

# DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, CLIMÁTICAS E DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRÍGIDA COM O AUXÍLIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO

Josiclêda Domiciano GALVÍNCIO<sup>1</sup>

Ivan Ighour Silva SÁ

Magna Soelma Beserra de MOURA

Janes Galvêncio RIBEIRO

## RESUMO

As pesquisas voltadas à melhoria do monitoramento e gerenciamento dos recursos naturais em especial dos recursos hídricos tem-se tornado de interesse da comunidade científica. Um caso específico na hidrologia é a importância da área da bacia para determinação da saturação do solo e geração do escoamento superficial. As ações humanas têm alterado de forma significativa as condições naturais de diversas regiões geográficas, em especial a bacia hidrográfica do rio Brígida, sub-bacia da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Este estudo tem como objetivo obter as características físicas com métodos de extração automática, avaliar as condições climáticas e as mudanças ocorridas na paisagem da bacia hidrográfica do rio Brígida-PE. Foram utilizados métodos e técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para caracterização fisiográfica, climática e da vegetação da bacia em estudo. Estimou-se, em época seca, para a bacia do rio Brígida uma cobertura por remanescente de caatinga, em torno de 42,68 % de sua área. Essa cobertura pode ser aumentada no período úmido, em torno de 12%. Portanto, bacia hidrográfica do rio Brigada possui aproximadamente 50% de sua área coberta por vegetação. O restante se encontra em estágio de uso, seja por agricultura de sequeiro, pela exploração predatória de madeira para o pólo gesso do Araripe, dentre outros. Enfim, o geoprocessamento demonstrou ser uma ferramenta que subsidia informações de forma rápida e condizente de acordo com a necessidade do estudo, como por exemplo, no âmbito da compreensão dos processos hidrológicos que ocorrem numa bacia.

**Palavras-chave:** Landsat ETM, processos hidrológicos, vegetação, clima.

## ABSTRACT

The research aimed at improving the monitoring and management of natural resources, especially water resources has become of interest to the scientific community. A specific case in hydrology important is the area of the basin to determine the saturation of soil and generation of the runoff. Shares humanities have changed from significant natural conditions in various geographic regions, particularly the basin of the river Brígida, sub-basin of the river basin San Francisco. This study aims to obtain the physical

---

<sup>1</sup> Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco.  
E-mail: josicleda@hotmail.com

characteristics with extracting methods, evaluate weather conditions and changes in the landscape of the river basin Brígida-PE. Methods and techniques of remote sensing for geoprocessing and physiographic, climate and vegetation characterization of the basin were used. It was estimated in the dry season for the river basin Brígida a cover for remainder of caatinga, around 42.68% of their area. This coverage can be increased in the wet period, around 12%. So, the river basin Brigade has about 50% of its area covered by vegetation. The rest is in stage of use, either because of rainfed agriculture, the predatory exploitation of wood for the gypsum cluster of the Araripe, among others. Finally, the geoprocessing proved to be a tool that subsidizes information in a fast and consistent as needed in the study, for example, within the understanding of the hydrological processes that take place in a bowl.

**Key words:** Landsat ETM, hydrology process, vegetation, climate.

## 1. INTRODUÇÃO

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 aumento da atividade humana ao longo dos séculos tem provocado importantes alterações e conseqüentes impactos sobre o meio ambiente. A crescente necessidade de apresentar soluções e estratégias que interrompam e revertam os efeitos da degradação ambiental e do esgotamento dos recursos naturais vem se fortalecendo cada vez mais, provocando uma série de questionamentos (COSTA *et al.*, 2007).

As pesquisas voltadas à melhoria do monitoramento e gerenciamento dos recursos naturais em especial dos recursos hídricos tem-se tornado de interesse da comunidade científica.

O sensoriamento remoto juntamente com o geoprocessamento e os sistemas de informações geográficas tem-se mostrado eficiente em proporcionar estudos que venham a melhorar o monitoramento e o gerenciamento de bacias hidrográficas de forma eficaz e confiável.

As caracterizações em detalhe de bacias hidrográficas se tornaram menos dispendiosas e possíveis de ser obtidas com as novas técnicas de geoprocessamento. Os métodos de extração automática das características físicas de bacias utilizam os modelos digitais de elevação-MDE e proporcionam estudos de movimento de massa, sedimento,

escoamento superficial, erosão, dentre outros, necessários ao adequado gerenciamento de bacias.

Informações tais como: declividade, exposição e área da bacia são importantes na hidrologia e tem grande significância na geomorfologia e geologia. Um caso específico na hidrologia é a importância da área da bacia para determinação da saturação do solo e geração do escoamento superficial, isto sendo usado no modelo TOPMODEL (BEVEN e KIRBY, 1979; BEVEN *et al.*, 1984; WOOD *et al.*, 1990). Em estudo de processo de erosão pode-se citar: (DIETRICH *et al.*, 1992; 1993; WU, 1993; MONTGOMERY e DIETRICH, 1994). Na hidrologia existem diversos estudos, (ZHANG e MONTGOMERY, 1994; QUINN *et al.*, 1995; WOLOCK e McCABE, 1995; TARBOTAN, 1997; GALVÍNCIO e SOUSA, 2004).

Em relação à análise da vegetação o sensoriamento remoto tem grande contribuição uma vez que é possível detectar mudanças e avaliar e realizar o monitoramento da cobertura vegetal. Tal tarefa pode ser feita por meio da interpretação de imagens de sensores remotos e, em particular, pelo Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (em inglês, NDVI) que, obtido em diferentes datas, permitem avaliar a variação da área verde num certo período de tempo.

Além disso, o conhecimento das condições climáticas se faz necessárias uma vez que a vegetação, o relevo e o escoamento superficial são determinados pelas condições climáticas da região.

As ações humanas têm alterado de forma significativa as condições naturais de diversas regiões geográficas, em especial a bacia hidrográfica do rio Brígida, sub-bacia da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo obter as características físicas com métodos de extração automática, avaliar as condições climáticas e as mudanças ocorridas na paisagem da bacia hidrográfica do rio Brígida-PE.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 - Área de estudo**

A área de estudo é a Bacia do Rio Brígida (Figura 1), localizada no Sertão do estado de Pernambuco, entre as coordenadas 7°30'S a 9°00'S e 39°30'W a 41°00'W. O rio Brígida tem sua nascente na Chapada do Araripe e exutório no Rio São Francisco. A Bacia engloba um total de 15 municípios, dentre os quais seis estão completamente inseridos na

mesma: Araripina, Bodocó, Granito, Ipubi, Ouricuri e Trindade. Os outros municípios que fazem parte de seu território são: Cabrobó, Exu, Moreilândia, Orocó, Parnamirim, Santa Maria da Boa Vista, Santa Cruz, Santa Filomena e Serrita (Figura 1).

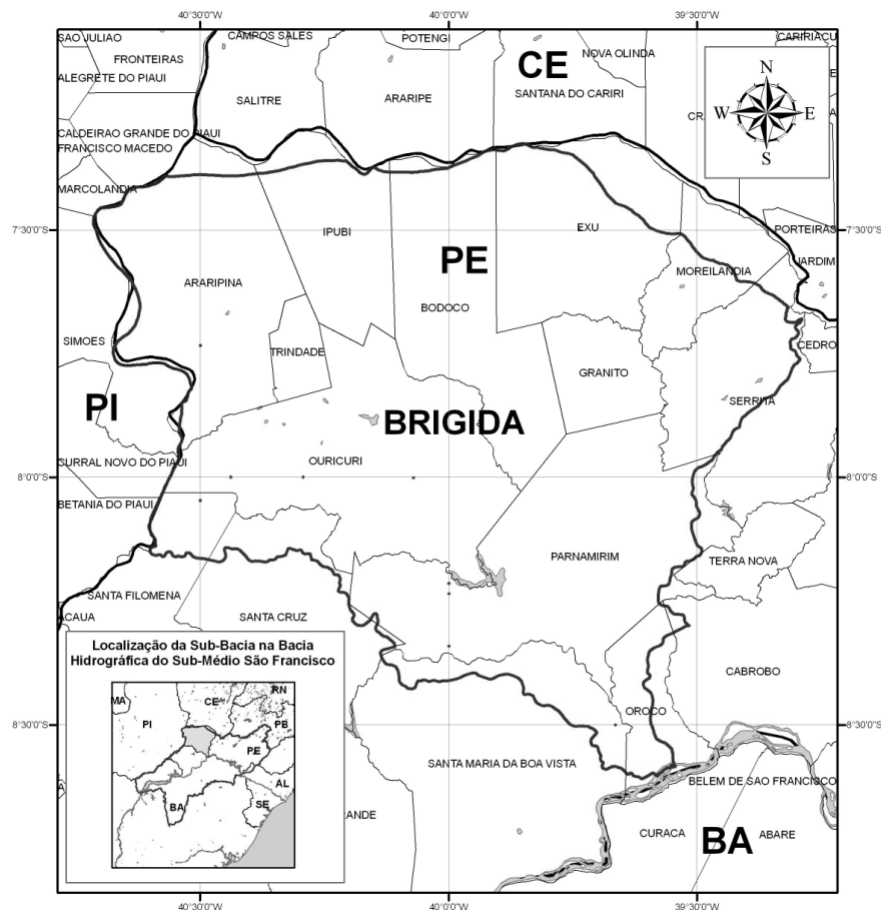


Figura 1. Localização da área de estudo. Bacia do Rio Brígida no Sertão do estado de Pernambuco.

## 2.2 Procedimentos metodológicos

### 2.2.1. Levantamento do uso do solo

O levantamento do uso do solo foi feito a partir da interpretação da composição R4G3B5 de imagens do sensor ETM do satélite Landsat 7 com órbita 217 e pontos 65 e 66, sendo a 65 datada de 13/09/2002 e a 66 de 31/10/2002. Utilizou-se para determinação das fisionomias da vegetação o manual técnico de vegetação brasileira, IBGE (1992), e para a separação de remanescentes do uso do solo a textura das imagens.

### 2.2.2. NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

O NDVI foi utilizado para avaliar o vigor da vegetação auxiliando na separação das fisionomias e fornecer dados para o cálculo da fração de cobertura vegetal. O NDVI foi calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{(REFBANDA\ 4 - REFBANDA\ 3)}{(REFBANDA\ 4 + REFBANDA\ 3)}$$

em que, REFBANDA3 e REFBANDA 4 são as refletâncias das bandas 3 e 4, respectivamente.

### 2.2.3. Fração de Cobertura Vegetal

Para a determinação desta informação foi utilizado o *MODEL MAKER* do software *ERDAS IMAGINE* 8.7. A fração de cobertura vegetal segundo GUTMAN e IGNATOV (1998) pode ser calculada da seguinte forma,

$$Vfrac = \frac{NDVI - NDVI_0}{NDVI_{\infty} - NDVI_0}$$

em que o  $NDVI_0$  é o valor mínimo do índice de vegetação para a área em estudo,  $NDVI_{\infty}$  é o valor máximo do índice de vegetação e o NDVI é o valor médio do índice de vegetação.

### 2.2.4. Precipitação e Temperatura do ar

Os dados de precipitação foram obtidos no banco de dados do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande, cuja fonte é a SUDENE. As informações geográficas (latitude, longitude e altitude) de cada posto pluviométrico foram utilizadas para estimar a temperatura média do ar por meio programa Estima T, também pertencente ao Departamento de Ciências Atmosféricas. Foi organizado um banco de dados com as informações de latitude, longitude, altitude, precipitação e temperatura do ar. Utilizando esse banco de dados, foram obtidas as isolinhas de temperatura e precipitação a partir do método estatístico *KRIGING* do *software ArcGIS* 9.1.

### 2.2.5. Mapa altimétrico

O mapa altimétrico foi formulado a partir da formação do mosaico de quatro recortes (SB.24 Y-C, SB.24 Y-D, SC.24 V-B, SC.24 V-A) na escala de 1:250.000 do modelo digital de elevação corrigido obtido no site da Embrapa Monitoramento por Satélite ([www.cnpm.embrapa.br](http://www.cnpm.embrapa.br)).

### 2.2.6. Características Físicas e tipos de solo

O limite da bacia e os tipos de solos foram extraídos da base de dados do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco-ZAPE na escala de 1:100.000, (Embrapa, 2000). A área foi determinada com o auxílio do *software ArcGIS 9.1*, bem como o comprimento do rio principal e do eixo da bacia.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Características físicas

Os dados estimados das características físicas da bacia do rio Brígida, com o auxílio de geoprocessamento estão representados na Tabela 1. A área de captação de água da bacia foi de 13.323,8009 km<sup>2</sup>, tendo como perímetro 573,3 km e comprimento do eixo da bacia igual a 179,55 km, sendo que o curso de água principal tem extensão de 207,9 km. O coeficiente de compacidade foi estimado em 1,3906.

Tabela 1. Características físicas da bacia do rio Brígida.

Características físicas	
Área da bacia hidrográfica	13.323,8009 km <sup>2</sup>
Comprimento do eixo da bacia	179,55 km
Comprimento do rio principal	207,9 km
Perímetro	573,3 km
Coeficiente de compacidade	1,3906
Fator de forma	0,4133
Índice de circularidade	0,5095
Densidade de Drenagem	0,2338

### 3.2. Vegetação e uso do solo

A Figura 2 mostra a composição RGB-543 das imagens Landsat 7. Nota-se uma diferença na paisagem entre as partes norte e sul da bacia. Isso ocorre porque para cobrir a bacia como um todo são necessárias duas cenas e neste caso se utilizou imagens de meses diferentes (217/65 de 13/09/2002 e 217/66 de 31/10/2002).

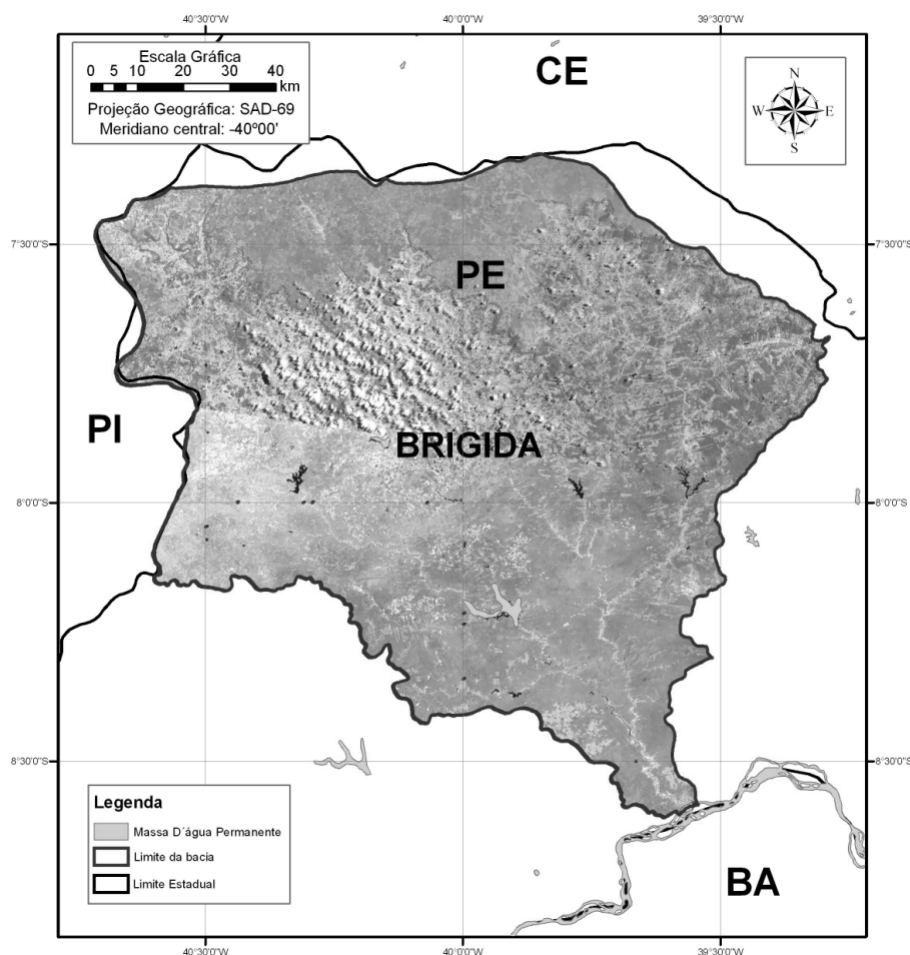


Figura 2. Mosaico da área em estudo.

A vegetação que se encontra na área é do tipo Caatinga (Figura 3), sendo classificada por Velloso *et al.* (1991) como Savana Estépica, tendo porte arborizado (Ta) e florestado (Td) podendo ser encontrados os gêneros *Spondias*, *Mimosa*, *Aspidosperma*, entre outros. Foi encontrado também dentro dos limites da bacia área de contato entre vegetação do tipo Savana Estépica e Floresta Estacional. Observa-se que a bacia possui aproximadamente 42,68% de sua área coberta por remanescente de caatinga (Ta+Td), (Tabela 2), e que o restante se encontra em estágio de uso, seja por agricultura de sequeiro como também pela exploração predatória de madeira para o pólo gesso do Araripe.

Tabela 2. Antropização da Bacia do Rio Brígida.

Situação	%
Área Antropizada	57,32
Ta	35,50
Td	5,43
SN	1,75

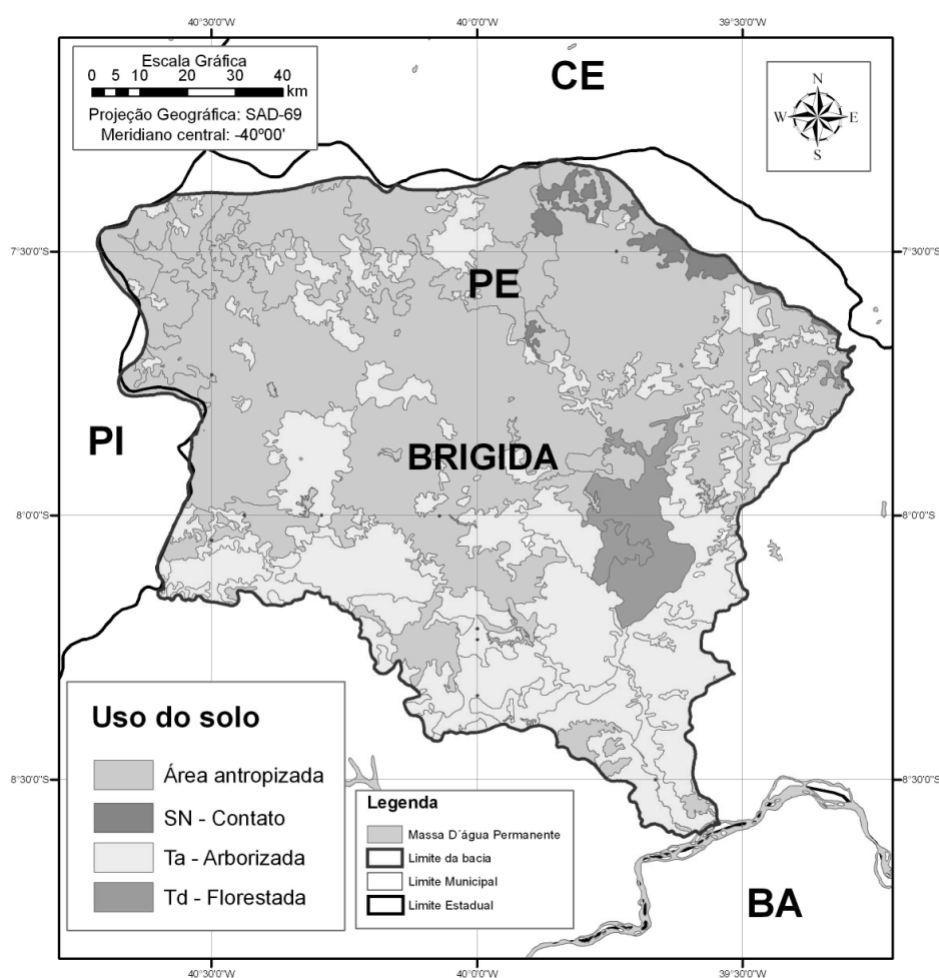


Figura 3. Representação espacial do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Brígida.

Sendo a Cobertura vegetal um fator que influencia na função hidrológica de interceptação e redistribuição da água da chuva, vale-se ressaltar que o uso do solo desta bacia pode estar causando a deposição de sedimentos dessa bacia para dentro do Rio São Francisco uma vez que 57,33 % de sua área está descaracterizada da sua forma natural.



### 3.3. Precipitação e temperatura

Pelo método estatístico utilizado do SIG para este trabalho, observa-se que a precipitação dentro da bacia (Figura 3) esta dividida em quatro faixas de volume precipitado, variando de 624,94 a 961,67 mm com maior precipitação na região da chapada do Araripe. A temperatura comporta-se variando de 23,75 a 26,07 ° C (Figura 4), sendo a região mais quente localizada próximo ao Rio São Francisco.

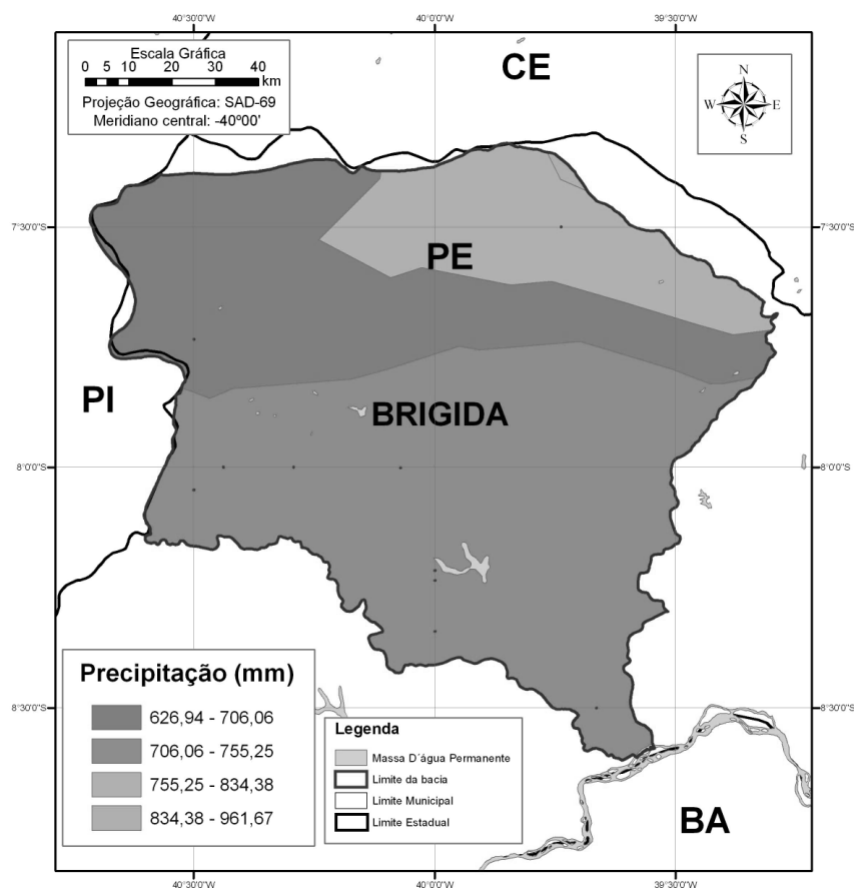


Figura 3. Representação espacial da precipitação da bacia hidrográfica do rio Brígida.

### 3.4. Altimetria

A Figura 5 apresenta a variação espacial da altimetria da bacia hidrográfica do rio Brígida. Nota-se que as cotas variam entre 430 a 970 m, decrescendo de norte para sul.

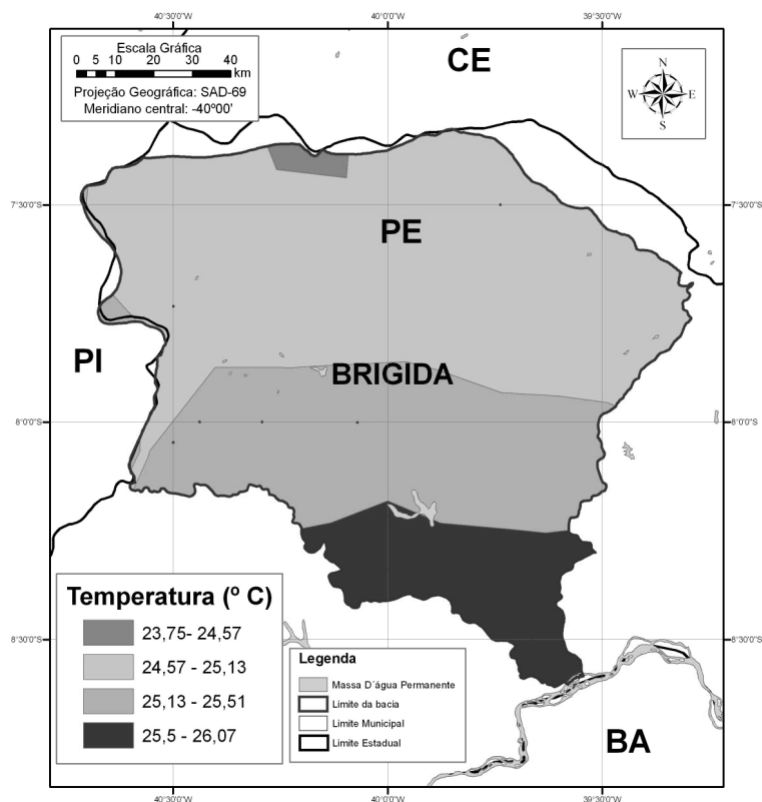


Figura 4. Representação espacial da temperatura da bacia hidrográfica do rio Brígida.

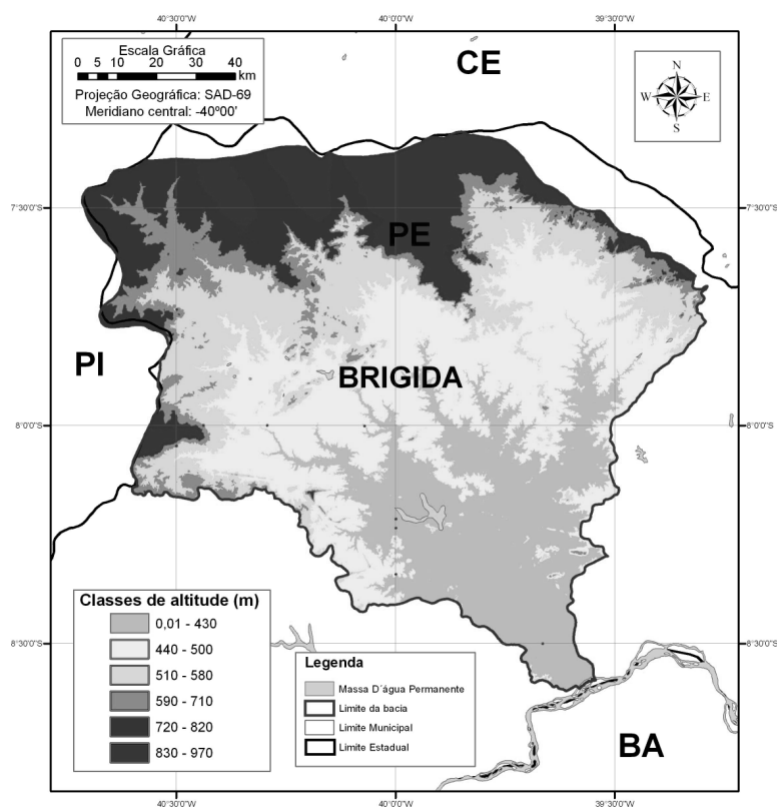


Figura 5. Representação espacial da altimetria da bacia hidrográfica do rio Brígida.

### 3.5. Solos

Encontra-se na bacia os seguintes tipos de solos: Aluvias (A), cambissolos (C), latossolo amarelo (LA), Bruno não cálcicos (NC), podzólico amarelo (PA), planossolo (PS), litólicos (R), regossolo (RE), Vertissolos (V), areaias quartzosas, (AQ), podzólico vermelho-escuro (PE) e podzólico vermelho-marelo (PE), como mostra a Figura 6.

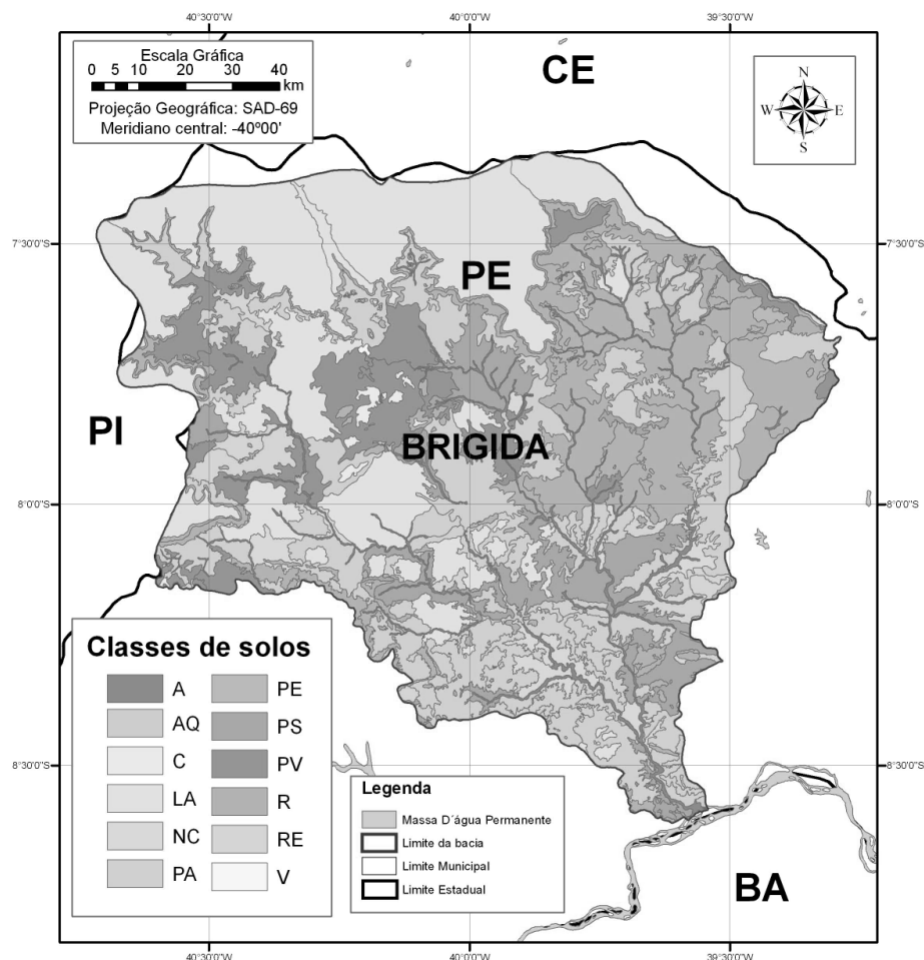


Figura 6. Representação espacial dos tipos de solos da bacia hidrográfica do rio Brígida.

### 3.6. NDVI e Fração de cobertura vegetal

Na área de vegetação do tipo Savana estépica que estava antropizada da cena 217/65 de 13/09/2002 foram encontrados valores de fração de cobertura vegetal variando entre 45,88 a 54,50 %, enquanto na área de contato entre Savana Estépica e Floresta Estacional a fração de cobertura vegetal de 56,47 a 80,39 %. Já para cena 217/66 de 31/10/02 foram encontrados na área de Savana Estépica antropizada a fração de cobertura vegetal entre 49,01 e 51,37 % e na Savana estépica remanescente a fração de cobertura variando entre 54,72 a 58,82 %. Melo (2003) estimou, para a caatinga, em áreas do Nordeste do Brasil,

65% de cobertura vegetal e Galvêncio (2005) estimou, para a caatinga, em áreas do semi-árido da Paraíba, 53% de cobertura vegetal. Galvêncio (2005) utilizou imagens do mês de outubro e Melo (2003) imagens do mês de maio. A aproximação dos resultados aqui apresentados com os de Galvêncio (2005) se dá devido às semelhanças climáticas para as duas regiões e épocas. Ocorre diferença de aproximadamente 12% na cobertura vegetal do período úmido para o período seco em regiões semi-áridas do Nordeste do Brasil. Albuquerque *et al.*, (2007) estimou, para a caatinga, uma diferença na cobertura vegetal de aproximadamente 15% do período úmido para o período seco, em regiões semi-áridas do estado de Pernambuco.

Essa diferença entre 12% e 15% da cobertura vegetal do mês mais úmido para o mês mais seco em regiões semi-áridas do Nordeste do Brasil é necessária que seja contabilizada quando em estudo se faz uso de imagens do período seco para análise de degradação ambiental.

O valor de antropização estimado neste estudo de 57,32% está influenciado por esse intervalo de diferença, uma vez que as imagens utilizadas são de outubro de 2002. A utilização dessa imagem do período seco se deu em função da dificuldade de obter imagens do período chuvoso sem a cobertura de nuvens, na região em estudo. Como observado na Figura 3 a região em estudo apresenta uma distribuição espacial de precipitação, em geral, acima de 700 mm anuais. Essas precipitações são influenciadas também pelo relevo, como observado na Figura 5.

Essas informações obtidas da bacia hidrográfica do rio Brígida, através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto são consideradas uma importante contribuição deste estudo para uma melhor compreensão dos processos hidrológicos que ocorrem na bacia.

#### **4. CONCLUSÕES**

Estimou-se, em época seca, para a bacia do rio Brígida uma cobertura por remanescente de caatinga, em torno de 42,68 % de sua área. Essa cobertura pode ser aumentada no período úmido, em torno de 12%. Portanto, bacia hidrográfica do rio Brigada possui aproximadamente 50% de sua área coberta por vegetação. O restante se encontra em estágio de uso, seja por agricultura de sequeiro, pela exploração predatória de madeira para o pólo gesso do Araripe, dentre outros.

O geoprocessamento demonstrou ser uma ferramenta que subsidia informações de forma rápida e condizente de acordo com a necessidade do estudo, como, por exemplo, no âmbito da compreensão dos processos hidrológicos que ocorrem numa bacia.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsas, indispensáveis ao projeto “Balanço hídrico da bacia hidrográfica do Submédio São Francisco, utilizando técnicas de sensoriamento remoto”, Processo 555272/2005-2.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F.J.A. de; PIMENTEL NETO, G.; GALVÍNCIO, J.D. 2007. Análise da cobertura da terra em função da precipitação mensal (janeiro e outubro de 2006) utilizando as imagens CBERS para o município de Ouricuri-PE. **Revista de Geografia**. v. 24, n. 2, p. 4-15.

BRINGNE, R.L.; DARDEN, R.W.; THEURER, F.D.; GARBRECHT, J. 1997. GIS\_ Based generation of AGNPS Watershed Routing and Channel Parameters. ASAE Anual International Meeting Minneapolis, Minnesota. pp. 29-32.

GALVÍNCIO, J.D.; SOUSA, F.A.S. de. 2004. Uso do modelo TOPAZ para caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do açude Eptácio Pessoa. **Revista Brasileira de Recursos hídricos**. v. 9, n. 4, p. 69-75.

GALVÍNCIO, J.D. 2005. **Balanço hídrico à superfície da bacia hidrográfica do açude Eptácio Pessoa utilizando informações digitais do terreno**. Tese de doutorado em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Departamento de Ciências Atmosféricas, pp. 151.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L.W. 1992. Comment on “A Combined Algorithm for Automated Drainage Network Extraction” by Jean Chorowicz *et al.* **Water Resources Research**. v. 29, p. 535-536.

SEGLENIKES, F.; SOULIS, E.D.; KOUWEN, N. 1998. Development of automatic methods of obtaining the drainage and land cover databases for WATFLOOD. In: **Scientific Meeting of the Canadian Geophysical Union**. Quebec, Canadá, p. 10.

SILVEIRA, A.L.L. 2001. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP. pp 35-51.

SOUZA, C.G. et al. 2002. **Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: EMATER. 124p.

JENSON, S.K.; DOMINGUE, J.O. 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographical Information System Analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. v. 54, n. 11, pp. 1593-1600.

LACROIX, M.P.; MARTZ, L.W.; KITE, G.W.; GARGRECHT, J. 2002. Using Digital Terrain Analysis Modeling Techniques for the Parameterization of a hydrologic Model. **Environmental Modeling & Software**. v. 17, p. 127-136.

MELO, D.D.; WORCESTER, K.; CASSEL, D.K.; MATZDORF, K.D. 1973. **Soil genesis and ground-water regimes in a closed drainage system**. Agronomy abstracts annual meetings. Las Vegas, Nevada. 114p.

MELO, M.L. de. 2003. **Efeito da vegetação em simulações numéricas com o modelo RAMS**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande-UFCG. 104p.

MARTZ, L.W.; GARBRECHT, J. 1992. Numerical Definition of Drainage Network and Subcatchment Areas from Digital Elevation Models. **Computers and Geosciences**. v. 18, n. 6, p. 747-761.

MOORE, I.D.; GRAYSON, R.B.; LADSON, A.R. 1991. Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrol. Proc.** v. 5, p. 3-30.