

RELATÓRIO TÉCNICO

CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA DA BACIA DO RIO JAPARATUBA EM SERGIPE: Informações preliminares

Marcus Aurélio Soares Cruz
Júlio Roberto Araujo de Amorim
Ricardo de Aragão
José Antonio Pacheco de Almeida
Acácia Maria Barros Souza
Jackson Santos de Jesus

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Novembro, 2010

APRESENTAÇÃO

A bacia do rio Japaratuba tem sido objeto de vários estudos relacionados ao seu comportamento hidrológico, caracterização de variáveis climáticas, geomorfologia e cobertura do solo. Esta publicação inicia um trabalho de sistematização e organização da informação disponível da bacia como produto do projeto “*Aplicação de ferramentas de geoprocessamento e de modelagem matemática na avaliação dos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas na bacia do rio Japaratuba, em Sergipe*”, aprovado junto ao Sistema Embrapa de Gestão, iniciado em abril de 2010 e com duração de dois anos.

Esta publicação contém informações levantadas na fase inicial do projeto, como: localização de postos de medição de vazão e precipitação, laminas médias precipitadas e o modelo digital de elevação (MDE). Fazem parte também informações já produzidas no projeto, como as delimitações de bacias contribuintes aos postos fluviométricos a partir do MDE e distribuição espacial das chuvas médias mensais e anuais na bacia geradas por meio de geoestatística.

Espera-se que a base de dados do projeto, que aqui tem o seu início, permita aos interessados, como técnicos, pesquisadores, estudantes, dentre outros, terem acesso facilitado a informações que auxiliem a tomada de decisão relacionada aos processos de aproveitamento hídrico na bacia, contribuindo para uma melhor gestão das águas e difundindo a cultura de preservação dos recursos naturais.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	4
2	MATERIAIS E MÉTODOS	5
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
4	CONCLUSÕES	16
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1 - INTRODUÇÃO

A alteração da cobertura do solo em bacias hidrográficas desprovida de manejos adequados tem gerado impactos significativos nos recursos hídricos no que se refere às alterações de regimes hidrológicos de rios, degradação da qualidade da água e erosão marginal. A detecção dos impactos existentes em um determinado corpo hídrico não é difícil, no entanto a identificação de suas fontes e a avaliação de cenários de manejo adequados mostra-se como tarefa árdua e raramente empreendida da forma necessária.

O uso de sistemas de informações geográficas tem se consolidado como meio eficaz de caracterização dos sistemas hidrográficos, possibilitando, por exemplo, a identificação de fontes poluidoras significativas e o mapeamento de áreas vulneráveis a processos erosivos. Quando associados às técnicas de modelagem matemática dos processos, possibilitam a investigação do grau de influência das fontes de impacto na quantidade e qualidade das águas dos corpos hídricos, bem como a produção de cenários futuros, quantificando os efeitos da aplicação de estratégias de manejo sobre as atividades impactantes.

As macrobacias hidrográficas no estado de Sergipe apresentam-se em diferentes estágios de degradação resultantes de atividades agrícolas, extrativistas, urbanas e industriais, que promovem alterações significativas nos processos hidrológicos e na qualidade das águas dos rios do Estado. A bacia do rio Japarutuba mostra-se como singular nesta situação, pois apresenta o rio principal de mesmo nome, com processos de degradação avançados em alguns trechos, resultado de avanços históricos nas atividades agropecuárias, de extração mineral e despejos industriais sem o devido controle.

A bacia do rio Japarutuba, apesar de apresentar uma baixa disponibilidade hídrica, tem usos múltiplos da água superficial intensos, destacando-se a utilização da água nas atividades de exploração mineral, principalmente de petróleo/gás e potássio, abastecimento humano e irrigação. Alterações significativas na qualidade da água do rio Japarutuba e afluentes vêm sendo verificadas ao longo dos anos, constituindo elementos de estudos diversos, que apontam para causas associadas a alterações de cobertura do solo e despejos de efluentes das atividades humanas. Segundo Pantaleão (2006), a exploração de petróleo na bacia, que se constitui no maior campo petrolífero terrestre do país, o campo de Carmópolis, com mais de 150km² e 1.200 poços, faz uso da porção inferior do rio Japarutuba para o despejo das águas residuárias do processo de exploração, causando alterações significativas na biota do rio, resultado da presença de metais na água e no sedimento. A poluição das águas por efluentes urbanos mostra-se presente nas proximidades dos municípios de Japarutuba, Capela e Nossa Senhora das Dores, com predominância de esgotos domésticos não tratados. O uso agrícola na bacia concentra-se na produção de cana-de-açúcar próxima a planície aluvial do rio e em pastagens, estas espalhadas ao longo de toda a bacia. Estas atividades têm provocado a remoção significativa da mata ciliar, contribuindo para a aceleração dos processos erosivos e para o assoreamento dos leitos dos rios. A mata ciliar no rio Japarutuba encontra-se atualmente reduzida a aproximadamente 1% do que a legislação ambiental determina como adequado, chegando a 0,14% no seu principal afluente, o rio Japarutuba-Mirim (ROCHA et al., 2009).

Observa-se que existem várias informações já disponíveis para a bacia do rio Japarutuba, resultados de estudos existentes, no entanto não há uma compilação e organização desta informação, o que dificulta a análise dos problemas presentes e impossibilita uma adequada abordagem metodológica. Desta forma, a Embrapa Tabuleiros Costeiros, juntamente com a Universidade Federal de Sergipe, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e o Instituto Tecnológico de Pesquisas do Estado de Sergipe, estão desenvolvendo o projeto intitulado "Aplicação de ferramentas de

geoprocessamento e de modelagem matemática na avaliação dos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas na bacia do rio Japaratuba, em Sergipe". O projeto foi aprovado no final do ano de 2009 no sistema nacional de editais da Embrapa e teve o seu início em abril de 2010, com previsão de duração de dois anos. O projeto tem por objetivo geral avaliar os impactos sobre os recursos hídricos, decorrentes das atividades relacionadas ao uso da terra na bacia do rio Japaratuba, por meio de modelagem matemática associada a sistemas de informações geográficas, tendo como um de seus produtos a consolidação de uma base de informações para a bacia. Assim, esta publicação inicia este processo de consolidação e constitui-se em passo primordial para a disponibilização dos resultados do projeto à sociedade em geral.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo está sendo desenvolvido na bacia do rio Japaratuba em Sergipe, localizado entre as coordenadas geográficas 37°19' O, 10°13' S e 36°47' O, 10°47'S, constituindo-se na menor bacia principal em extensão territorial, com 1.722 km², o que representa 7,8% da área do Estado de Sergipe e é totalmente contida pelos limites deste. O rio Japaratuba tem aproximadamente 92 km de extensão, nasce na Serra da Boa Vista, na divisa entre os municípios de Feira Nova e Graccho Cardoso, e deságua no Oceano Atlântico, no município de Pirambu. A vazão média do rio Japaratuba é da ordem de 11,0 m³/s e a mínima (Q_{7,10}) de 0,22 m³/s, o que demonstra o baixo potencial hídrico da bacia, caracterizando-a como uma bacia com deficiência hídrica (JICA/SEPLANTEC, 2000). Seus principais afluentes são os rios Japaratuba-Mirim, pela margem esquerda, e Siriri, pela direita. A população residente na bacia é de aproximadamente 92.200 habitantes, o que representa 5,6% da população do Estado, dos quais cerca de 61% moram nas parcelas urbanas de municípios como Capela, Japaratuba, Carmópolis, Rosário do Catete e Siriri, entre outros. Segundo a classificação climática de Köppen, predomina o clima tropical com estação seca de verão (As). O período chuvoso é compreendido entre abril e agosto com concentração nos meses de maio, junho e julho. O limite noroeste da bacia é atingido pelo Polígono das Secas, abrangendo cerca de 13% da área total da bacia. A precipitação na bacia apresenta valores anuais médios de 1.270mm, com cerca de 900mm/ano na sua porção extrema noroeste e 1.500mm/ano junto à sua foz.

Inicialmente foi realizado o levantamento das informações disponíveis sobre a bacia do Japaratuba por meio de consultas aos órgãos públicos estaduais, incluindo Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Secretaria de Planejamento; gestores de municípios situados nos limites da bacia; Comitê da Bacia do rio Japaratuba; consultas a bases de dados federais, como da Agência Nacional de Águas e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; buscas na *internet* de estudos realizados na bacia e visitas a campo orientadas por GPS. A partir da reunião dos dados levantados, realizou-se a sua seleção, interpretação e organização, tendo a referência espacial como característica uniformizadora. Para isso fez uso do programa ArcView[®] (ESRI, 2010), planilhas Excel e outros softwares gratuitos necessários a etapas intermediárias.

A partir das bases de dados pluviométricos e fluviométricos foram selecionados os postos com série histórica significativa (> 10 anos). Considerou-se este como um tamanho mínimo de série que permita uma análise consistente para valores médios, mantendo uma cobertura de postos mínima para a bacia. No caso de postos pluviométricos, foram selecionados aqueles situados no interior dos limites da bacia bem como alguns que estivessem fora, mas que permitissem caracterizar o comportamento das precipitações médias

em alguma região da bacia. Assim, foi realizada a análise de consistência de dados diários de precipitação e vazão por meio de um algoritmo elaborado em linguagem *Fortran90* para realizar a verificação do tamanho da série, ocorrência de falhas, presença de *outliers* e cálculo de parâmetros estatísticos de tendência central, como média e mediana, e de dispersão, como desvio padrão, máximo, mínimo e percentis, considerando a escala temporal mensal e anual. Para chuvas, foi ainda realizada a análise comparativa entre postos situados próximos uns dos outros com períodos equivalentes de registros, por meio de gráficos de *precipitação x tempo*, para a verificação de comportamentos anuais similares e/ou divergências que inviabilizem o uso dos dados. Estes procedimentos permitiram a eliminação de um grande número de postos considerados inconsistentes e com séries históricas consistidas muito curtas. Concluídas as análises exploratórias, foram calculadas as laminas médias precipitadas em escala de tempo mensal e anual para cada posto.

Consistidos os dados e definidas as médias, seguiu-se à verificação da existência e alcance da dependência espacial dos valores médios e com probabilidade de ocorrência para chuvas mensais e anual. A avaliação do comportamento espacial da precipitação partiu da elaboração dos semivariogramas experimentais. Estes permitiram a detecção do alcance da dependência espacial da variância e a seleção dos parâmetros das funções matemáticas para interpolação. Os procedimentos foram executados também no programa ArcView[®] (ESRI, 2010). O semivariograma ajustado fornece a função matemática que melhor representa o comportamento da variância segundo o deslocamento no espaço de estudo. Esta função permite a determinação dos ponderadores ou pesos a serem utilizados no processo de interpolação por krigagem ordinária. Através da aplicação da krigagem ordinária foram gerados mapas interpolados de variabilidade espacial das precipitações médias com minimização do erro e disponibilização de mapas de variância dos erros, possibilitando a visualização dos graus de confiabilidade das informações fornecidas.

A caracterização geomorfológica da bacia foi realizada por meio da manipulação de um Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente de dados de sensoriamento remoto do tipo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) segundo produtos refinados por Miranda (2005). A partir do MDE, foram realizadas as delimitações de áreas contribuintes aos postos pluviométricos selecionados, determinação dos limites da bacia, linhas de drenagem principais, além da caracterização altimétrica da superfície do solo na bacia.

Os mapas produzidos nesta etapa do estudo estão disponibilizados em formato PDF que acompanham esta publicação. A intenção do projeto é disponibilizar ao seu final a base de dados georreferenciada, acompanhada de um programa na forma de SIG para visualização e manipulação dos produtos obtidos.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação submetidos a análises exploratória e de consistência determinaram a seleção de 18 postos. A figura 1 apresenta a cobertura de postos pluviométricos considerada. A tabela 1 apresenta as principais características dos postos selecionados.

Observa-se pela Figura 1 que há uma distribuição aproximadamente uniforme dos postos de chuva na bacia, no entanto as suas porções nordeste e sudoeste apresentam baixa cobertura em seu interior. Segundo os períodos das séries históricas apresentados na Tabela 1, verifica-se que as séries efetivas apresentaram um valor médio de 33,5 anos, onde o posto 5 (Fazenda Cajueiro) apresentou a menor série histórica, totalizando 11 anos de dados e o posto 13 (Nossa Senhora das Dores), a maior, com 74 anos de

registros diários sem falhas. Observa-se ainda que os registros foram realizados em diferentes períodos, com 11 postos contemplando períodos mais recentes (até 10 anos) e destes, apenas 3 postos mantêm leituras até a data atual (disponíveis até 2008). Como o objetivo do trabalho concentra-se na análise de valores médios, os períodos considerados passam a ter importância secundária, no entanto podem mascarar possíveis efeitos de mudanças climáticas nas precipitações.

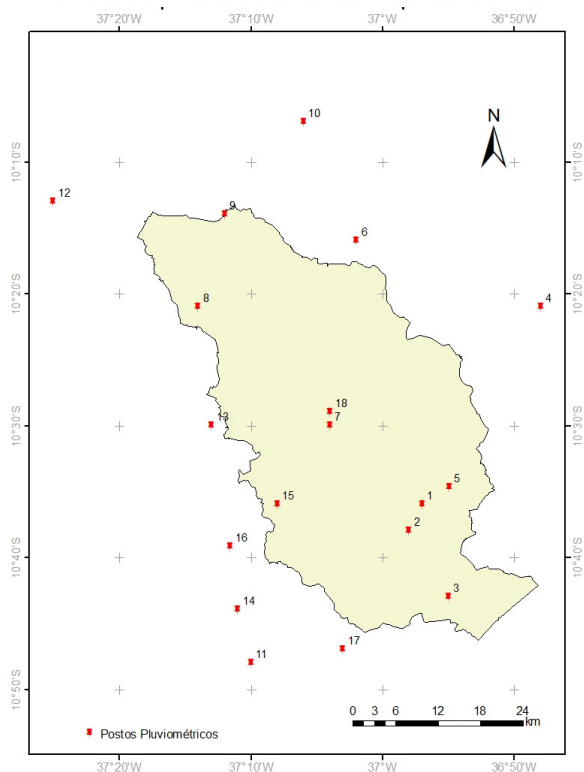


Figura 1 – Postos pluviométricos selecionados na bacia do rio Japarutuba

Tabela 1 – Características principais dos postos pluviométricos selecionados

ID	Código ANA	Nome da estação	Latitude	Longitude	Ano inicial	Ano final	Série (anos)	Série efetiva (anos)
1	1036014	JAPARATUBA	-10.60000	-36.95000	1917	1987	71	61
2	1036020	USINA OUTEIRINHOS (IAA)	-10.63333	-36.96667	1963	1996	34	19
3	1036033	CURRAL DO MEIO	-10.71667	-36.91667	1963	1984	22	18
4	1036054	JAPOATA (FAM)	-10.35000	-36.80000	1949	1971	23	12
5	1036063	FAZENDA CAJUEIRO	-10.57806	-36.91556	1991	2008	18	11
6	1037003	AQUIDABA	-10.26667	-37.03333	1912	1997	86	58
7	1037009	CAPELA	-10.50000	-37.06667	1953	1998	46	31
8	1037013	CUMBE	-10.35000	-37.23333	1963	1987	25	23
9	1037016	GRACHO CARDOSO (TAMANDUA)	-10.23333	-37.20000	1963	1999	37	23
10	1037021	ITABI (PROVIDENCIA)	-10.11667	-37.10000	1963	1999	37	22
11	1037028	LARANJEIRAS	-10.80000	-37.16667	1920	1987	68	62
12	1037034	NOSSA SENHORA DA GLORIA	-10.21667	-37.41667	1912	1999	88	71
13	1037036	NOSSA SENHORA DAS DORES	-10.50000	-37.21667	1913	2000	88	74
14	1037042	RIACHUELO	-10.73333	-37.18333	1963	1999	37	23
15	1037047	SIRIRI	-10.60000	-37.13333	1963	1998	36	24
16	1037049	SANTA ROSA DE LIMA (CAMBOATA)	-10.65278	-37.19278	1952	2008	57	27

17	1037050	SANTO AMARO DAS BROTAS	-10.78333	-37.05000	1963	1999	37	23
18	1037078	CAPELA	-10.48333	-37.06667	1983	2007	25	21

Os valores médios mensais e anuais de precipitação foram obtidos para fins de análise preliminar do comportamento temporal da chuva nas diferentes partes da bacia. Para tanto foram determinados os valores médios das médias segundo Polígonos de Thiessen, obtidos a partir da técnica de Voronoi do ArcView®. A figura 2 apresenta o comportamento das chuvas médias mensais para a bacia do rio Japaratuba. Observa-se que 60% dos totais anuais precipitados concentram-se no período de abril a julho, sendo que 17,5% no mês de maio. A maior máxima média mensal foi obtida no posto 3 (Curral do Meio), situado mais próximo à foz, totalizando 297 mm para o mês de maio e a menor mínima no posto 8 (Cumbe), com 14,8 mm para novembro. A menor máxima média mensal foi obtida no posto 3 (Curral do Meio), totalizando 46,3 mm para o mês de dezembro; e a maior mínima, com 112,7 mm, no posto 12 (Nossa Senhora das Dores). Considerando as médias anuais, o valor máximo foi obtido no posto 14 (Riachuelo) com 1628 mm; e para altura mínima média, o valor de 697 mm foi fornecido pelos registros do posto 12 (Nossa Senhora das Dores). Tais valores refletem a influência dos diferentes climas presentes na bacia, com maiores volumes precipitados nas porções litorâneas e redução no sentido do agreste e sertão.

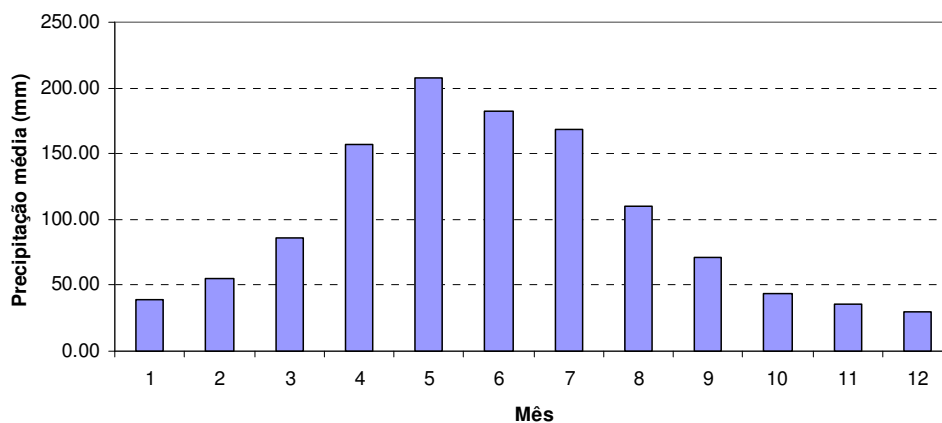


Figura 2 – Distribuição temporal das lâminas médias mensais precipitadas na bacia do rio Japaratuba

A variabilidade temporal das precipitações, descrita anteriormente, explica parcialmente o comportamento deste fenômeno no estado, pois a aplicação eficiente das informações produzidas a partir das séries históricas avaliadas depende fortemente da posição no espaço geográfico em que se necessita realizar o estudo ou projeto. Ademais, os fenômenos naturais têm, de maneira geral, uma tendência à redução da similaridade de comportamentos à medida que há um afastamento do ponto de avaliação, ou seja, a dependência espacial é um fator de peso a ser considerado em análises deste tipo (VIEIRA et al., 1981). Assim, foi realizada a avaliação da dependência espacial das precipitações mensais e anuais como forma de permitir a produção de informação em regiões do estado não cobertas, de forma satisfatória, por postos de registros pluviométricos, avaliando ainda a confiabilidade da informação produzida.

A aplicação de técnicas de geoestatística iniciou-se pela produção de semivariogramas experimentais para cada conjunto de lâminas médias mensais e anuais localizados espacialmente em cada posto. A seguir, considerando a existência de anisotropia, foram ajustadas funções matemáticas que melhor representassem o comportamento gráfico dos semivariogramas, observando a formação de efeito pepita, alcance e patamar, minimizando o erro padrão médio. A Figura 3 mostra um exemplo de semivariograma produzidos por meio do programa ArcView®.

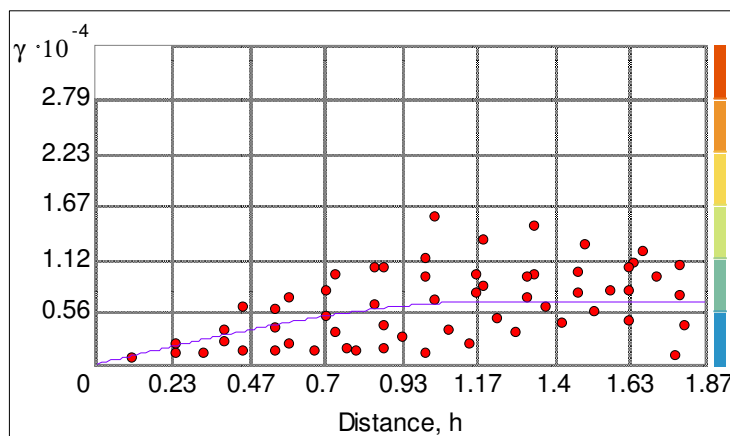


Figura 3 – Exemplo de semivariograma experimental e função ajustada para a precipitação média do mês de maio na bacia do rio Japaratuba

Uma vez obtidas as funções que melhor representam o fenômeno, para cada conjunto de lâminas de precipitação, partiu-se para a aplicação da krigagem ordinária como meio de gerar os mapas interpolados para a bacia. Em alguns casos foi necessária a aplicação de logaritmos para normalizar o comportamento dos dados e permitir o uso da técnica da forma adequada. As Figuras 4 a 16 apresentam os mapas gerados.

Observou-se uma tendência geral de aumento nos valores das lâminas precipitadas no sentido do interior ao litoral do estado, de acordo com as características climáticas predominantes no sertão, agreste e litoral. O comportamento espacial da precipitação foi descrito de forma satisfatória pelos modelos ajustados, demonstrando o potencial de aplicação das técnicas na previsão de valores de lâminas para locais com deficiência de monitoramento.

Deve-se se ressaltar que este estudo não esgota as possibilidades de produção de mapas de precipitações para a bacia do rio Japaratuba, uma vez que podem ser considerados outros postos com séries longas e dados disponíveis, novos períodos de análise, como decendial, por exemplo, além de associações destes mapas com outras variáveis, como evapotranspiração, umidade no solo, e potencial erosivo. Desta forma, este estudo tem por expectativa contribuir ao processo de gestão de recursos hídricos e constituir-se em um complemento a outros já realizados, disponibilizando informação a pesquisadores, estudantes e pessoas interessadas.

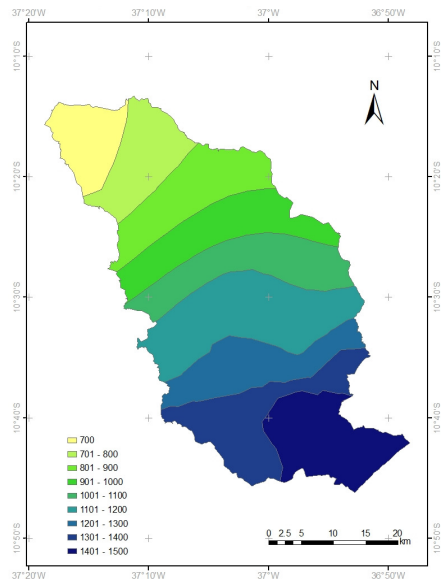


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias anual (mm) na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

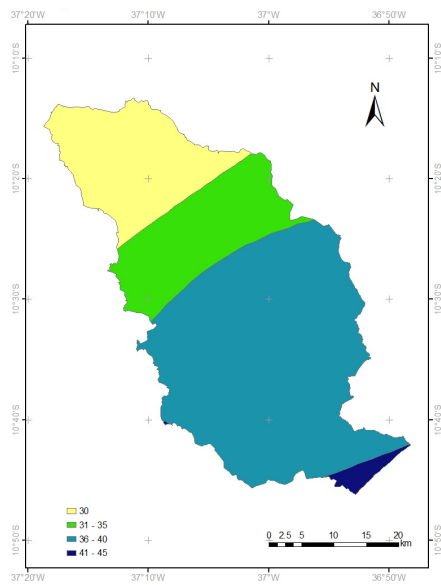


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Janeiro (mm) na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

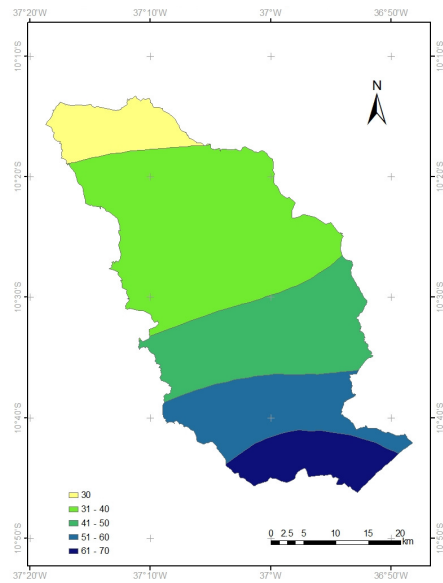


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Fevereiro (mm) na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

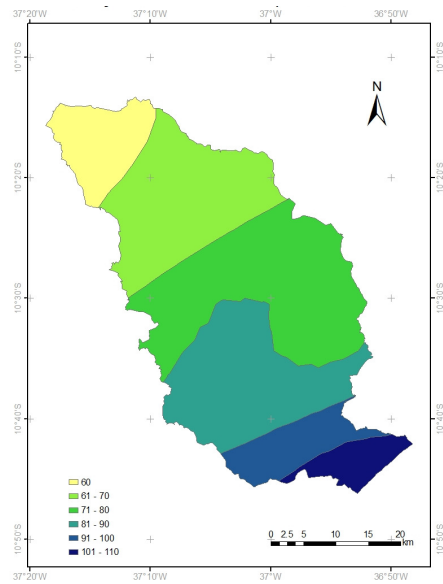


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Março (mm) na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

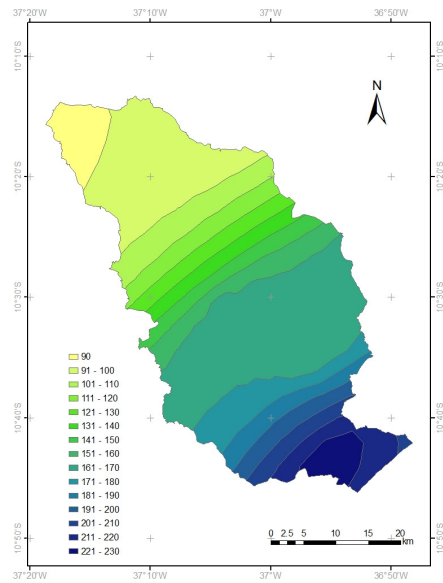


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Abril (mm) na bacia do rio Japaratuba em Sergipe

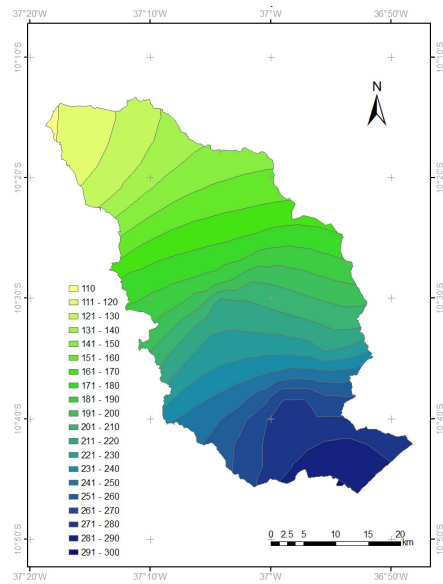


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Maio (mm) na bacia do rio Japaratuba em Sergipe

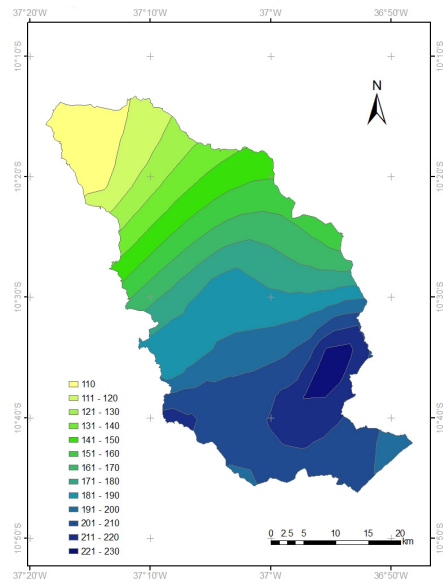


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Junho (mm) na bacia do rio Japaratuba em Sergipe

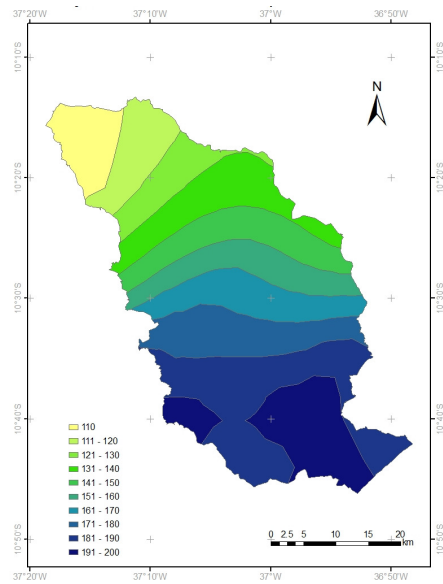


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Julho (mm) na bacia do rio Japaratuba em Sergipe

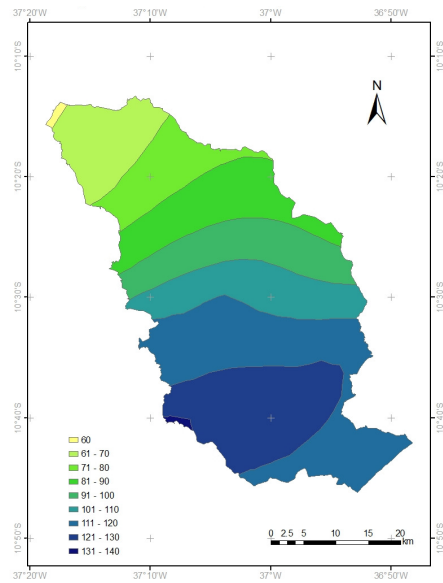


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Agosto (mm) na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

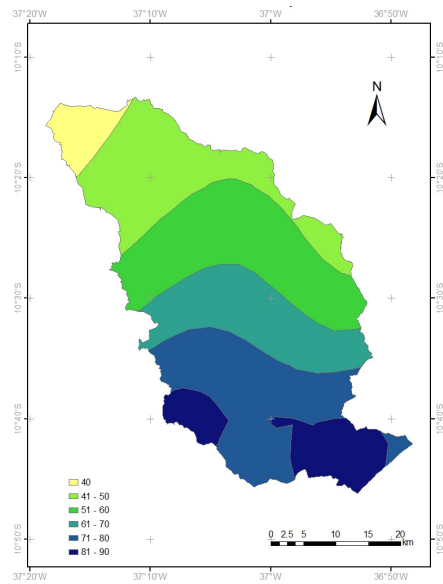


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Setembro (mm) na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

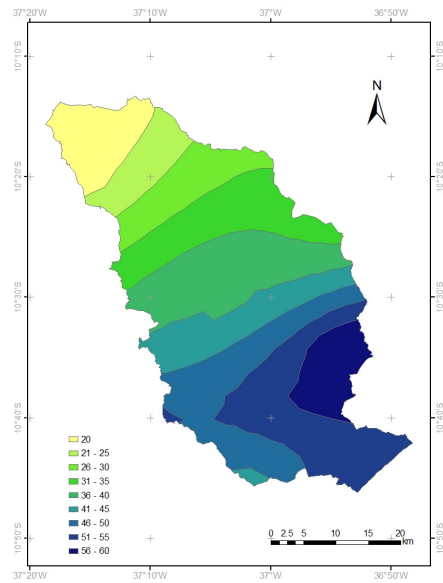


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Outubro (mm) na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

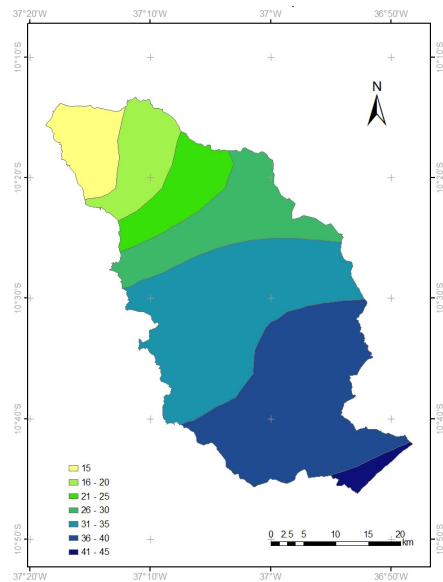


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Novembro (mm) na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

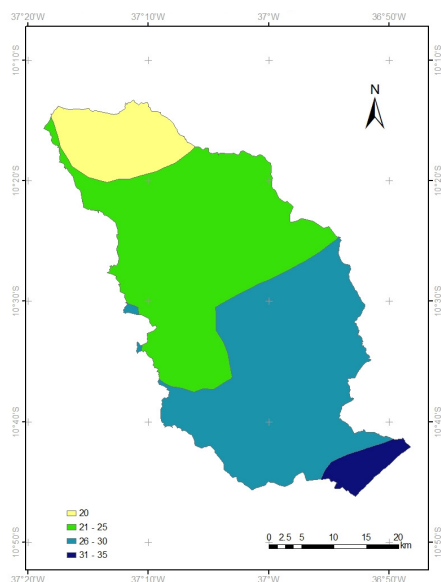


Figura 4 – Isoietas para alturas precipitadas médias no mês de Dezembro (mm) na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

Os postos fluviométricos em funcionamento na bacia são apenas cinco e estão sob a tutela da Agência Nacional de Águas. A tabela 2 apresenta a descrição dos postos selecionados.

Tabela 2 – Postos fluviométricos em funcionamento na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

CÓDIGO ANA	NOME	RIO	INICIO	FIM	LATIT	LONG	AREA (km ²)
50040000	JAPARATUBA	JAPARATUBA	1969	2008	-10.589444	-36.960833	815
50042000	FAZENDA PAO DE ACUCAR	JAPARATUBA-MIRIM	1973	2008	-10.448889	-36.937778	201
50043000	FAZENDA CAJUEIRO	JAPARATUBA-MIRIM	1973	2008	-10.580556	-36.913889	315
50046000	SIRIRI	SIRIRI	1973	2008	-10.597222	-37.112222	160
50047000	ROSARIO DO CATETE	SIRIRI	1973	2008	-10.696944	-37.036389	302

A partir do MDE SRTM (resolução 90m) foi realizada a delimitação da bacia do rio Japarutuba e sub-bacias contribuintes aos postos fluviométricos por meio do módulo *Hydrology* presente na extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS. Foi utilizado o recorte do retângulo envolvente da bacia da cena SC24ZB (Miranda, 2005), conforme se observa na figura 18.

Tendo como base o MDE, foi realizado o preenchimento de depressões (Comando *Fill*), bem como gerado o mapa de direção de fluxo (Comando *Flow Direction*). A partir do mapa de direção de fluxo produziu-se o mapa de fluxo acumulado (Comando *Flow Accumulation*) e, na seqüência, foram definidos limites das bacias contribuintes (Comando *Basin*). Realizados os passos, os polígonos de cada bacia foram obtidos. A Figura 19 apresenta a localização dos postos de medição de nível/vazão na bacia bem como as sub-bacias contribuintes a cada posto.

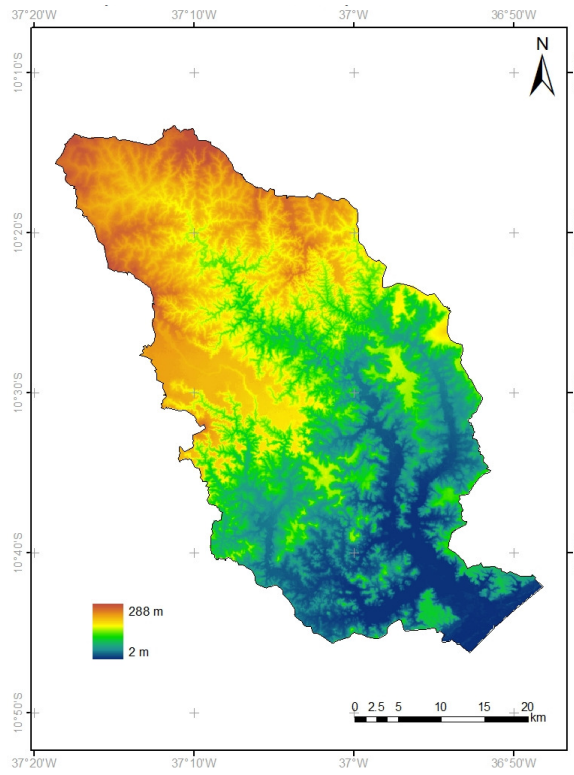


Figura 18 – Modelo Digital de Elevação SRTM para a bacia do rio Japarutuba em Sergipe

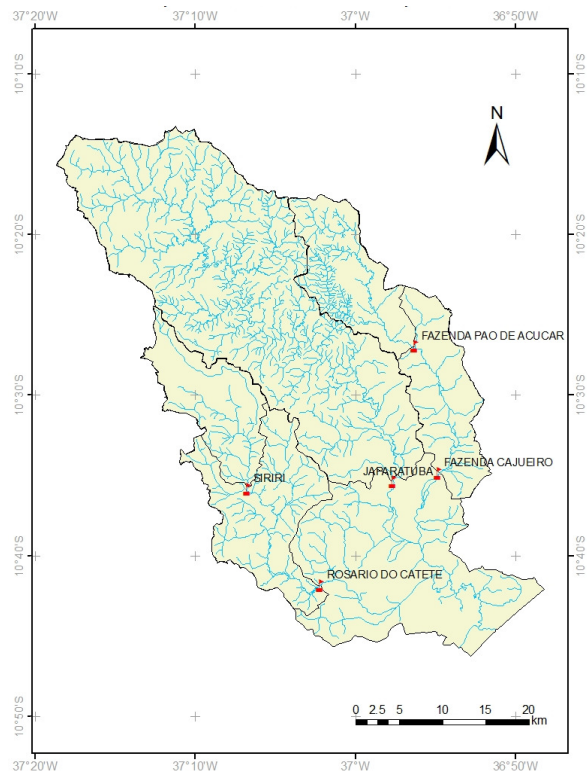


Figura 19 – Postos fluviométricos na bacia do rio Japarutuba em Sergipe

4 - CONCLUSÕES

1. Observou-se uma tendência geral de aumento nas lâminas precipitadas no sentido do interior ao litoral do estado, de acordo com as características climáticas predominantes no sertão, agreste e litoral;
2. O Modelo Digital de elevação permitiu a determinação das áreas contribuintes aos postos fluviométricos com boa precisão;
3. Os resultados demonstraram o potencial do uso de ferramentas de geoestatística para a obtenção de informações com grau de confiabilidade mensurável em regiões não amostradas.
4. A base de dados do projeto encontra-se em desenvolvimento e deverá expandir-se contemplando a formatação de um SIG para a visualização de seus produtos.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. **Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas**. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 03 de Jan./2009.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de sistemas de informações geográficas. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INEPE, [2008]. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 4 jul. 2008.

DAME, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; SOUTO, M. V. et al. Análise de frequência hidrológica de dados de precipitação pluvial em algumas estações agroclimatológicas da região sul do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 351-355, 1996.

. ARCGIS desktop help 9.1. Redlands, CA: ESRI, 2005. Disponível em: <<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.1/index.cfm>>. Acesso em: 20 jun. 2008.

AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO. **Estudo sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Estado de Sergipe na República Federativa do Brasil**. [Aracaju]: Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia, 2000.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 27 ago. 2009.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Revista Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

RIBEIRO, B. T.; AVANZI, J. C.; MELLO, C. R. et al. Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para a região de Barbacena, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1297-1302, 2007.

SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M. M.; SOUZA, M. R. et al. Precipitação provável para o município de Lavras, MG, utilizando a distribuição Log-normal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 382-389, 1999.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Centro de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/meteorologia/>>. Acesso em: 05 de Jan./2009.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Recursos Hídricos. Sergipe: **atlas digital de recursos hídricos do Estado de Sergipe**. Aracaju: SEPLANTEC, [2004]. 1 CD-ROM.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH; UFRGS, 1993. 946 p.

VIEIRA, S. R.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. **Soil Science Society of America Journal**, Madinso, WI, v. 45, n. 6, p. 1040-1048, 1981.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 250 p.