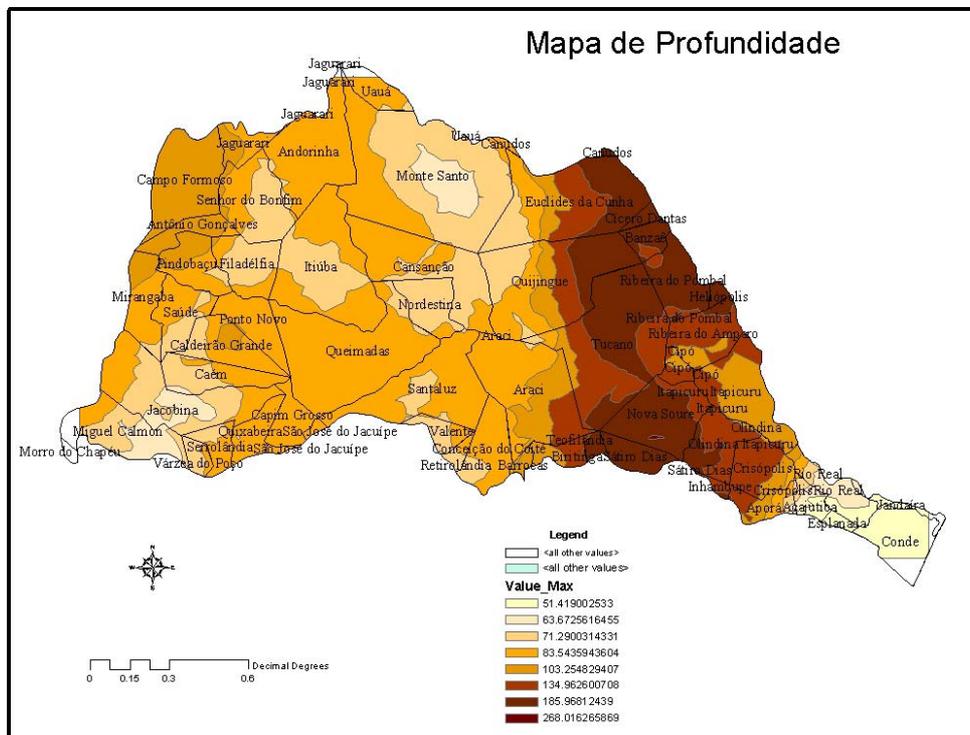


Figura 4 – Mapa de distribuição de profundidade dos poços tubulares na bacia do Itapicuru

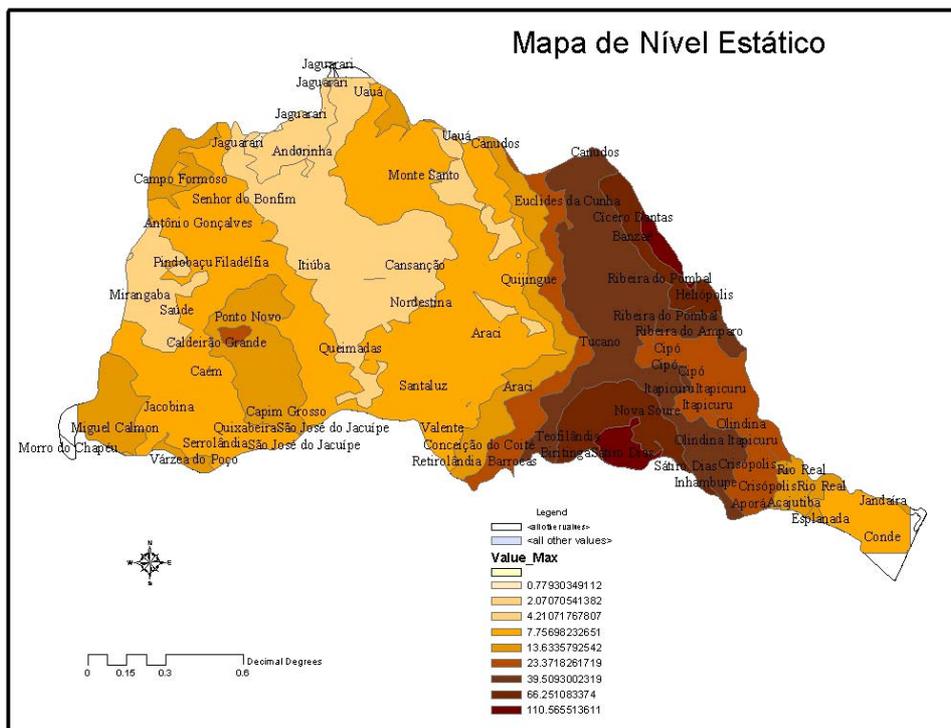


Figura 5 – Mapa de distribuição do Nível Estático nos poços tubulares na bacia do Itapicuru

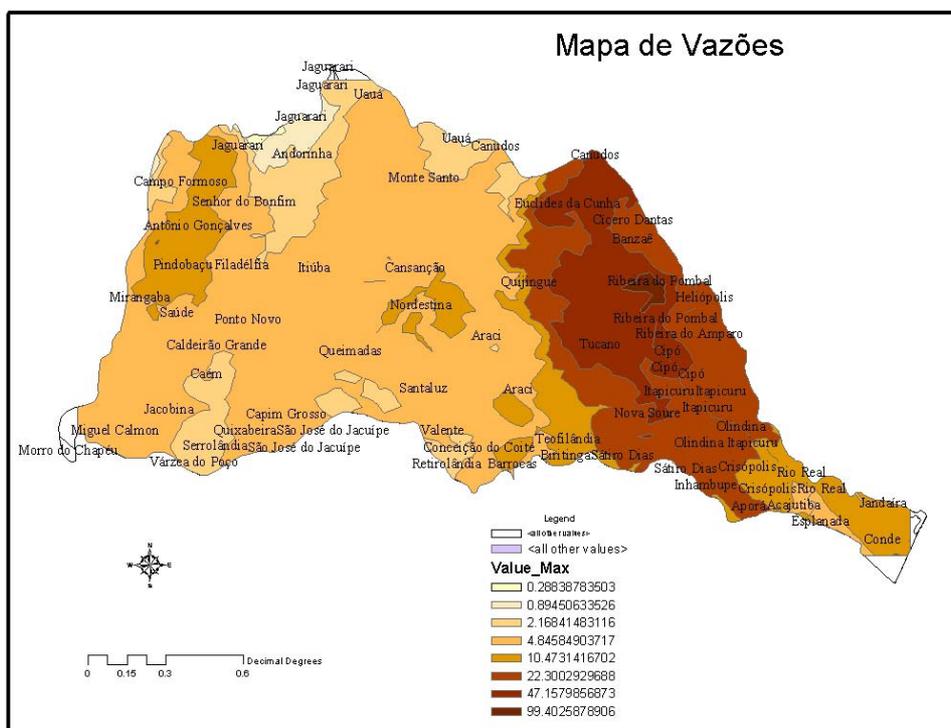


Figura 6 – Mapa de distribuição das vazões dos poços tubulares na bacia do Itapicuru

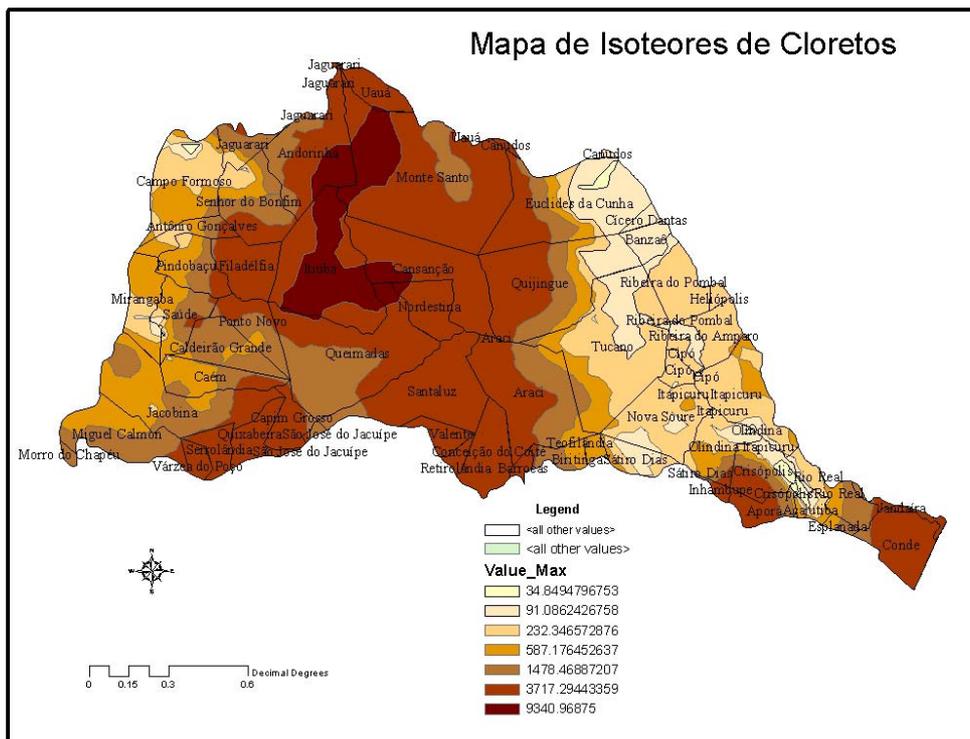


Figura 7 – Mapa de distribuição de Cloretos nos poços tubulares na bacia do Itapicuru

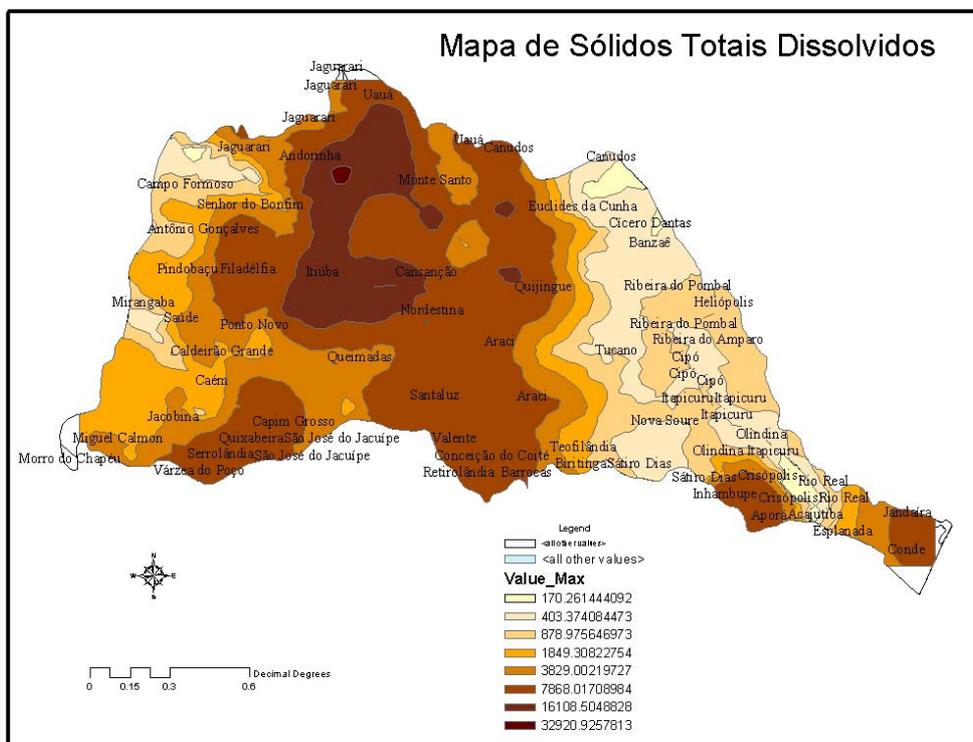


Figura 8 – Mapa de distribuição de Sólidos Totais Dissolvidos nos poços tubulares na bacia do Itapicuru

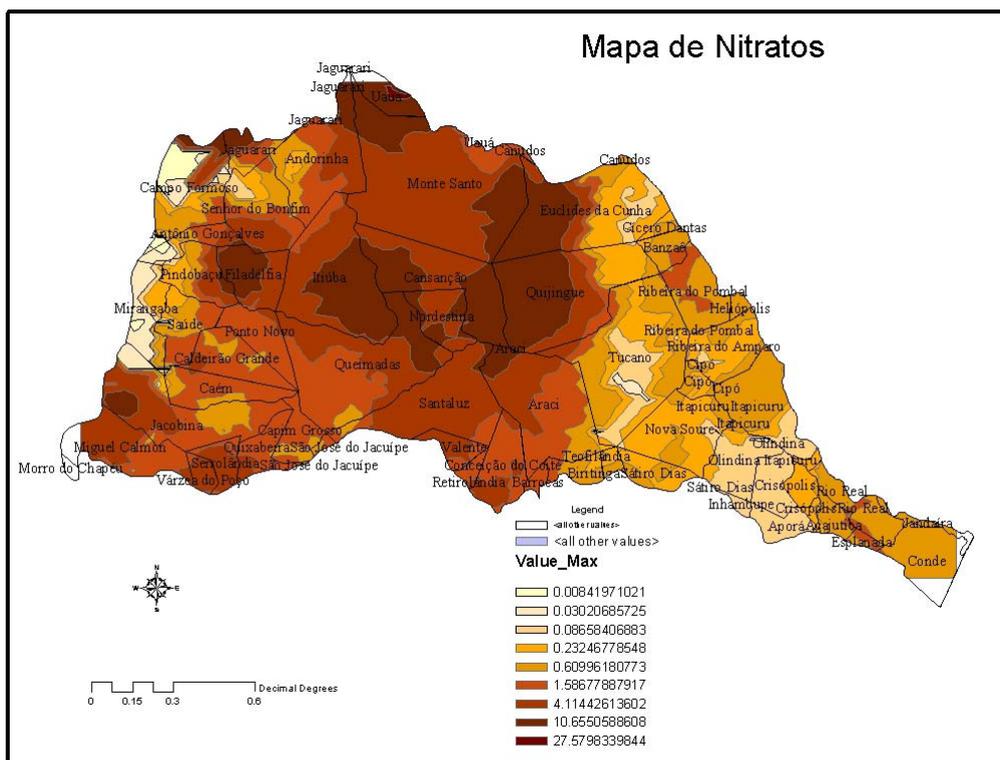
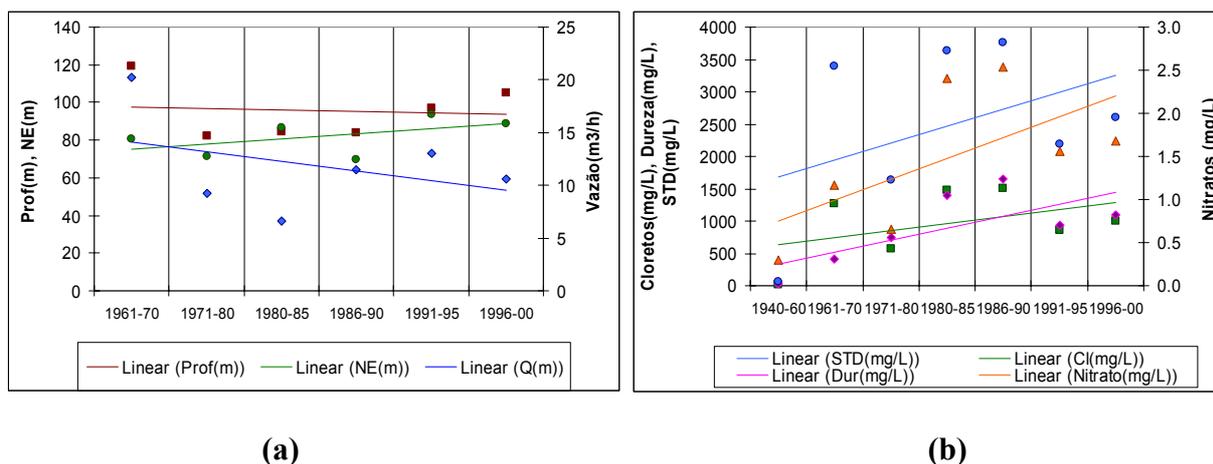


Figura 8 – Mapa de distribuição de Nitratos nos poços tubulares na bacia do Itapicuru

EVOLUÇÃO TEMPORAL

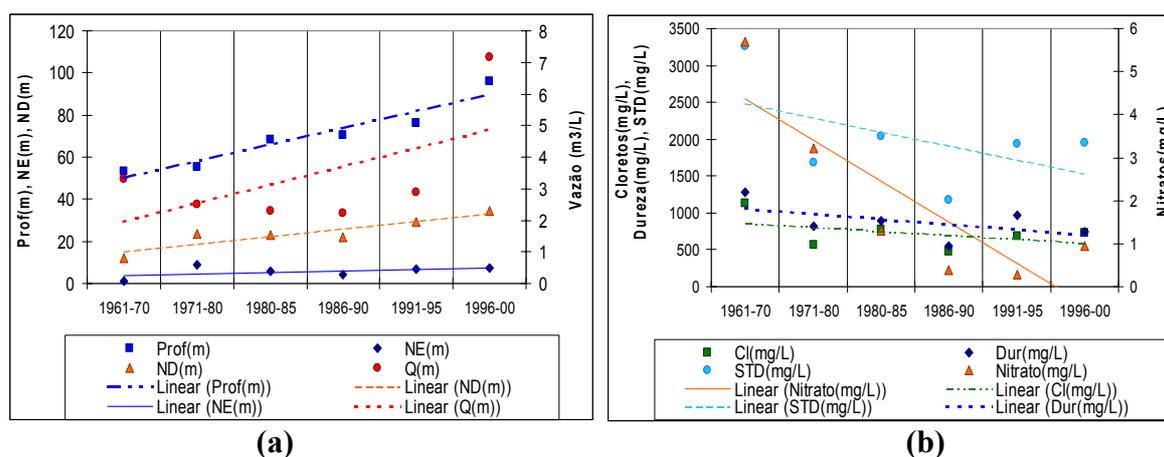
Para avaliação da evolução temporal dos parâmetros físicos dos poços, foram utilizados os dados do nível piezométrico (nível estático), nível dinâmico, profundidade dos poços e vazão. A vazão de ensaio foi considerada para estimar a disponibilidade e volume de água que estão sendo utilizados na região. Para a avaliação do comportamento dos parâmetros hidroquímicos foram também usados os dados de cloreto, dureza, nitratos e Sólidos Totais Dissolvidos. As Figuras 9 (a) e 9 (b) mostram a tendência geral em toda a bacia, considerando os valores médios plurianuais dos dados usados para análise. As linhas nos gráficos representam as retas de ajuste dos pontos plotados para cada parâmetro. Entre os parâmetros físicos nota-se uma leve tendência decrescente para a vazão dos poços, enquanto o nível estático mostra o inverso, crescendo com o tempo, acompanhado dos parâmetros químicos, o que sugere aumento da recarga sobre a descarga. É interessante destacar que o cloreto e, principalmente, o nitrato, constituintes associados à carga hidráulica poluente, exibem tendência crescente com o tempo. Estes fatos podem estar relacionados a áreas de recarga onde existem influências de cargas antrópicas. A evolução temporal dos dados nos quatro setores distintos na bacia, discutida a seguir, apresenta algumas particularidades.



Figuras 9 (a) e (b) – Evolução temporal para os dados Físicos (a) e Químicos (b) avaliados nos poços da bacia do rio Itapicuru

EVOLUÇÃO TEMPORAL NO SETOR 1

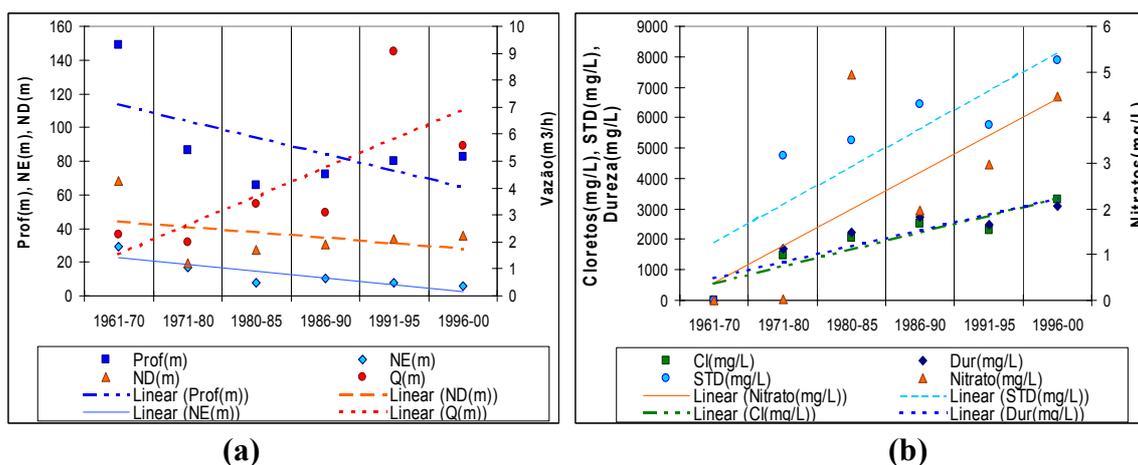
É um setor com significativa heterogeneidade hidrogeológica, que inclui o domínio Metassedimentar, com rochas de fraturamento intenso, variação na colocação estrutural e exposta a índices pluviométricos mais altos. Como o manto do intemperismo praticamente inexistente a taxa de infiltração é alta, principalmente nas áreas de alta densidade de fraturamento. As Figuras 10 (a) e (b) mostram que os parâmetros físicos dos poços apresentam uma tendência crescente, em especial profundidade e vazão, mostrando um aumento da demanda nesse setor. O inverso é observado para os parâmetros químicos, os quais mostram uma tendência decrescente, indicando um aumento na circulação de água no aquífero.



Figuras 10 (a) e (b) – Evolução temporal para os dados Físicos (a) e Químicos (b) avaliados nos poços do Setor 1.

EVOLUÇÃO TEMPORAL NO SETOR 2

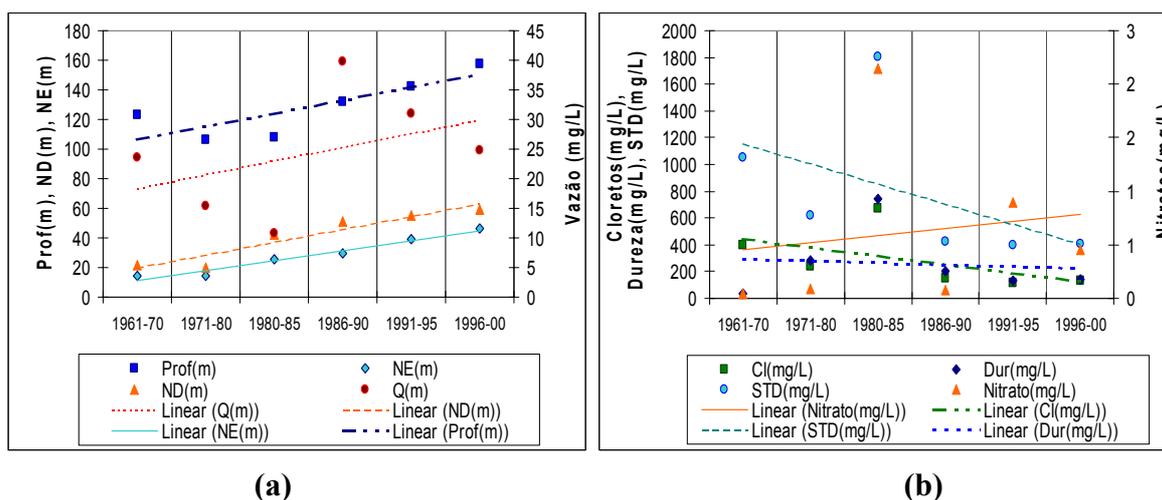
É o setor que corresponde a parte central da bacia, na grande extensão do embasamento cristalino onde a taxa de precipitação é mais baixa. Os poços apresentam vazões médias embora, localmente podem ser altas. As Figuras 11 (a) e (b) mostram que a tendência temporal é decrescente para profundidade, nível estático e nível dinâmico, enquanto os valores de vazão mostram-se ascendentes, refletindo um aumento da demanda. Quanto aos parâmetros químicos todos mostram uma tendência ascendente, com os nitratos e STD apresentando uma tendência mais acentuada.



Figuras 11 (a) e (b) – Evolução temporal para os dados Físicos (a) e Químicos (b) avaliados nos poços do Setor 2.

EVOLUÇÃO TEMPORAL NO SETOR 3

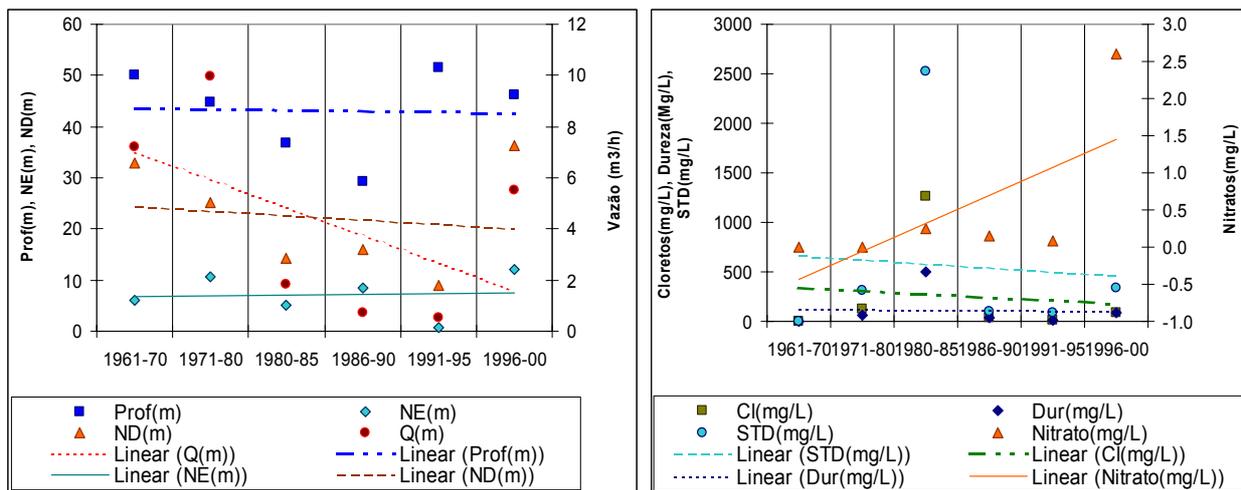
É o setor que abrange as áreas sedimentares da bacia de Tucano, onde grande parte das sedes municipais é abastecida com água subterrânea. Da análise dos resultados nas Figuras 12 (a) e (b) fica evidente que no setor 3 o nitrato acompanha a tendência crescente dos parâmetros hidrodinâmicos. Por um lado o aumento da demanda de água exige poços mais profundos e com maior vazão, mas por outro pode expor o aquífero a maior influência de cargas antrópicas (águas de irrigação e esgotos). Os demais parâmetros químicos como STD, cloretos e dureza, exibem tendência descendente que, também, pode estar relacionada com o aumento da demanda que permite maior renovação da água e, por consequência da diluição dos sais.



Figuras 12 (a) e (b) – Evolução temporal para os dados Físicos (a) e Químicos (b) avaliados nos poços do Setor 3.

EVOLUÇÃO TEMPORAL PARA O SETOR 4

É o setor da faixa litorânea onde a quantidade de poços cadastrados é baixa, embora se tenha o conhecimento do aumento expressivo do uso das águas subterrâneas neste setor, que inclui a região costeira da cidade de Salvador. A análise mais apurada passa pela necessidade de aquisição de uma quantidade mais representativa de dados. Na análise das Figuras 13 (a) e (b), geradas com os dados deste trabalho, observa-se que os parâmetros físicos apresentam uma evolução quase que constante, a exceção do nível dinâmico que se mostra descendente, sugerindo uma redução da capacidade de recuperação do aquífero. Os parâmetros hidroquímicos seguem a mesma tendência, exceto para o teor de nitratos que, mais uma vez, apresenta tendência claramente ascendente. Apesar da necessidade de atualização do cadastro dos poços recentes, a interpretação dos resultados tem coerência.



Figuras 13 (a) e (b) – Evolução temporal para os dados Físicos (a) e Químicos (b) avaliados nos poços do Setor 4.

CONCLUSÕES

A análise exploratória usando-se dados hidrodinâmicos e hidroquímicos de poços tubulares da bacia do rio Itapicuru, tais como: profundidade, níveis estáticos e dinâmicos, vazão, cloretos, sólidos totais dissolvidos, dureza e nitratos, permite uma espacialização dos dados de acordo com as condições climáticas e características das principais províncias hidrogeológicas da bacia, destacando quatro setores.

As maiores vazões registradas estão associadas a poços profundos no domínio das bacias sedimentares em áreas com maior índice de precipitação, ao inverso das zonas com altos teores de cloretos, STD e nitratos que estão associadas ao setor centro-oeste da bacia, com maior aridez, onde os sistemas aquíferos do embasamento cristalino exibem maior vulnerabilidade e a ocupação demográfica é expressiva. Os valores de nitrato apontam claramente para o risco de contaminação das águas subterrâneas, em particular, nos trechos alto e médio da bacia, onde existe maior densidade demográfica e desenvolvimento socioeconômico.

A análise temporal dos dados plurianuais reforça as considerações anteriores. Em geral observa-se a tendência decrescente para a vazão dos poços e crescente para o nível estático, que é acompanhado dos parâmetros químicos. Os teores de cloreto e, principalmente, o nitrato, constituintes associados à carga hidráulica poluente, exibem tendência crescente com o tempo.

A metodologia usada pode ser considerada como uma ferramenta simples e útil para se estabelecer o zoneamento regional da qualidade das águas subterrâneas na bacia, a partir dos dados de poços

tubulares perfurados. O trabalho marca o início das atividades do Projeto de Estudo dos Impactos Ambientais associados à qualidade dos recursos hídricos na bacia do rio Itapicuru. Com certeza, as conclusões aqui alcançadas devem contribuir para orientar os estudos que serão desenvolvidos em pontos particulares. Finalmente, espera-se que as informações apresentadas, embora preliminares, possam também subsidiar a proposição de estratégias de controle da qualidade e de desenvolvimento sustentável das águas subterrâneas na bacia.

AGRADECIMENTOS

A Companhia de Engenharia Rural da Bahia – CERB por disponibilizar o inventário que reúne os dados usados para o estudo. Ao PRODETAB – EMBRAPA pelo suporte financeiro do Projeto 055/01 que permitiu o tratamento dos dados e apresentação dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALVES, M.I.F. **Introdução à análise exploratória de dados**. Piracicaba: ESALQ/USP, DME, 1987. 40p.
- [2] BAHIA. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia de Itapicuru**, Salvador: SRH e SRHSH, Maio 1995. 250 p.
- [3] GROSSI SAD, J.H. **Fundamentos sobre variabilidade dos depósitos minerais**. Rio de Janeiro: DNPM/CPRM - GEOSOL, 1986. 141p.
- [4] KROLL, C.N. and LUZ, J.A.G. **Developing a database of watershed characteristics for improvements in low streamflow prediction – *Journal of Hydrologic Engineering* v.32 (3) 116-126, 2003.**
- [5] LUZ, J.A.G. and KROLL, C.N. **Investigating improvements in low streamflow prediction. *Journal of Hydrologic Engineering Submitted* 2004.**
- [6] LANDIM, P.M.B. **Introdução à geoestatística**. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1988. 69p.
- [7] SEPLANTEC/CEI – 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.