

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO PARANAÍBA A PARTIR DA REDE DE ESTAÇÕES DE SUPERFÍCIE AUTOMÁTICA DO INMET (2001-2011), UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

Alécio Perini Martins
Universidade Federal de Uberlândia
alecioperini@yahoo.com.br

Roberto Rosa
Universidade Federal de Uberlândia
rrosa@ufu.br

A CLIMATOLOGIA E AS NOVAS TECNOLOGIAS

RESUMO: As geotecnologias têm se mostrado instrumentos fundamentais às atividades de diagnóstico, análise, planejamento e gestão ambiental, permitindo a visualização e a distribuição espacial de fenômenos geográficos. Em climatologia, auxiliam no tratamento estatístico das informações e, principalmente, na sua espacialização; permitem que os dados sejam interpolados, estimando informações por meio de equações matemáticas. A pesquisa teve como objetivo sistematizar os dados climatológicos obtidos pelas estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na Bacia do Rio Paranaíba (precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, evapotranspiração potencial, excedente e déficit hídrico), espacializando-os com o uso de ferramentas de Geoprocessamento. Os dados de 34 estações foram sistematizados no Microsoft Excel 2007 e, com o uso da extensão 3D Analyst do ArcGis10, foram espacializados pelo método "Inverse Distance Weighted", transformado em raster e, após recorte, atribuiu-se uma gradação de cores para demonstrar a variação dos mesmos. Dessa forma, foi possível observar que não existe um padrão definido de distribuição espacial destes elementos, em partes devido à quantidade insuficiente de informações e à má distribuição espacial das estações.

Palavras chave: Geotecnologias; Métodos de interpolação; Distribuição espacial.

ABSTRACT: Geotechnologies have proved to be essential to the activities of diagnosis, analysis, planning and environmental management, allowing the visualization and spatial distribution of geographic phenomena. In climatology, they help in the statistical processing of information, and especially in its spatialization; they also allow data to be interspersed, estimating information through mathematical equations. The study aimed to systematize climatological data obtained through the automatic stations of the National Institute of Meteorology (INMET) from Paranaíba Basin (precipitation, temperature, air humidity, the potential evapotranspiration, water deficit and exceeding), spatialising them with the use of Geoprocessing tools. Data from 34 stations were organized in Microsoft Excel 2007 and through the use of 3D Analyst extension from ArcGis10 they were spatialized by the "Inverse Distance Weighted", then transformed into raster and after clipping, it was attributed a gradation of colors to establish variation thereof. Therefore, it was possible to observe that there is not a definite pattern of spatial distribution of these elements, in part due to insufficient amount of information and poor spatial distribution of stations.

Key words: Geotechnology; interpolation methods; Spatial distribution

Introdução

Nas últimas décadas, principalmente a partir dos anos 1960, a corrida espacial e a descoberta e aperfeiçoamento de novas tecnologias vêm possibilitando a evolução do uso e difusão de ferramentas e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Atualmente, as geotecnologias têm se mostrado instrumentos imprescindíveis para atividades de diagnóstico, análise, planejamento e gestão

ambiental, permitindo a visualização e a distribuição de fenômenos geográficos, tanto físicos quanto sociais, facilitando a tomada de decisões por qualquer agente que se interesse pelo uso e ocupação do espaço.

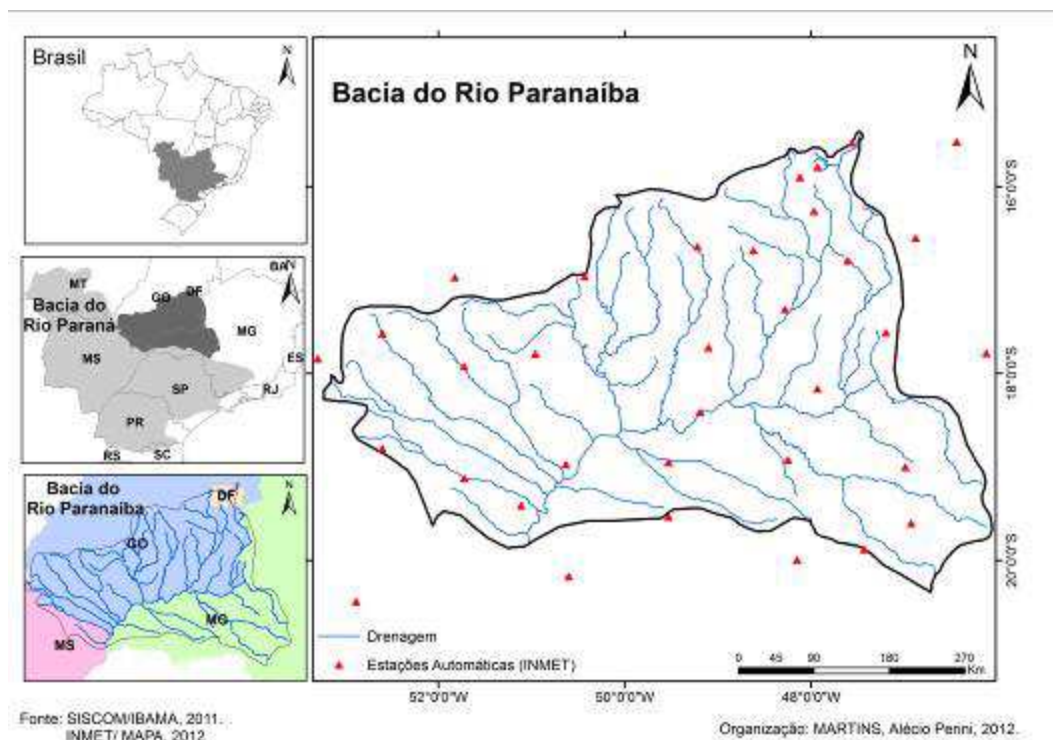
Xavier-da-Silva e Zaiden (2004, p.20) consideram que

O Geoprocessamento tornou possível, em uma escala inimaginada, analisar a Geotopologia de um ambiente, ou seja, investigar sistematicamente as propriedades e relações posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informação destinada ao apoio à decisão.

Em climatologia, essas ferramentas mostram-se essenciais por permitirem o tratamento estatístico das informações, bem como sua espacialização por meio de métodos matemáticos que utilizam a interpolação de dados obtidos pelas estações existentes para prever valores para regiões sem essa cobertura com alto grau de confiabilidade.

A área escolhida como lócus para as experimentações da pesquisa é representada pela Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (Figura 01), um dos principais afluentes da Bacia do Rio Paraná, com área aproximada de 230.000 km².

Mapa 01. Localização da área de estudo.



Quatro unidades da Federação apresentam parte de seu território drenado por afluentes do Rio Paranaíba, sendo a maior área correspondente ao estado de Goiás (63,27%), com 137 municípios total ou parcialmente inseridos nessa unidade da paisagem. Minas Gerais apresenta 56 municípios, com

12% de seu território total drenado por afluentes do Rio Paranaíba, seguido por Mato Grosso do Sul, com 3,4% e 4 municípios e pelo Distrito Federal, com 1,65% e 1 município.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba apresenta uma diversidade de ambientes extremamente interessantes para estudos ambientais, permitindo que a caracterização e análise da dinâmica destes ambientes possam ser realizadas com o uso de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

A pesquisa da qual este artigo resulta, teve como objetivo central sistematizar os dados climatológicos obtidos pelas estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na Bacia do Rio Paranaíba, independentemente se estes compõem uma série histórica ou não, espacializando-os com o uso de ferramentas de Geoprocessamento a fim de ter uma visão geral da distribuição espacial de elementos como precipitação total, temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa do ar média, evapotranspiração potencial, excedente e déficit hídrico.

Referencial teórico-conceitual

De acordo com a revista Fator GIS (2004), o geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de tecnologias relacionadas ao tratamento da informação espacial, que englobam técnicas de: a) Coleta de informação espacial; b) armazenamento de informação espacial; c) tratamento e análise de informação espacial; d) uso integrado de informação espacial.

Destaca-se desse conjunto de ferramentas que compõe o geoprocessamento, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), pois representam nos dias atuais, excelente instrumental técnico, indispensáveis para o planejamento e gestão do espaço. As comparações, análises, correlações, sobreposição de informações antes realizadas por meio analógico passam a ser automatizadas e seguindo rigorosos processos estatístico-matemáticos-computacionais, dependendo dos objetivos propostos, utilizando, de forma integrada, as informações espaciais e não-espaciais.

O Uso de Sistemas de Informação Geográfica no processo de diagnóstico, gestão e análise ambiental em bacias hidrográficas é indicado, entre outras funções, por permitir a geração de Modelos Digitais do Terreno (MDT) para a extração de bordas, topos, curvas de nível, extração de drenagem etc., que, em conjunto com mapas de solos, geologia, geomorfologia, entre outros, permitem a análise integrada das diversas características ambientais da bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica possui um recorte de análise em que podem ser trabalhadas e representadas as informações espaciais e suas interações. A utilização do geoprocessamento facilita a integração e inter-relação de informações inclusive as socioeconômicas. Câmara, Davis e Monteiro (2001) consideram que os estudos ambientais podem conter o mapeamento temático que visa caracterizar e entender a organização do espaço; o diagnóstico serve de base para estudos mais específicos sobre determinadas áreas para diferentes tipos de ocupação ou preservação; a avaliação ambiental busca monitorar as características ambientais e a contribuição da participação humana; o ordenamento

territorial, em qualquer nível ou setor, serve para estabelecer normas de uso e ocupação de determinadas áreas.

Em estudos climatológicos, essas ferramentas são imprescindíveis para auxiliar no tratamento estatístico das informações e, principalmente, para sua espacialização. O Geoprocessamento permite que os dados sejam interpolados, estimando informações para áreas que não apresentam estações de monitoramento por meio de equações matemáticas.

Marcuzzo, Andrade e Melo (2011), com base nos estudos de Amorim et. al. (2006), ao comparar diferentes métodos de interpolação, argumentam que no método de interpolação IDW (Inverse Distance Weighted), utilizado neste trabalho, cada ponto exerce uma *“influência na região ao seu redor que varia com uma potência do inverso da distância, sendo um método simples”* (MARCUIZZO, ANDRADE E MELO, 2011 p.794), mas bastante eficaz para áreas com cobertura insuficiente de estações. Ainda segundo os autores, o método Spline, também disponibilizado pela extensão 3D Analyst do ArcGis10®, é *“utilizado para o ajuste de uma superfície de curvatura mínima que passa pelos pontos de entrada, sendo apropriado quando há a tendência de variações gradativas nos valores do fenômeno a ser interpolado”* (MARCUIZZO, ANDRADE E MELO, 2011 p.794). O terceiro método mais comum utilizado nesse tipo de estudo, o kriging, apresenta uma lógica matemática semelhante ao IDW, mas necessita de um certo grau de continuidade espacial para obter resultados mais precisos.

Material e métodos

Para a realização deste estudo foram utilizados dados das Estações Automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), cedidos pelo instituto via CD-ROM. Estas informações foram disponibilizadas para períodos diferentes, conforme as datas de instalação e operação das estações, variando de 2001 a 2007 para início até 2011, período insuficiente para uma análise mais precisa do comportamento das variáveis climáticas na área de interesse, mas que permite visualizar como ocorre a distribuição espacial de elementos como a precipitação total, temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa do ar média, além da evapotranspiração potencial média e o excedente e déficit hídrico anual, obtidos por meio de balanço hídrico do solo.

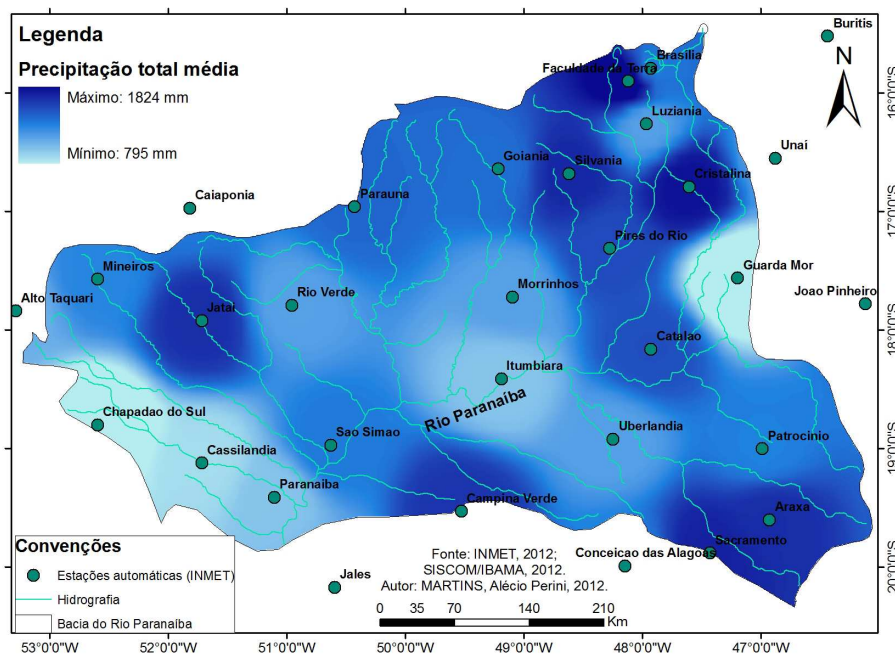
Os dados das 34 estações foram sistematizados no Microsoft Excel 2007 ® em planilhas anuais, organizando as estações por linhas e os valores totais e médios por coluna, permitindo a importação da tabela diretamente no ArcGis10 ®. Com o uso da extensão 3D Analyst, as informações foram espacializadas pelo método *“Inverse Distance Weighted”*, transformado em raster e, após recorte, atribuiu-se uma gradação de cores para demonstrar a variação espacial dos elementos analisados. O método IDW *“considera que as coisas que estão mais próximas são mais parecidas do que as que estão mais distantes”* (BOSCATTO, PROCHNOW, OLIVEIRA, 2007, p. 1681). Dessa forma, utiliza a interpolação com dados de estações próximas para demonstrar o comportamento das variáveis em

áreas não cobertas pela rede de estações. Para a espacialização dos dados na Bacia do Rio Paranaíba, foram utilizadas 34 estações, sendo que 24 estão dentro dos limites da área de estudo, que é de aproximadamente 230.000 Km². É como se cada estação cobrisse quase 10.000 km², se apresentassem uma melhor distribuição espacial. Isso justifica, também, porque foi utilizado o método IDW ao invés do Kriging, também muito utilizado nesse tipo de estudo, por necessitar de um certo grau de continuidade. A pequena quantidade de estações em relação à dimensão da área de estudo, aliado ao curto período de dados, pode acabar gerando distorções em relação aos valores totais e médios, mas não influem significativamente na visualização espacial dos fenômenos.

Resultados e discussão

A partir dos dados disponíveis e, considerando a má distribuição e pequena quantidade de estações meteorológicas existentes, não é possível estabelecer uma tendência de distribuição espacial das precipitações anuais (conforme mapa 02), que apresentam maiores médias na porção leste/nordeste (distrito federal, leste e sudeste de Goiás) e na porção sudeste (alto curso do Rio Paranaíba), coincidindo com áreas de altitude mais elevada e de topografia plana/ suavemente ondulada (Figura 01).

Mapa 02. Bacia do Rio Paranaíba - Precipitação total anual (médias)



Nota-se uma relativa tendência de redução nos totais anuais na área próxima à confluência do Rio Paranaíba com o Rio Grande, que formam o Rio Paraná (leste de Mato Grosso do Sul), especificamente nas bacias dos Rios Santana e Aporé, áreas com menor altitude e sob influência mais efetiva da Massa Tropical Continental.

O clima regional, de acordo com Nimer (1977) sofre influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias tropicais, conferindo-lhe uma característica de clima de transição, com apenas duas estações bem definidas: verão e inverno. A gênese destas características está na dinâmica de atuação de sistemas atmosféricos como a Frente Polar Atlântica (FPA) que “*praticamente todos os anos, juntamente com a MP [massa polar], alcança o Estado de Minas Gerais, causando diminuição de temperatura do ar durante o verão*”. (MENDES, 2001 p.82). Já no inverno, graças às diferenças térmicas entre o ar da região do Equador e do Pólo Sul,

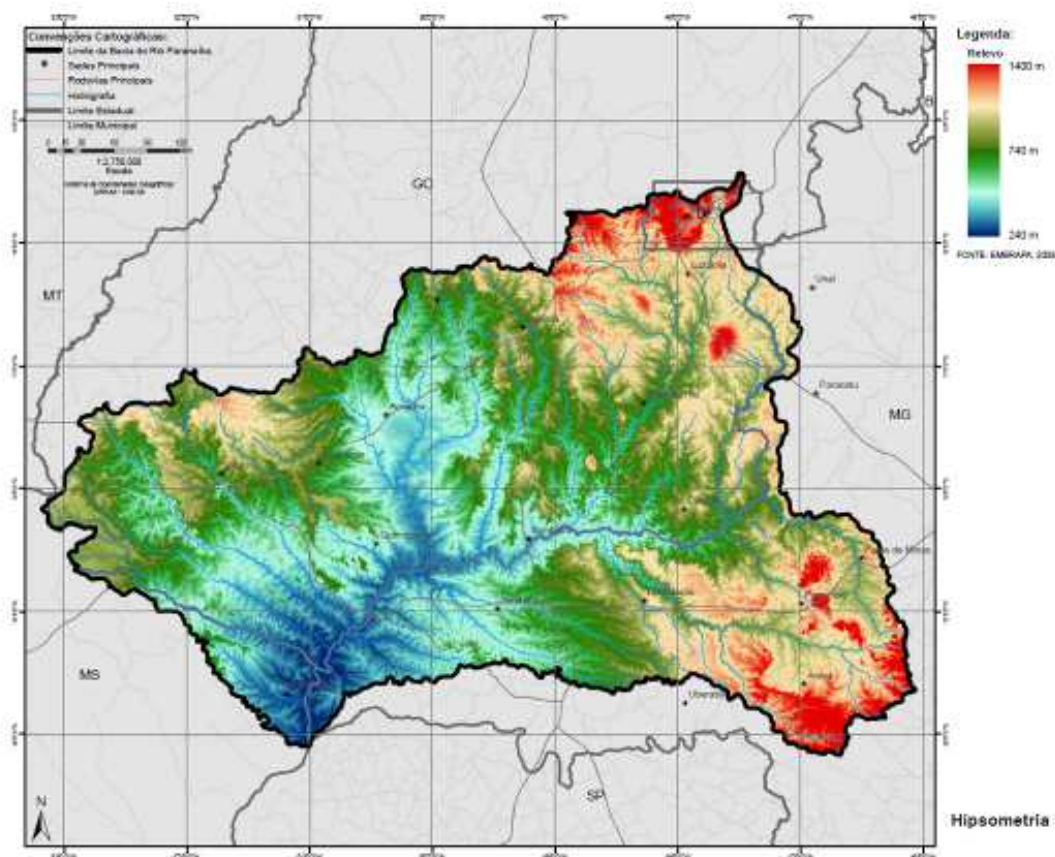
as frentes apresentam forte gradiente barométrico, que provoca regiões de movimento ascendente do ar, normalmente na frente norte do sistema frontal, que ocasiona precipitação tipicamente frontal, abrangendo principalmente a faixa sul dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e toda a região Sul. (MENDES, 2001 p.82)

No verão, a diferenciação térmica entre a zona equatorial e áreas de altas latitudes não é tão alta quanto no inverno, mesmo assim, segundo Mendes (2001), as frentes continuam operando, com atividade convectiva associada relativamente baixa, o que levaria a crer que a precipitação na região diminuiria, o que na realidade não acontece. O autor explica que o “aquecimento continental nesse período do ano produz células de baixa pressão, distribuídas pelo Estado, favorecendo a formação de chuvas”. (MENDES, 2001 p.83)

Com base nos estudos de Nimer (1977) que, apesar dos mais de 30 anos de publicação continua a ser uma das melhores referências no assunto, destaca-se que a posição da bacia do Rio Paranaíba na metade do caminho entre as áreas equatoriais e temperadas, faz com que a região seja atingida por perturbações do sul (associadas às Massas Polares), de leste (ondas que se deslocam na região equatorial no sentido oeste-leste) e de oeste (relacionadas com centros de baixa pressão, que recebem o nome de Linhas de Instabilidade Tropical).

Figura 01. Bacia do Rio Paranaíba – Hipsometria

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO PARANAÍBA A PARTIR DA REDE DE ESTAÇÕES DE SUPERFÍCIE AUTOMÁTICA DO INMET (2001-2011), UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

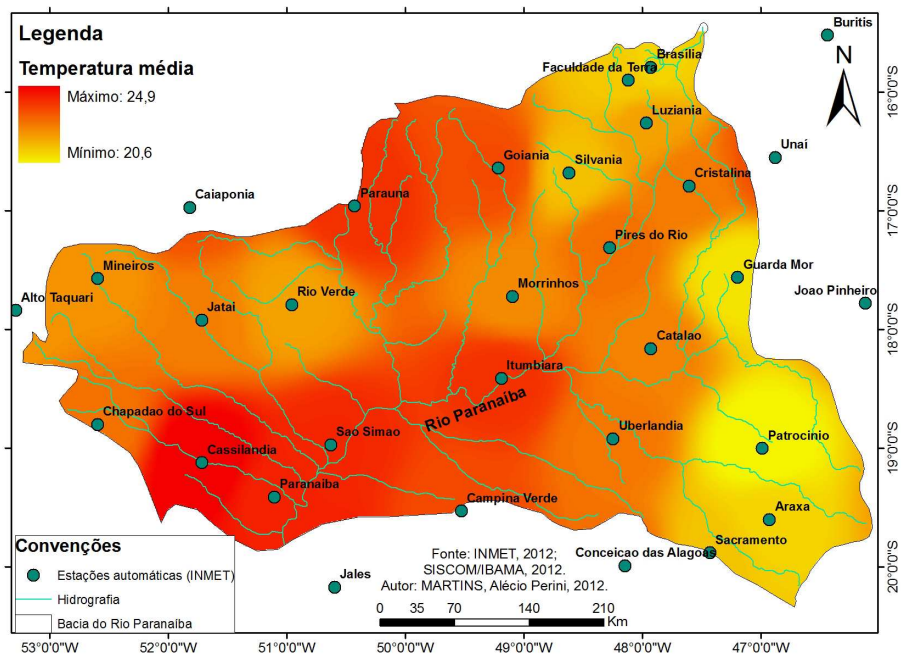


Fonte: ANA/COBRAPE - Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba

Ainda segundo Nimer (1977), ao abordar especificamente o clima do Sudeste do Brasil, estas perturbações de oeste, que ocorrem com maior frequência na primavera e no verão, associam-se à alta umidade amazônica (Massa Equatorial Continental) provocando chuvas na região. Quando associadas às frentes frias que, mesmo no verão, continuam atuando, forma-se um “corredor” entre a região amazônica e o litoral do sudeste conhecido como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), responsável por precipitações contínuas e intensas na região, por períodos que se estendem de 3 a 7 dias.

As temperaturas médias anuais (mapa 03), bem como as temperaturas máximas (mapa 04), seguem uma tendência de variação espacial de acordo com as altitudes apresentadas pelo terreno, sendo os menores valores registrados em áreas de altitude mais elevada e topografia predominantemente plana, conforme registrado nas estações do Distrito Federal e entorno e alto curso do Rio Paranaíba, no estado de Minas Gerais (Araxá, Patrocínio, Sacramento e Guarda Mor). As maiores médias foram registradas próximas ao Rio Paranaíba, principalmente no médio-baixo curso seguindo as regiões com altitudes mais baixas e na porção central do Estado de Goiás (região de Goiânia e Paraúna).

Mapa 03. Bacia do Rio Paranaíba – Temperatura média anual

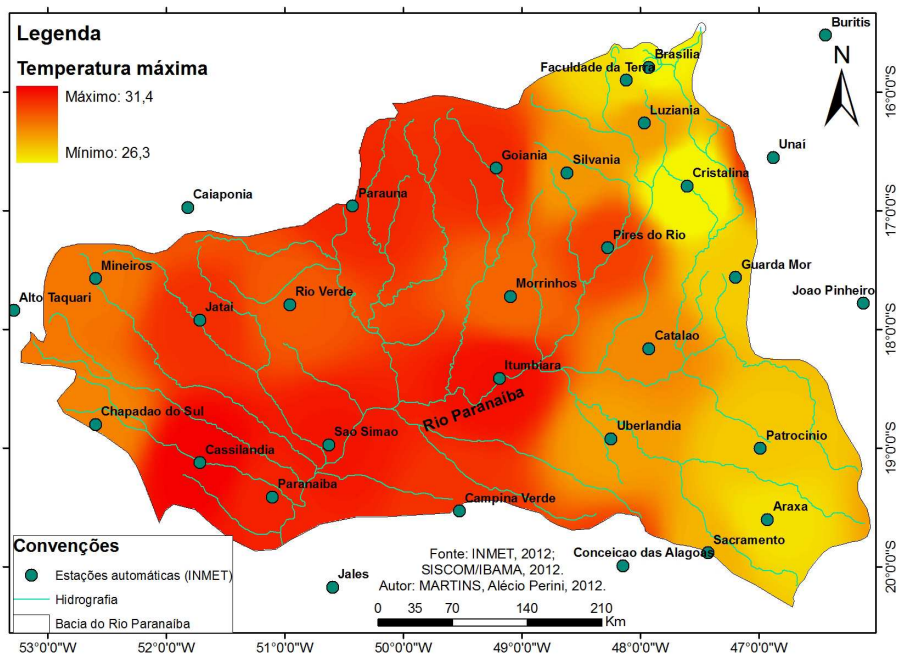


A porção do estado de Mato Grosso do Sul pertencente à bacia do Rio Paranaíba apresenta um ambiente diferenciado do restante da área, apresentando um volume menor de precipitações (inferiores a 1.100mm) e temperaturas mais elevadas, interferindo diretamente nos valores de excedente e déficit hídricos apresentados pelo solo.

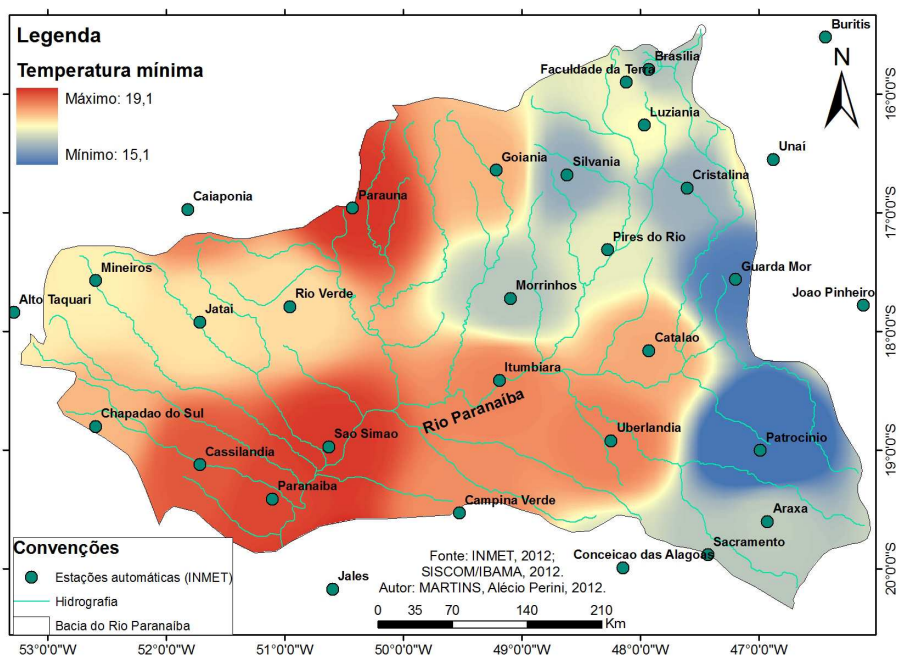
Analisando os valores médios de temperatura mínima (mapa 05), identifica-se duas áreas bem distintas: uma com temperaturas mais baixas, no alto curso da bacia, próximo às nascentes dos afluentes do alto curso, com topografia plana e altitudes mais elevadas; e uma área com temperaturas mínimas mais altas (altitudes inferiores a 750m) em todo médio-baixo curso, com valores maiores próximos à foz.

Mapa 04. Bacia do Rio Paranaíba – Temperatura máxima anual

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO PARANAÍBA A PARTIR DA REDE DE ESTAÇÕES DE SUPERFÍCIE AUTOMÁTICA DO INMET (2001-2011), UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO



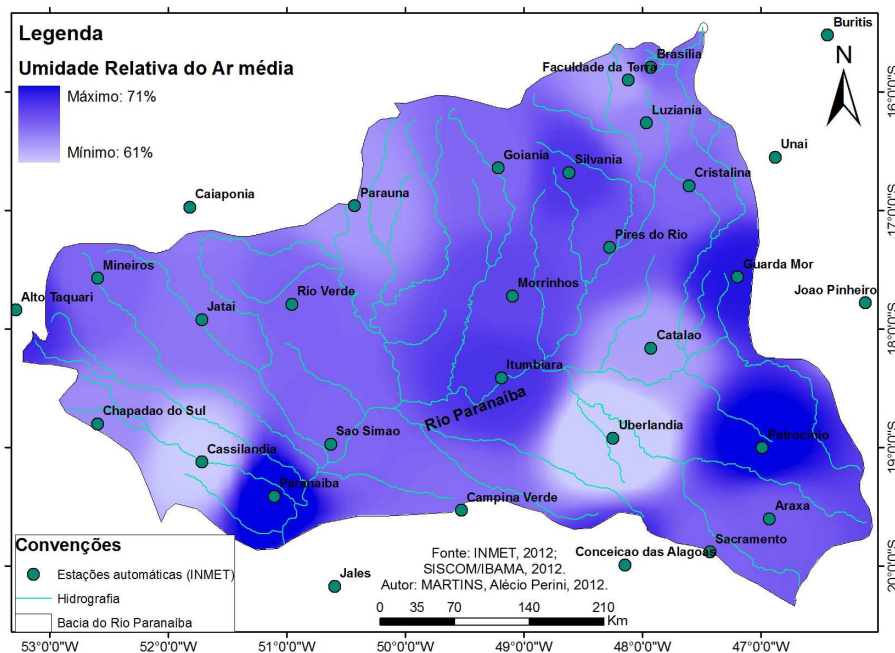
Mapa 05. Bacia do Rio Paranaíba – Temperatura máxima anual



Os dados de umidade relativa do ar são os que apresentam, entre os registrados, maiores diferenças entre as estações, não sendo possível estabelecer uma relação espacial (mapa 06). Por exemplo, as estações localizadas nas cidades de Guarda Mor (Minas Gerais) e Paranaíba (Mato Grosso do Sul), apresentaram os menores índices pluviométricos e, ao mesmo tempo, as maiores médias de umidade relativa do ar. Para a estação de Paranaíba, este fato pode estar relacionado à proximidade com o Rio Paranaíba (assim como aconteceu com os dados registrados na cidade de Itumbiara/Goias), mas não é possível estabelecer uma relação mais confiável para a estação de Guarda Mor. Este fato

evidencia que o intervalo de dados é muito curto para permitir análises mais consistentes, além do que, muitas estações como a da cidade de Goiânia, por exemplo, foram instaladas em locais que passam muito tempo fechado, sem pessoal para verificar diariamente o funcionamento das mesmas e evitar situações como entupimento de pluviômetros, entre outros.

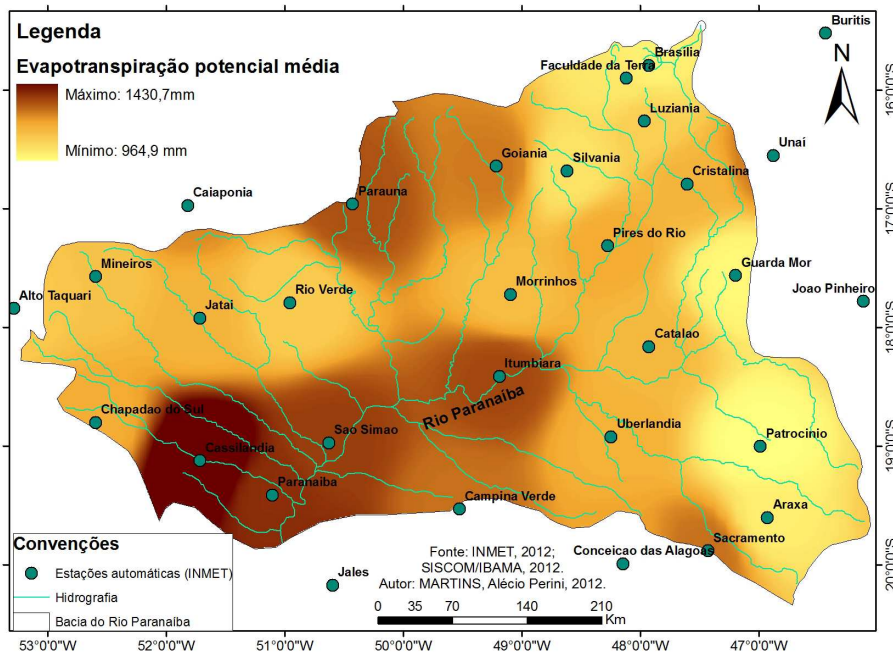
Mapa 06. Bacia do Rio Paranaíba – Umidade Relativa do Ar (médias)



A partir dos valores de precipitação total e temperaturas médias mensais, foi feito o cálculo do Balanço Hídrico do solo (de acordo com metodologia proposta por Thornthwaite & Mather, 1955), utilizando um valor padrão (100mm) de capacidade de armazenamento de água no solo (CAD), obtendo valores médios de Evapotranspiração Potencial Anual, Excedente e Déficit Hídrico (anuais), conforme os mapas 07, 08 e 09.

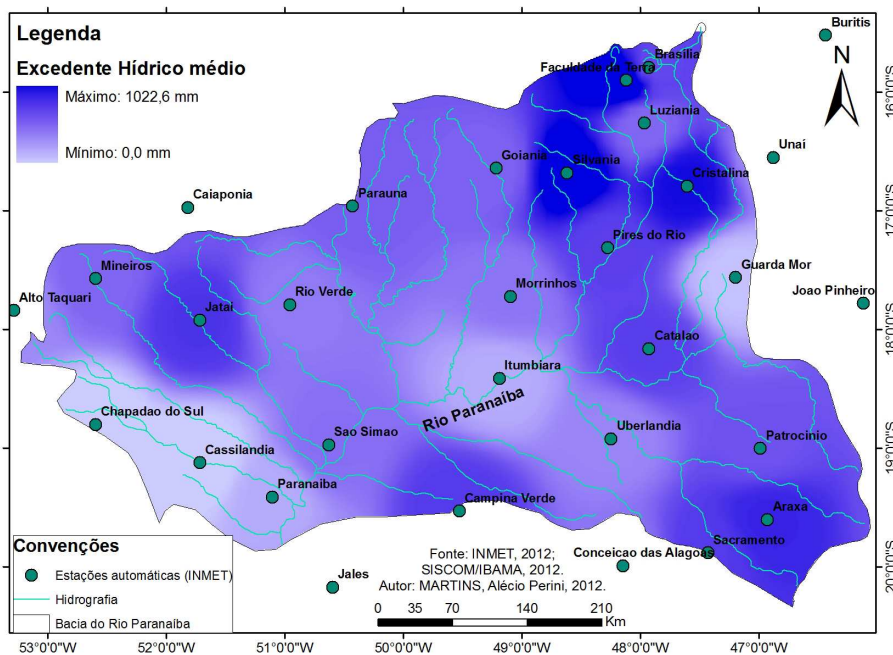
Mapa 07. Bacia do Rio Paranaíba –Evapotranspiração Potencial Anual

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO PARANAÍBA A PARTIR DA REDE DE ESTAÇÕES DE SUPERFÍCIE AUTOMÁTICA DO INMET (2001-2011), UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO



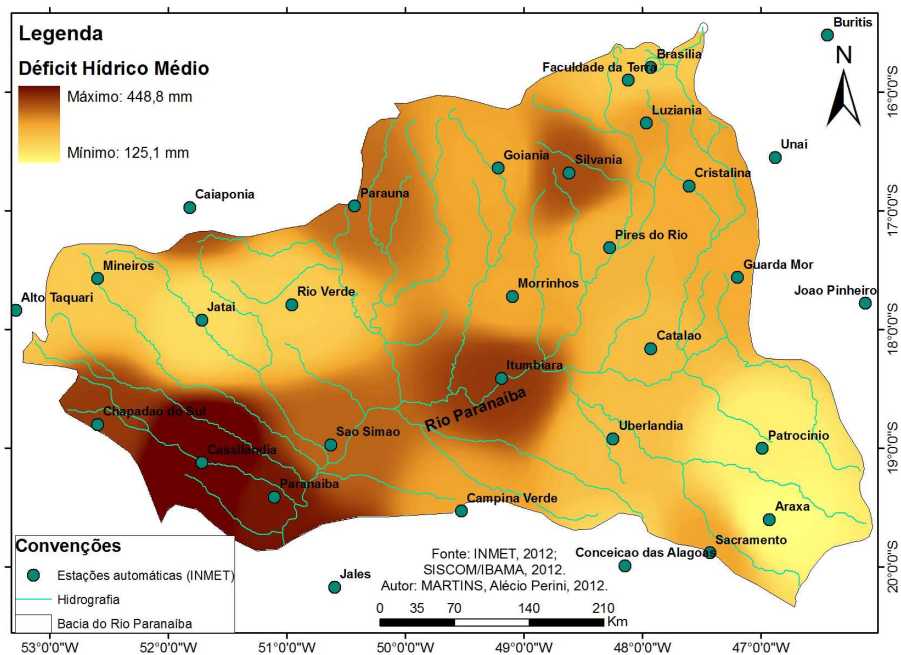
Os resultados dos cálculos de evapotranspiração potencial demonstram uma variação espacial semelhante à da temperatura média, elemento ao qual está diretamente relacionado. Os maiores valores foram registrados nas estações localizadas no médio/baixo curso do Rio Paranaíba, especificamente nas regiões com menores altitudes, e nos municípios sul-mato-grossenses que integram a área de estudo, além das estações de Goiânia e Paraúna, na porção centro-norte da bacia.

Mapa 08. Bacia do Rio Paranaíba – Excedente Hídrico anual



Mapa 09. Bacia do Rio Paranaíba – Déficit Hídrico anual

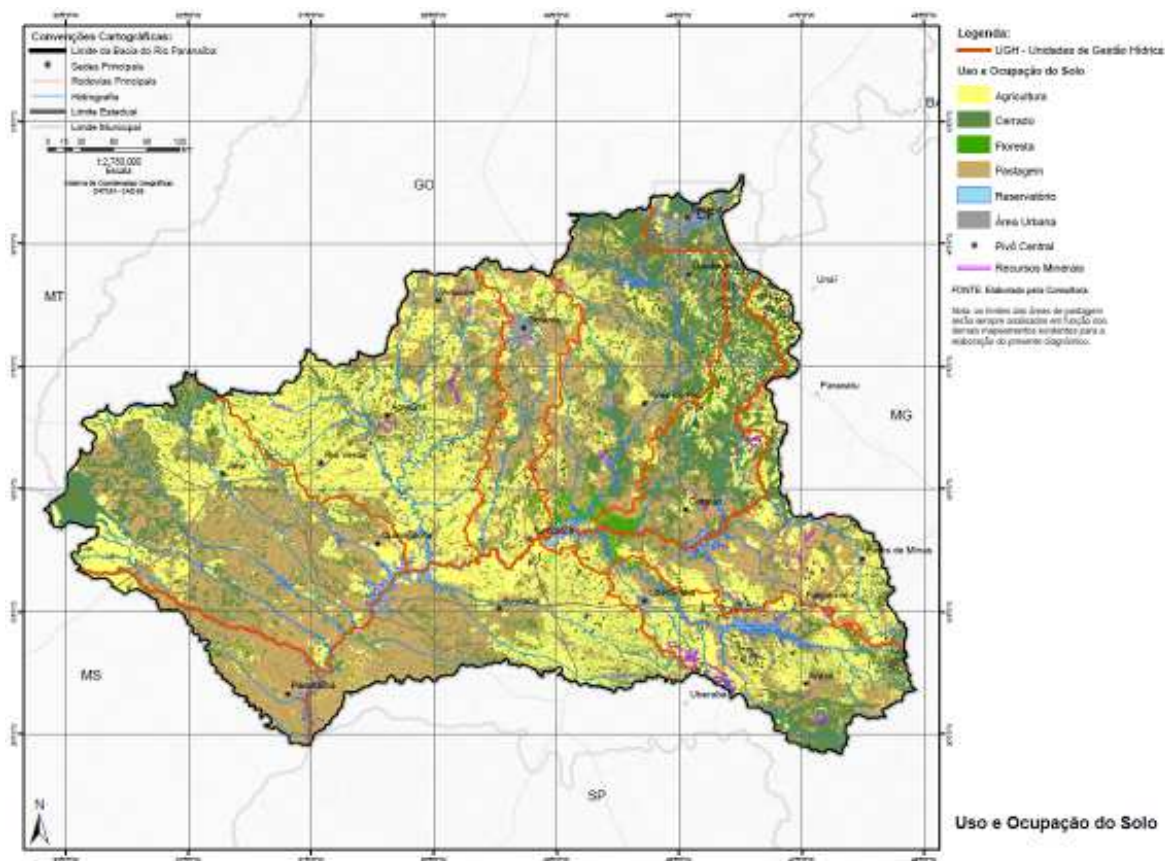
CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO PARANAÍBA A PARTIR DA REDE DE ESTAÇÕES DE SUPERFÍCIE AUTOMÁTICA DO INMET (2001-2011), UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO



Essa situação agrava-se com o fato de essas regiões apresentarem valores baixos de precipitação, gerando déficits de água no solo superiores a 400mm, inviabilizando a prática da agricultura comercial nessas regiões (conforme mapa de uso da terra e cobertura vegetal exposto na figura 02). Os excedentes hídricos anuais apresentam valores próximos a zero, enquanto que em áreas de relevo predominantemente plano e altitudes mais elevadas (chapadões) estes valores apresentam-se superiores a 300mm, explicando em partes a maior concentração de áreas agrícolas.

Figura 02. Bacia do Rio Paranaíba: Uso da terra e cobertura vegetal

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO PARANAÍBA A PARTIR DA REDE DE ESTAÇÕES DE SUPERFÍCIE AUTOMÁTICA DO INMET (2001-2011), UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO



Fonte: ANA/COBRAPE - Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba

Nota-se que nas áreas que apresentam maiores déficits a atividade econômica predominante é a pecuária extensiva, com substituição gradativa por plantios de cana-de-açúcar.

Considerações finais

A partir da análise e espacialização dos dados climáticos, considera-se que o intervalo temporal no qual foram coletados é insuficiente para caracterizar o clima regional, bem como estabelecer tendências de variação espaço-temporal dos elementos considerados no estudo. O número de estações está muito aquém do ideal para um estudo mais aprofundado e a má distribuição provoca distorções no processo de interpolação.

Entre os métodos de espacialização testados, o IDW, para o qual foi utilizado peso 2, mostrou-se mais eficaz por não necessitar de uma continuidade espacial como o método Kriging, com uma melhor suavização das isolinhas geradas, embora não seja possível mensurar as possíveis distorções provocadas pela interpolação.

Visto a importância econômica, política, social e ambiental que a bacia do Rio Paranaíba apresenta para a região, com cidades como Brasília, Goiânia, Aparecida de Goiânia, Luziânia e Uberlândia, torna-se fundamental o investimento na instalação e manutenção de uma rede mais densa

de observação meteorológica que possa servir, nas próximas décadas, como instrumento de planejamento e gestão da região hidrográfica.

Referências

BOSCATTO, F. PROCHNOW, R. M. OLIVEIRA, F. H. A utilização do Sistema de Informações Geográficas – SIG como apoio ao planejamento legal da malacocultura. In: **XXIII Congresso Brasileiro de Cartografia**, Rio de Janeiro, 2007. p. 1678-1686.

CÂMARA, G. DAVIS, C. MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/> - acesso em 30/dez./2011.

FATOR GIS. Definições técnicas. http://www.fatorgis.com.br/geoproc/define_tecn.html – acesso em 20/dez./2002.

Marcuzzo, F. F. N.; Andrade, L. R.; Melo, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. In: **Revista Brasileira de Geografia Física**. n.04, 2011. p.793-804.

MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia/MG**. 242 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG), 2001.

NIMER, E. **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

THORNTHWAITE, C. W. MATHER, J.R. **The water balance**. Climatology, Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

XAVIER DA SILVA, J.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368 p.