



GEOPROCESSAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA SEDIMENTAR DO BAIXO CURSO DO RIO PARAÍBA

Samilly Jaciara de Souza Lima¹, Bárbara Barbosa Tsuyuguchi², Iana Alexandra Alves Rufino³ & Janiro Costa Rêgo⁴

RESUMO

A espacialidade das informações é fundamental para a recomendação de soluções para a maioria dos problemas de gestão de recursos hídricos. Visualizar o conhecimento em planos de informação espaciais facilita a compreensão de alguns aspectos dos problemas a serem solucionados. Neste sentido a caracterização física de regiões para fins específicos envolve uma grande quantidade de informações espaciais e não espaciais que podem ser melhor gerenciadas através das geotecnologias atuais. Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento podem ser utilizadas produzindo, reunindo, sobrepondo e analisando as diversas informações envolvidas. Este trabalho apresenta os estudos iniciais de caracterização de parte de uma bacia sedimentar onde se localiza o baixo curso do Rio Paraíba em um contexto de investigações sobre a gestão de águas subterrâneas.

Palavras-chave: Caracterização de bacias, geoprocessamento, gestão de águas subterrâneas

GEOPROCESSING IN THE PHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE SEDIMENTARY BASIN OF DOWN COURSE OF PARAIBA RIVER

ABSTRACT

Spatial characteristics of data are very important for the most problems in water resources management. The visualization of data through spatial layers makes easier the general comprehension of some aspects in the decision making. Physical characterization of regions includes a lot of spatial and non-spatial information and it can be best managed by new geotechnologies. Remote Sensing and GIS (Geographic Information Systems) techniques can be used producing, collecting, overlaying and analyzing all information related. This work presents some first studies of characterization of part of a sedimentary basin where is located the down course of Paraiba River. This research is inside in a bigger research group of groundwater management in Brazil.

Keywords: Basin characterization, geoprocessing, groundwater management.

INTRODUÇÃO

A exploração racional e sustentável dos recursos hídricos se torna cada vez mais necessária, tendo em vista o aumento da população mundial, principalmente em regiões em que o balanço entre oferta e demanda apresenta-se desequilibrado, como é o caso de muitas bacias hidrográficas do Nordeste Brasileiro. Nesse quadro a exploração da água subterrânea se propaga como alternativa acessível, e em geral isenta de regulamentação e controle, estando assim muito vulnerável à ação antrópica.

No caso das águas subterrâneas, quando comparado ao da gestão das águas superficiais, é notória a defasagem do conhecimento básico, do monitoramento e de estudos que indiquem com certo grau de certeza o comportamento destas águas, além da necessidade de implementação de mecanismos legais e capacitação técnica e social (MMA, 2007).

Para os estudos de gestão das águas, é fundamental uma caracterização física da região na qual está localizada a unidade hídrica. Nos dias atuais, mesmo com a alta disponibilidade de informações em meio digital e, principalmente, na rede mundial de comunicação (internet), ainda é notória a escassez de dados

¹ Graduanda em Engenharia Civil- UFPG – PIVIC- E-mail: samilly@hidro.ufcg.edu.br

² Graduanda em Engenharia Civil- UFPG – PIVIC- E-mail: barbara@hidro.ufcg.edu.br

³ Professora adjunto da UFPG-CTRN-UAEC, Av. Aprígio Veloso 882 Bairro Universitário, Bloco BU Laboratório de Hidráulica II, 58429-900 Campina Grande. E-mail: iana_alex@uol.com.br

⁴ Professor adjunto da UFPG-CTRN-UAEC, Av. Aprígio Veloso 882 Bairro Universitário, Bloco CR Laboratório de Hidráulica I, 58429-900. E-mail janiro@dec.ufcg.edu.br

em escalas e graus de detalhamento adequados aos estudos de gestão. É nesse contexto, que as geotecnologias podem ser consideradas ferramentas importantes e, muitas vezes, indispensáveis para a manipulação de grande volume de informação existente, bem como na geração de novos planos de informações a partir dos dados básicos disponíveis, complementação de dados existentes, criação e gerenciamento de bancos dados espaciais e para facilitar o acesso ao público.

A análise ambiental constitui um assunto de interesse para a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, levando em consideração a facilidade da representação da espacialidade cartográfica do fenômeno analisado e a integração dos dados pelo mapeamento temático. O potencial de informações que podem ser abstraídas dessa análise torna-se cada vez mais uma prática imprescindível para os estudos dessa natureza, tendo em vista a necessidade de monitoramento de áreas que estão sujeitas as constantes intervenções humanas (Ramalho, 2002).

O trabalho de caracterização da Bacia Sedimentar do Baixo Curso do Rio Paraíba tem por objetivo oferecer suporte técnico-científico ao desenvolvimento do projeto de pesquisa "ASUB - Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a gestão das águas subterrâneas". O ASUB visa estabelecer critérios para a outorga dos direitos de uso da água, o enquadramento dos corpos d'água e a cobrança pelo uso da água, de forma integrada, com aplicação às águas subterrâneas da região costeira da Bacia hidrográfica do rio Paraíba/PB, Bacia hidrográfica do rio Pratagy/AL e a Bacia hidrográfica do rio Santa Maria/RS.

O projeto ASUB tem três etapas metodológicas principais: 1. Caracterização da área de estudo. 2. Formulação de modelos conceituais e/ou matemáticos dos processos hidrológicos. 3. Estabelecimento de critérios para aplicação. Em todas estas etapas há a necessidade de apoio técnico nas atividades relacionadas ao geoprocessamento das informações. Este trabalho descreve parte das atividades de caracterização física da bacia sedimentar do baixo curso do Rio Paraíba, enfatizando a utilização das geotecnologias neste tipo de pesquisa e detalhando as etapas e atividades relacionadas.

ÁREA DE ESTUDO

As bacias sedimentares são elementos importantíssimos do relevo terrestre, pois constituem a maior fonte de informações sobre o passado da Terra, principalmente no que diz respeito aos tipos de fauna e flora e constituições do relevo que já existiram na superfície. São igualmente importantes por conterem formações geológicas que acumulam e transmitem água, constituindo, portanto, extensos aquíferos regionais. O Brasil é um país com uma das maiores extensões de margem continental do mundo, englobando diversos segmentos com bacias sedimentares com características geológicas distintas e diferentes graus de conhecimento do potencial exploratório de água subterrânea.

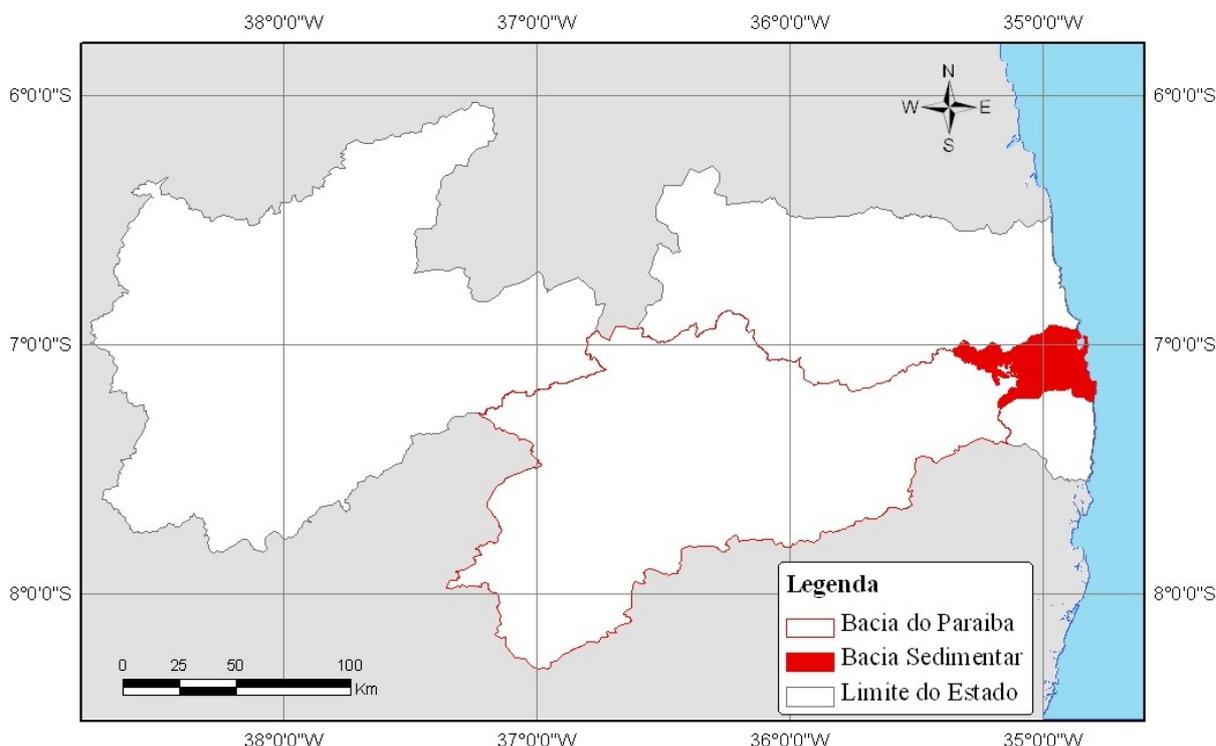


Figura 1. Localização da área de estudo

A área de estudo considerada corresponde à porção da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba inserida na região do baixo curso do rio Paraíba (Figura 1). Apresenta uma superfície total da ordem de 3.934,31 km², abrangendo 7 municípios, total ou parcialmente englobados: Bayeux, Cabedelo, Cruz do Espírito, João Pessoa, Mari, Santa Rita e Sapé. Está compreendida entre as coordenadas 6°55'06" e 7°24'55" Sul e longitudes 34°48'33" e 35°21'29" Oeste de Greenwich.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba é um dos sistemas hidrográficos mais importantes do semi-árido nordestino e é a segunda maior bacia do estado da Paraíba (a maior nele totalmente contida), compreendendo cerca de 38% do território estadual, drenando uma área de 20.127,17 km² (AESAs, 2006).

No contexto da região litorânea, os dados pluviométricos indicam que a precipitação média anual é cerca de 1.500 mm, variando entre 1.200 e 1.700 mm, com valores decrescentes para o interior. Observa-se que a maior concentração do total precipitado ocorre nas áreas mais próximas do oceano, nas áreas costeiras (AESAs, 2006). Segundo Costa *et al* (2007), o desvio padrão dessas médias é de 400 mm/ano em quase toda a área da bacia sedimentar.

A respeito do clima da área de estudo, a temperatura média mensal anual está em torno dos 25,6 °C. A umidade relativa do ar medida nesta região varia de 76,7% a 84,8%. O estado da Paraíba possui uma rede de postos fluviométricos, de um modo geral, bastante deficiente, como pode ser observado na figura 2. O relevo da região do baixo curso do rio Paraíba apresenta formas distintas, quais sejam: os Tabuleiros Costeiros, as Planícies Interioranas e Costeiras e a Baixada Litorânea. Quanto à vegetação, ainda existem algumas áreas com a vegetação nativa da Mata Atlântica e ecossistemas associados, ou seja, manguezais, campos de várzeas e formações mistas dos tabuleiros, cerrados e restingas. O restante da região tem sido desmatado para dar lugar a algumas culturas, como cana-de-açúcar, abacaxi, inhame e mandioca.

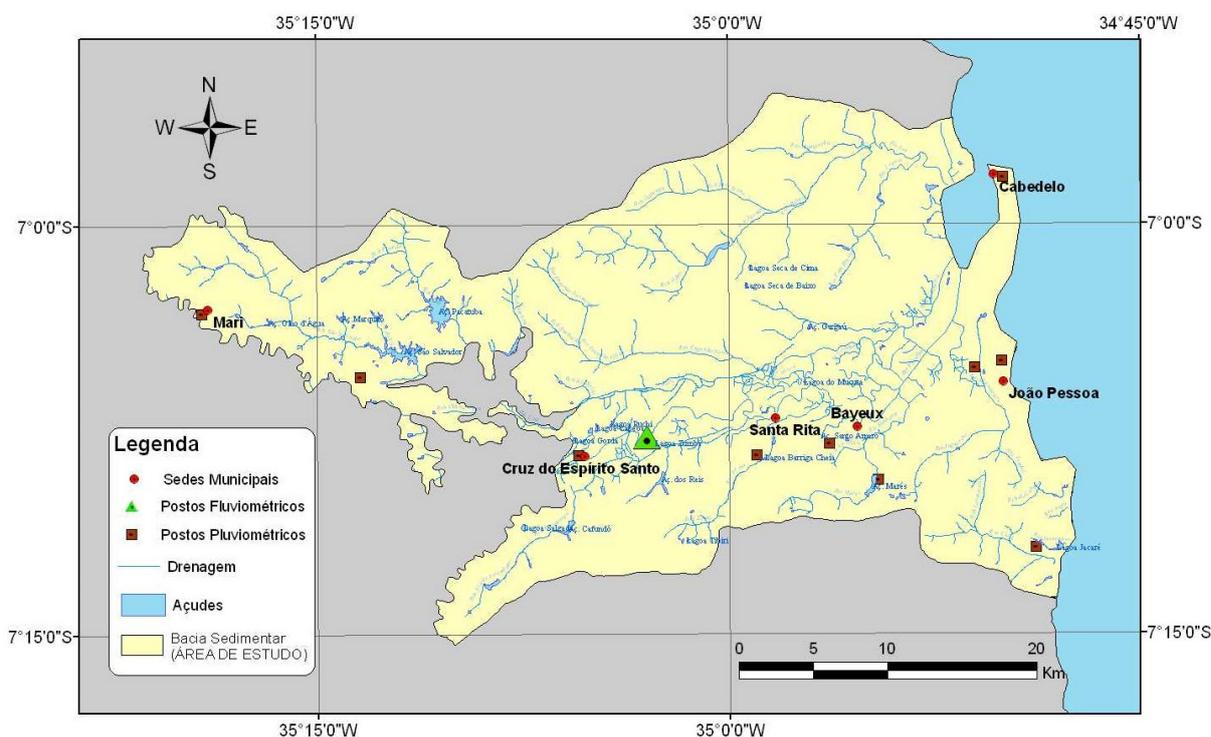


Figura 2. Distribuição espacial dos postos pluviométricos e fluviométricos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nos dias atuais, qualquer estudo de caracterização de bacias se beneficia do grande volume de informações disponível na internet e em publicações anteriores. Desse modo, este estudo faz uso de diversos levantamentos existentes, realizando recortes, complementações ou compilações (correções), como pode ser observado nas etapas descritas. No decorrer deste trabalho, os seguintes documentos originais são utilizados:

- Mapa Geológico digital do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2002)
- Cartas topográficas digitais da SUDENE (SUDENE, 1970)
- Mapa da hidrografia (rios e açudes) do estado da Paraíba (AESAs, 2006)
- Mapa político do Estado da Paraíba (IBGE, 2000)
- Imagens SRTM (NASA, 2000)
- Imagens Landsat (NASA, 2000)
- Imagens do Google Earth (Google, 2000)

- Cadastro de poços SIAGAS (CPRM, 2008)
- Teses, dissertações e estudos diversos publicados sobre a área
- Levantamentos de campo, relatórios de visitas técnicas

De acordo com a necessidade, são utilizadas ferramentas CAD (Computer Aided Design), pacotes SIG (Sistemas de Informação Geográfica), programas de PDI (Processamento Digital de Imagens), software específicos de artes gráficas (edição de imagens), planilhas eletrônicas, além de periféricos, como mesas digitalizadoras e plotters, na construção de um banco de informações espaciais capaz de caracterizar a área de estudo.

Altimetria

Inicialmente foi realizada uma seleção das cartas topográficas disponíveis que compõem a área de estudo. São 04 (quatro) que cobrem toda a área da bacia:

- Guarabira (SB – 25 – Y – A – V)
- Sapé (SB – 25 – Y – C – II)
- Cabedelo (SB – 25 – Y – A – VI)
- João Pessoa (SB – 25 – Y – C – III)

As primeiras impressões para apoiar as visitas de campo foram então realizadas na mesma escala das cartas (1:100.000) e em escalas reduzidas de acordo com a necessidade (1:250.000). Para complementar esta informação da altimetria e permitir outros níveis de análise espacial foram utilizadas imagens SRTM, permitindo a obtenção de um primeiro modelo digital de elevação da área de estudo (Figura 3). Ressalta-se que neste trabalho optou-se por utilizar o mosaico de imagens SRTM do Estado da Paraíba disponível no site da AESA (Agência Estadual de Águas), o qual, já foi anteriormente refinado e validado para algumas áreas do nosso Estado.

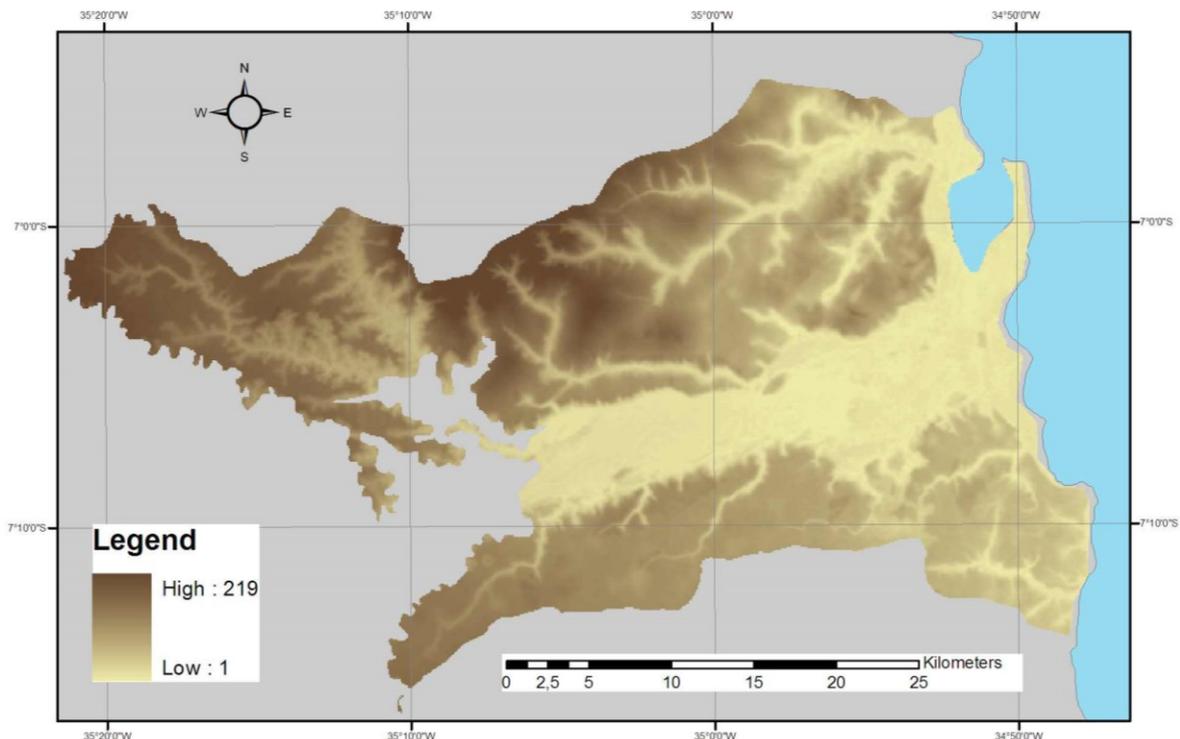


Figura 3. MDT (Modelo Digital do Terreno) da área de estudo.

Além do MDT apresentado na figura 3, outros produtos foram gerados, como mapas com diferentes intervalos entre as curvas de nível para apoiar os estudos geológicos da equipe de pesquisadores do projeto. Assim, foram gerados mapas altimétricos com curvas de nível de intervalos inferiores aos intervalos das curvas das cartas topográficas, realizando-se vários testes para a escolha de intervalos válidos para os estudos (20 x 20m, 10 x 10m, etc).

Observa-se que como as imagens SRTM possuem uma resolução espacial de 90m, uma geração de curvas de nível em intervalos muito pequenos pode não oferecer um resultado muito útil aos estudos. Uma visualização tridimensional da área também foi gerada para apoiar estudos da geomorfologia da área (Figura 4).

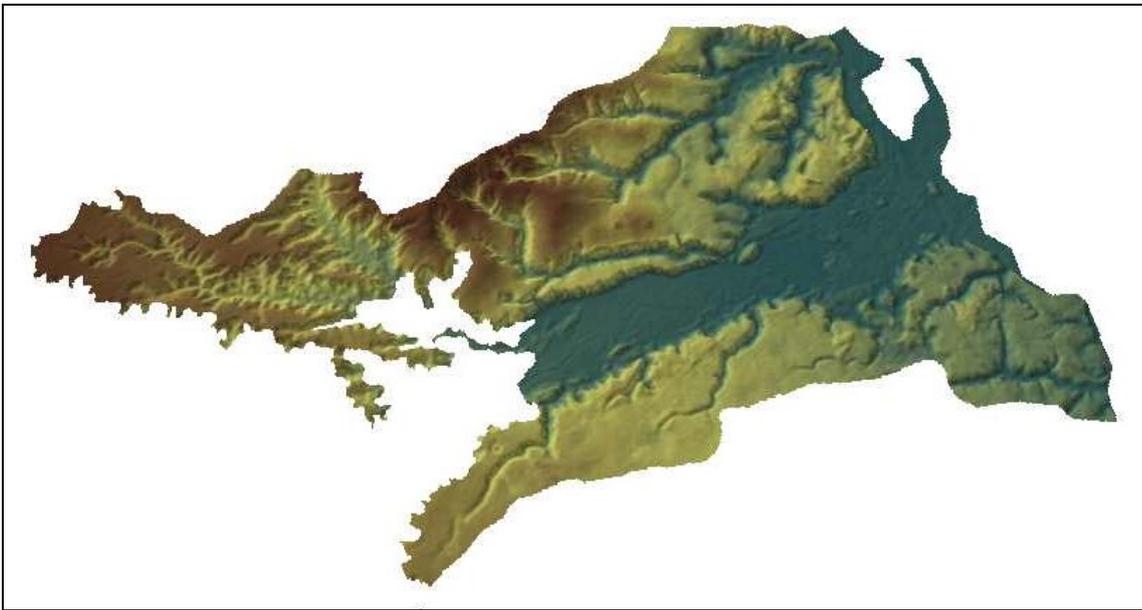


Figura 4 – Visualização tridimensional da área de estudo

Quantificação das áreas municipais

Através de operações de sobreposição espacial do mapa político estadual (IBGE, 2000) e o limite da bacia sedimentar, pode-se obter um mapa dos municípios inseridos na área geográfica correspondente à bacia (Figura 5).

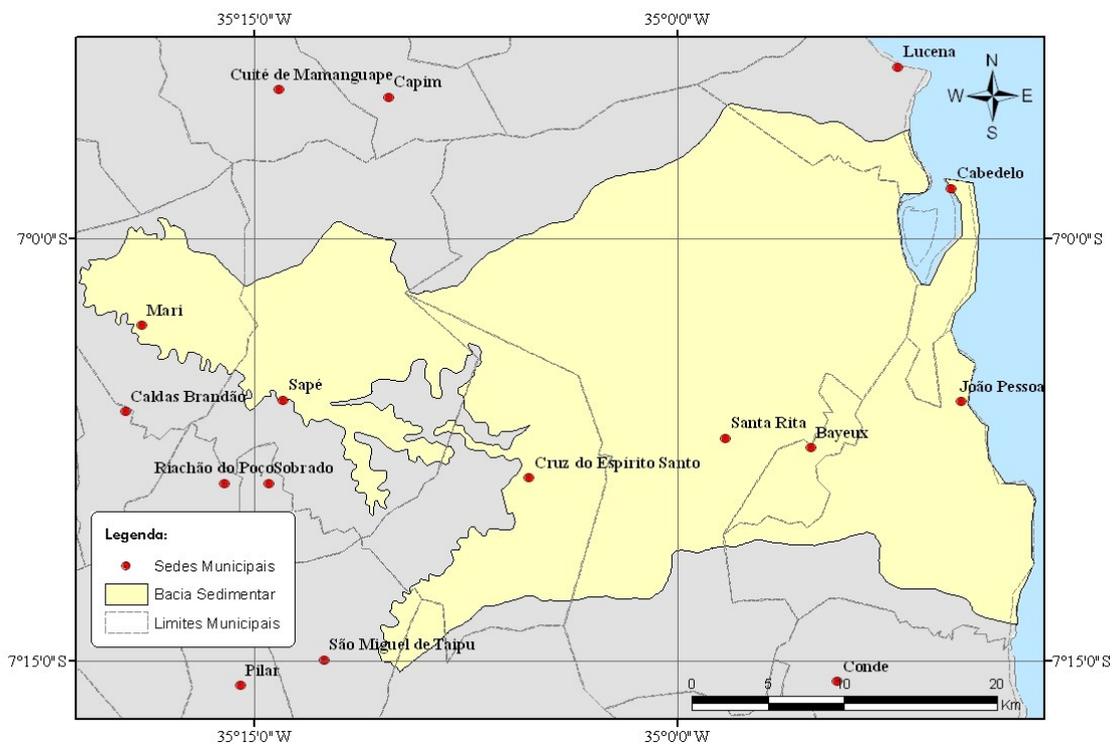


Figura 5 – Mapa político da área de estudo

Além da visualização em mapa, os recursos automáticos de cálculos de área do SIG, possibilitam uma quantificação do percentual de área de cada município contido na bacia (Tabela 1). Este dado é considerado de grande importância na caracterização física, principalmente em trabalhos de gestão, pois o processo de gestão e realização da outorga das águas subterrâneas passa obrigatoriamente pelo poder público municipal.

Tabela 1 – Percentual de áreas dos municípios pertencentes à bacia sedimentar

Nome do Município	Código IBGE	Área Municipal (km ²)	Área do município inserida na bacia (km ²)	Percentual relativo (%)
Bayeux	2501807	32,15	32,15	100
Cruz do Espírito Santo	2504900	196,09	132,15	67,4
João Pessoa	2507507	222,6	165,22	74,2
Lucena	2508604	91,51	28,59	31,2
Mari	2509107	154,68	68,14	44
Pedras de Fogo	2511202	400,55	7,26	1,8
Santa Rita	2513703	726,38	519,69	71,5
Sao Miguel de Taipu	2515005	93,04	7,81	8,4
Sapé	2515302	316,39	138,14	43,6
Cabedelo	2503209	36,42	30,11	82,7

Uso do Solo

Para a obtenção de uma caracterização quanto ao uso do solo pode-se lançar mão de diversos recursos, como imagens de satélite, mapeamentos existentes, etc. Um primeiro recurso utilizado são as imagens de diversos satélites disponibilizadas *on line* pelo ambiente *Google Earth* (Google, 2000). O *Google Earth* é um programa desenvolvido e distribuído pela Google Inc. tanto em versões pagas como numa versão gratuita muito popular entre os internautas de todo mundo. O programa apresenta um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de imagens de satélite obtidas de fontes diversas, imagens aéreas (fotografadas de aeronaves) e GIS 3D.

A partir desta plataforma web foram obtidas cerca de 120 imagens, fixando uma altura de vôo de 20.000 pés. Esta altura vôo fixada proporcionou uma alta resolução da área de estudo. A partir das 120 cenas obtidas, foi elaborado um mosaico usando um software de edição gráfica de imagens. O mosaico resultante foi então inserido em um SIG e georreferenciado no mesmo sistema de referência cartográfica usado no restante do trabalho (Figura 6). A partir deste dado georeferenciado, esta imagem passa a ser uma excelente fonte de informação do uso do solo, haja vista que as datas aproximadas do mosaico variam de 2005 a 2008 (as datas das imagens no Google Earth podem variar em uma mesma área).

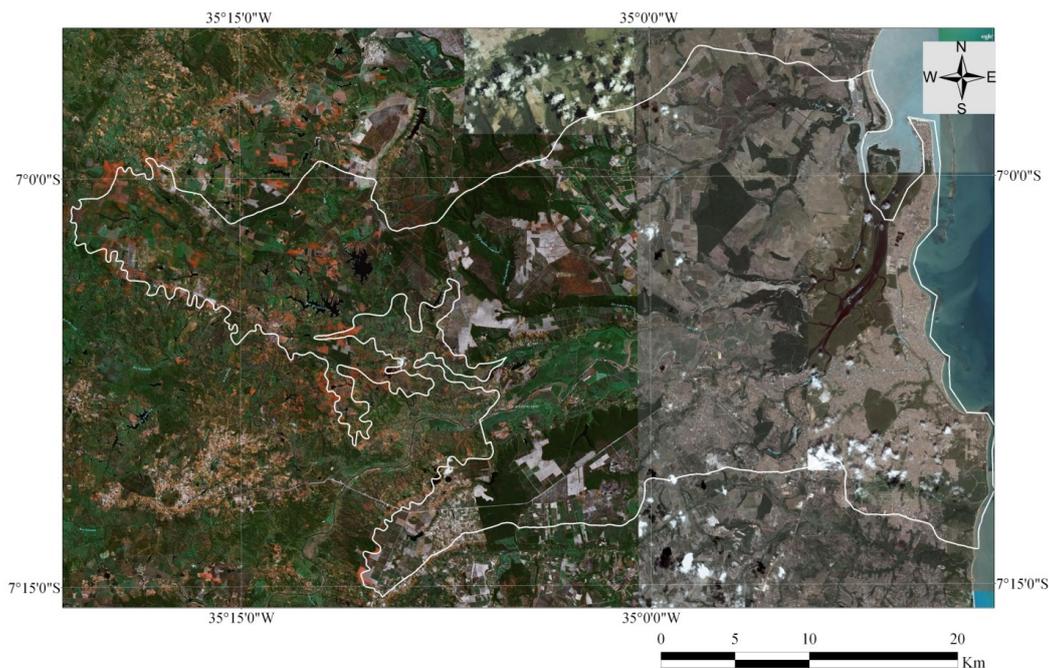


Figura 6 – Mosaico de imagens do software Google Earth.

A falta de estudos específicos na área de estudo e o difícil acesso ao material já existente, dificulta em alguns momentos, o processamento de dados e faz da plataforma Google Earth uma alternativa acessível e pertinente no processo de caracterização física de bacias. Além disso, ao fixar uma altura de vôo adequada, obteve-se uma boa resolução das imagens, o que pode proporcionar excelentes extrações de dados inclusive para ajudar na definição de condições de contorno do modelo de fluxo subterrâneo.

Declividades

Em muitos casos, é a topografia do terreno, especialmente sua declividade, o principal condicionador de sua capacidade de uso. Através de manipulação numérica do MNT pode-se obter rapidamente o mapa de classes de declividades. Os atuais recursos dos Sistemas de Informação Geográfica permitem a geração de mapas de declividades a partir de um MNT de maneira automática. Os valores obtidos foram agrupados em classes para facilitar sua interpretação. O mapa de declividades é apresentado na figura 7.

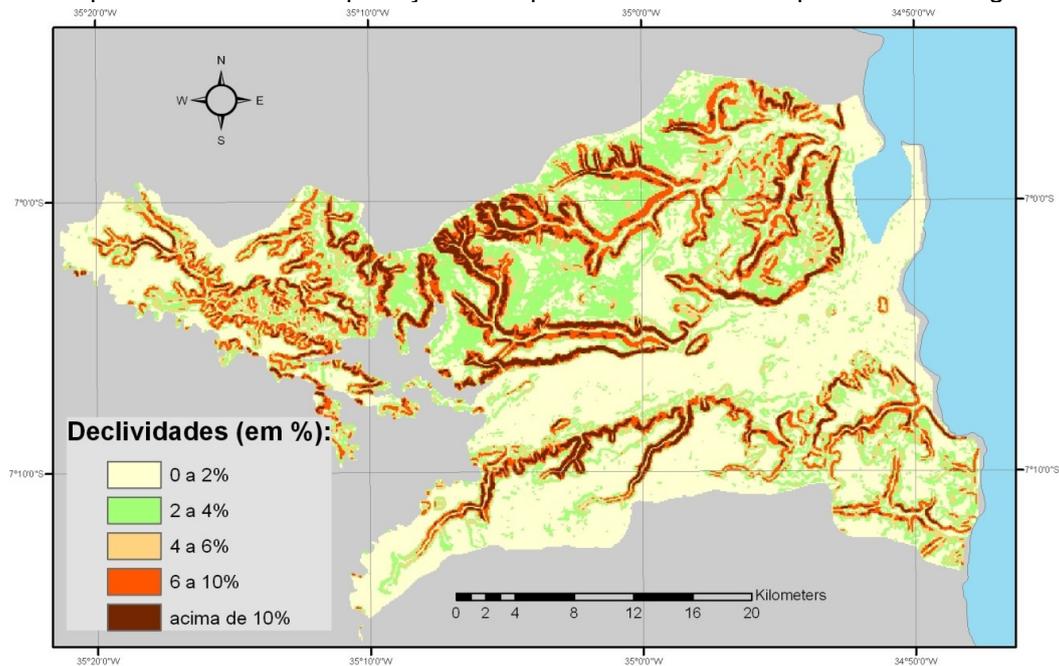


Figura 7 – Classes de declividades da área de estudo.

Geologia

A partir do mapa geológico estadual existente, elaborado e disponibilizado pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2002), foi obtido um primeiro recorte da geologia da região. Devido ao nível de detalhamento do mapa estadual (escala original 1:250.000), a caracterização geológica da área apresenta-se bastante simplificada, inclusive não apresenta todos os falhamentos existentes (Figura 8).

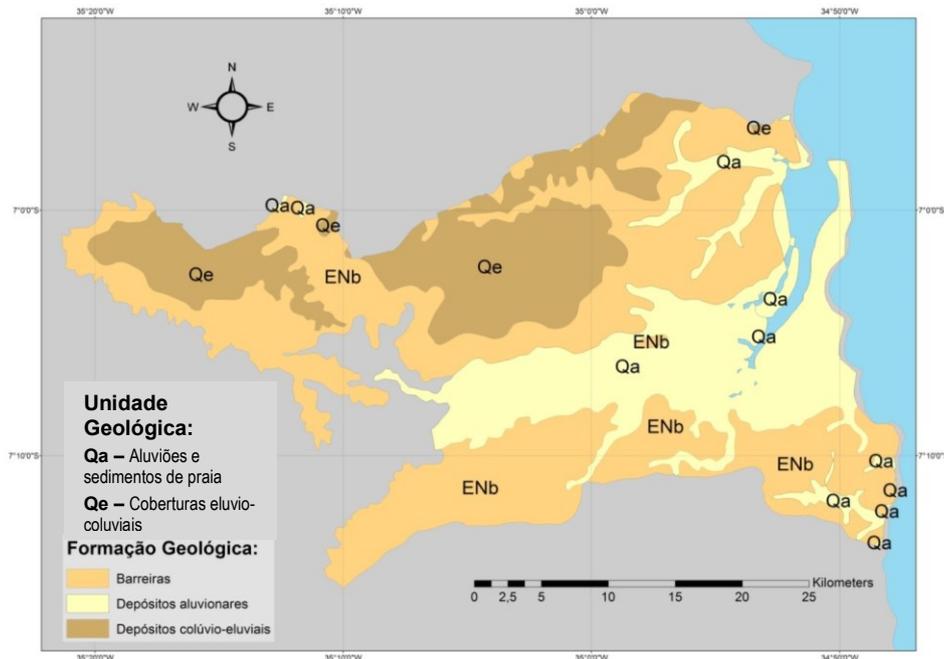


Figura 8 – Mapa Geológico simplificado da área de estudo, (adaptado de CPRM, 2002)

Costa *et al* (2007) produziram um novo mapa geológico para a área da bacia sedimentar costeira. Os autores afirmam que este não é apenas uma simples compilação dos mapas já existentes, porque incorpora novos dados, resultantes não somente dos estudos geofísicos realizados, mas também de levantamentos de campo e de informações obtidas sobre a lito-estratigrafia descrita em 168 fichas de poços. Estes autores afirmam também que, apesar de todos os estudos realizados, ainda não se dispõe de elementos suficientes para modificar o mapeamento da área tida como Formação Barreiras. Segundo estes autores, há fortes indícios que boa parte da área mapeada como Barreiras corresponda de fato à Formação Beberibe. Necessita-se que, em trabalho específico, seja efetuada uma atualização da geologia superficial da bacia sedimentar para corrigir esse tipo de imprecisão. A partir destes estudos foram digitalizados em mesa digitalizadora, os falhamentos existentes, alguns dos quais são elementos delimitadores das zonas de gestão de águas subterrâneas estabelecidas no decorrer do projeto.

Hidrogeoquímica e Hidrogeologia

Mapas hidrogeológicos e hidrogeoquímicos são formas convenientes e práticas de compilar, reunir e apresentar dados regionais e constituem, portanto, ferramentas básicas para o suporte à gestão dos recursos hídricos. O IBGE disponibiliza estas informações para todo o Estado da Paraíba na escala 1:250.000.

A obtenção dos arquivos que deram origem a estes mapas, ainda não foi possível, apesar do IBGE já ter sinalizado positivamente para disponibilizá-los. Pretende-se, a partir dos arquivos originais, realizar quantitativos dentro da área da bacia. Todavia, em um primeiro momento, as imagens fornecidas foram apenas sobrepostas ao limite da bacia e georeferenciadas para cruzamento com outros planos de informação. Mesmo reconhecendo a limitação da análise puramente visual, ressalta-se a importância da sobreposição destas informações com outros dados nesta fase inicial dos estudos de caracterização. As figuras 9 e 10 apresentam a hidrogeologia e a hidrogeoquímica (no mesmo nível de detalhamento do IBGE) para a área de estudo.

Fluxo subterrâneo

A partir dos estudos de Costa *et al* (1997) foram digitalizadas isopiezas e linhas de fluxo estimadas para a bacia sedimentar costeira do Estado da Paraíba, no interior e no entorno da área de estudo. Para tanto, foram utilizados recursos de digitalização via mesa digitalizadora de um software de CAD e posteriormente, esta digitalização foi adicionada ao mapa base utilizado.

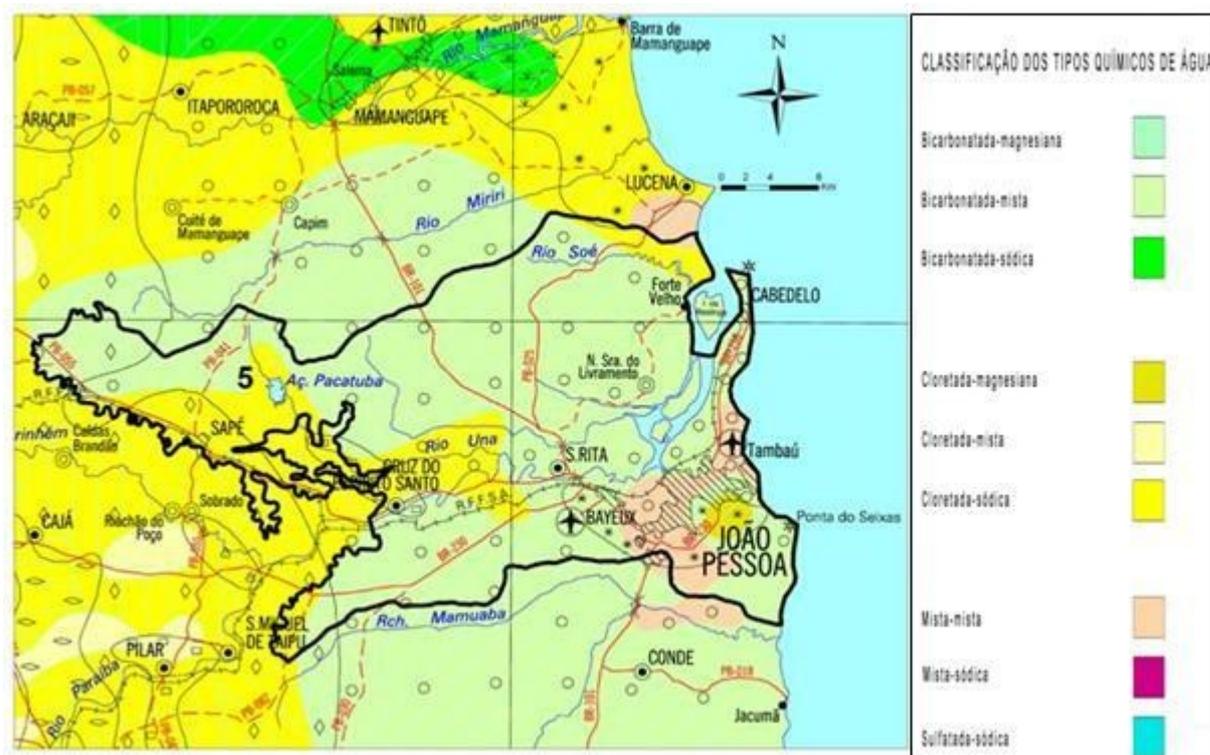


Figura 9– Mapa de Hidrogeoquímica (adaptado de IBGE, 2004)

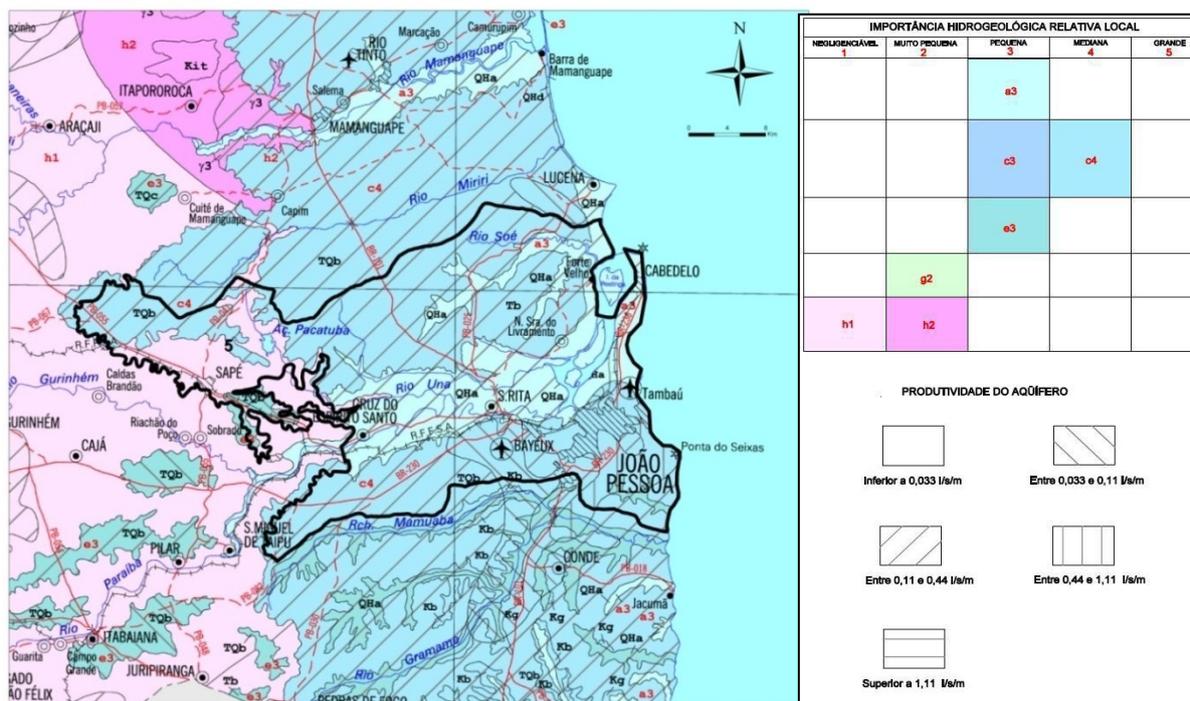


Figura 10 – Mapa de Hidrogeologia (adaptado de IBGE, 2004)

A utilização da mesa digitalizadora torna possível converter as feições gráficas de um mapa em papel para um formato compatível para uso digital, através de operações simples de desenho por computador. As linhas de fluxo digitalizadas e georeferenciadas podem ser sobrepostas a outros planos de informação como a altimetria, permitindo uma melhor compreensão das condições de escoamento no sistema aquífero da área de estudo (figura 9). Percebe-se que a espacialização de isopiezas e linhas de fluxo ainda não se estende por grande parte da área de estudo, devido a deficiências de informações pertinentes (medidas de níveis d'água em poços). Análises posteriores deverão complementar este mapeamento.

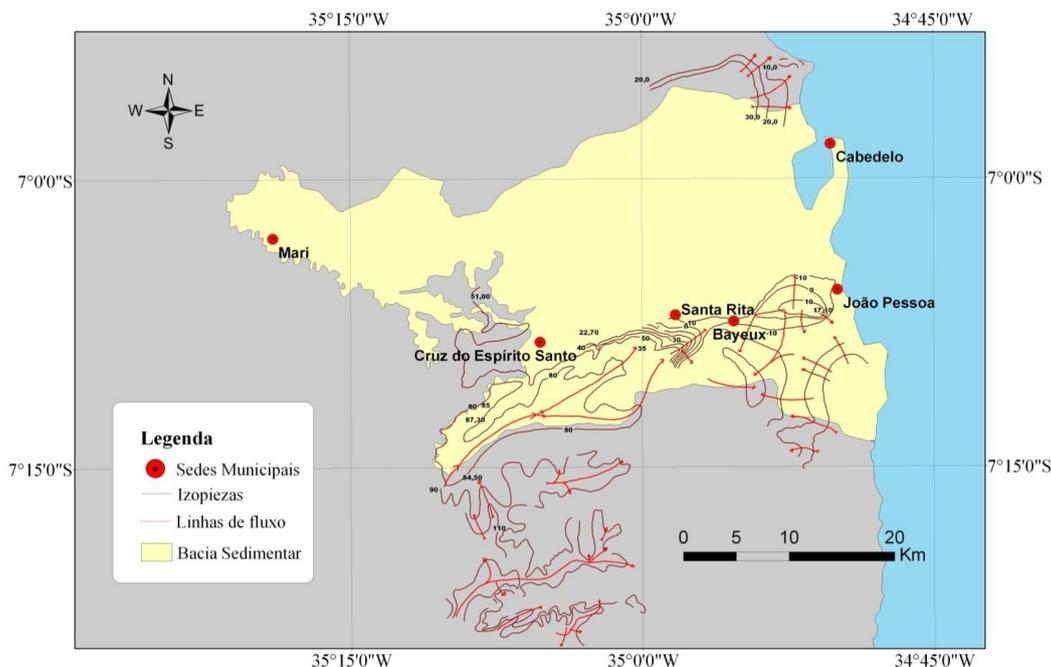


Figura 11 – Caracterização do fluxo subterrâneo.

Espacialização dos cadastros de poços existentes

Neste projeto, vários cadastros de poços têm sido consultados, dentre eles, os cadastros gerenciados pelo sistema de informações de águas subterrâneas (SIAGAS/CPRM), cadastros obtidos junto à agência estadual de águas (AESA) ou que foram obtidos através do trabalho de campo realizado. Na posse desse

material, em ambiente SIG, foi possível visualizar a disposição espacial dos mesmos na área de estudo (Figura 10).

A partir da espacialização dos poços são realizadas análises espaciais de contingência, pertinência, etc. para a obtenção de quantitativos de poços por município, zonas de gestão, etc. A sobreposição de diferentes cadastros de poços e sua visualização espacial permite também a identificação de redundâncias e duplicidades de informação.

A espacialização mostra-se útil também para visualizar, como consequência desses estudos, a proximidade dos poços a fontes poluidoras, como postos de gasolina e cemitérios, além de auxiliar na identificação de áreas menos ou mais intensamente submetidas a ou suscetíveis de exploração.

A visualização dos dados espacialmente distribuídos contribuiu para obtenção de maior conhecimento sobre as águas subterrâneas e os atributos associados aos poços visitados possibilitam a geração de mapas temáticos. Alguns dos atributos são referentes a estudos anteriores das propriedades físico-químicas das águas subterrâneas a fim de avaliar as suas características químicas e de qualidade para elaborar recomendações para a sua conservação e preservação.

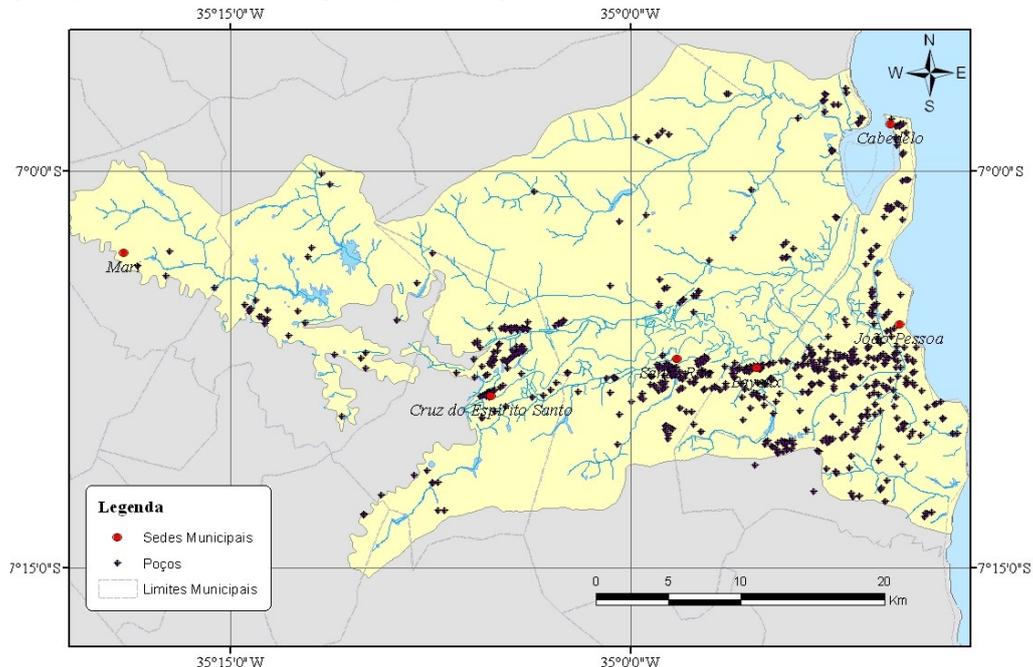


Figura 12 – Espacialização dos Poços na bacia.

Zonas de Gestão

Nos estudos para estabelecimento de uma metodologia e de critérios para a concessão da outorga de uso da água subterrânea, o projeto ASUB desenvolveu o conceito de zonas de gerenciamento. Tais zonas devem ser definidas de acordo com a hidrogeologia, a ocupação do solo, as demandas hídricas, a exploração, o risco de contaminação e outros fatores que se mostrem regionalmente influentes na gestão dos recursos hídricos.

Como teste e aplicação do conceito desenvolvido, foram delimitadas zonas de gerenciamento para a área de estudo. Nesta etapa do trabalho, o geoprocessamento das informações representou um importante papel nas tomadas de decisão. Foi realizada uma sobreposição espacial dos falhamentos digitalizados descritos no item 4.5 e dos mapas de curvas de nível com intervalos menores descritos no item 4.1. Essa sobreposição permitiu uma análise mais refinada das estruturas geológicas da bacia e uma nova digitalização dos falhamentos foi realizada.

As zonas de gestão foram definidas pela equipe de pesquisadores do projeto, considerando diversos aspectos além das informações espacializadas (Figura 11). A delimitação foi feita utilizando áreas topograficamente delimitadas por sub-bacias hidrográficas, falhas tectônicas e características altimétricas de cada região. A partir do zoneamento a manipulação dos dados em ambiente SIG favoreceu o trabalho de quantificação e qualificação, bem como o entendimento da disposição de outros fenômenos de natureza espacial, além de apoiar as futuras ações de gestão. Todo o cadastro de poços foi quantificado por zona, operação esta possibilitada pela capacidade de realizar análise de contingência espacial do SIG.

Atualmente já se encontra em fase de elaboração uma nova versão deste zoneamento, obtida após estudos mais detalhados da geologia e dos demais fatores influentes da região.

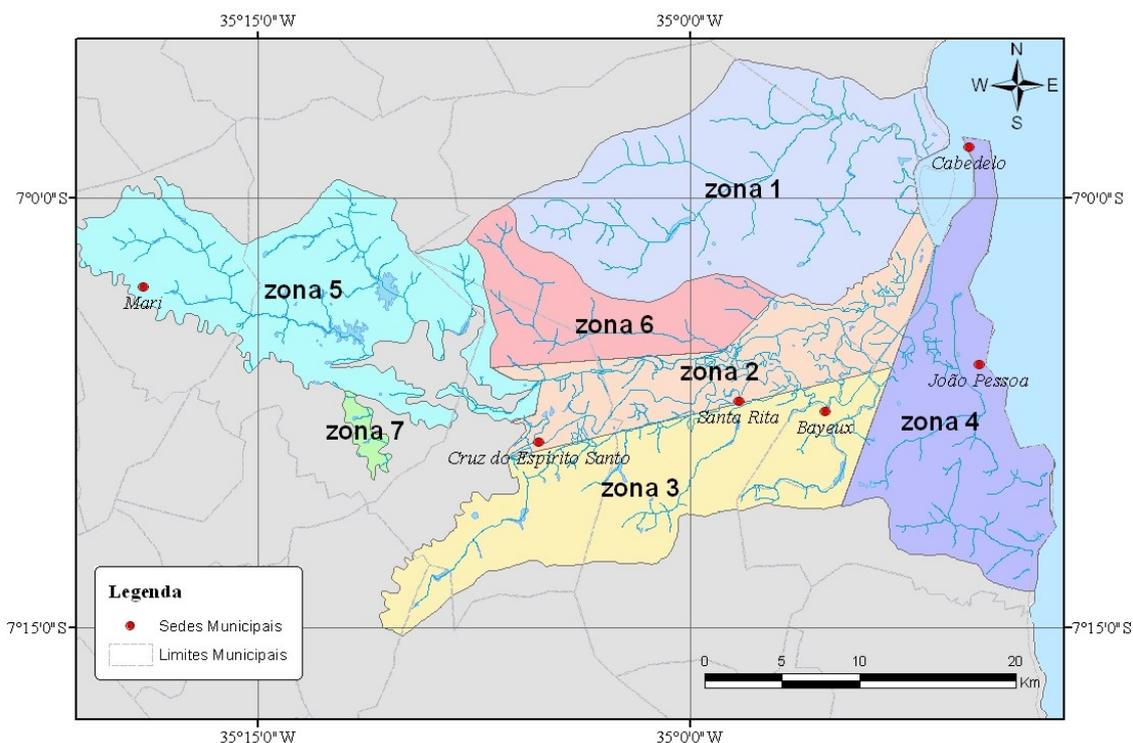


Figura 13 – Zonas de gerenciamento propostas para a região em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante do grande volume de informação manipulado, este trabalho ainda pretende realizar várias análises espaciais entre os diferentes planos de informação envolvidos, dando suporte aos trabalhos de pesquisa na área de gestão de águas subterrâneas. No contexto maior do projeto ASUB, por exemplo, muitas informações deverão ser utilizadas como dados de entrada e de saída em um modelo de fluxo subterrâneo que está sendo calibrado para uma das zonas de gerenciamento.

Além disso, pretende-se realizar estudos de vulnerabilidade do aquífero utilizando-se metodologias estabelecidas ainda não testadas para esta bacia específica e com o apoio do SIG para a obtenção dos parâmetros de entrada para os modelos e na produção de mapas de vulnerabilidade.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de iniciação científica voluntária da UFCG (PIVIC), pela viabilização do projeto. Esta pesquisa se insere no âmbito do projeto “Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a gestão das águas subterrâneas” financiado pelo MCT/FINEP/CT-HIDRO. Os autores agradecem a todas as instituições mencionadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2006). **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Relatório Final.** Disponível on-line em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/perh/>>. Acesso em: junho de 2008.

COSTA, Mirella Leôncio Motta. **Estabelecimento de critérios de outorga de direito de uso para águas subterrâneas.** Dissertação de Mestrado. PPGECA-UFCG. Campina Grande, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2004). Mapa Hidrogeológico. Folha SB25YC.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2005). **Produto Interno Bruto a preços correntes e Produto Interno Bruto per capita segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação e Municípios - 2002-2005.** Disponível on-line em <www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2005/tab01.pdf>. Acesso em: julho de 2008.

Ministério do Meio Ambiente, **Águas Subterrâneas um recurso a ser conhecido e protegido.** Abas – I Congresso Aquífero Guarani (2007). Disponível em: <<http://www.aesas.com.br/server/src/arquivos/midia/documento.pdf>> Acesso em: novembro de 2008

PROJETO ASUB (2009). **Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a Gestão das águas Subterrâneas**. Relatório Técnico Parcial nº 1. Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande.

RAMALHO ,M.F.J.L. “**A aplicação do sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise Ambiental - Vale Do Pitimbu/Rn**”, in Anais - I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aracaju/SE, 17 e 18 de outubro de 2002.

SILVA, A. B. **Sistema de Informações Georreferenciadas: Conceitos e Fundamentos**. Editora da Unicamp, 2003.

SILVA, R.M. da. **Introdução ao Geoprocessamento: Conceitos, técnicas e aplicações**. Editora feevale, 2007.