

# XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

## UTILIZAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA A OBTENÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA

Aline da Silva Inácio <sup>1</sup>; Lucas Barbosa Cavalcante <sup>1</sup>; Rosilene Mendonça Nicácio <sup>1</sup>

**Resumo** – O entendimento das características físicas de uma bacia hidrográfica é fundamental para o gerenciamento de recursos hídricos de uma região. No entanto, a aquisição adequada de subsídios para os processos de gestão está essencialmente relacionada a disponibilidade de dados. Neste contexto o sensoriamento remoto apresenta-se como uma ferramenta alternativa para o entendimento das características físicas e processos hidrológicos. Diante disto, o objetivo deste trabalho é calcular os parâmetros da bacia hidrográfica do rio Ipanema, com auxílio de sistema de informação geográfica e sensoriamento remoto. A bacia em estudo está localizada nos estados de Alagoas e Pernambuco, ambos na Região Nordeste do Brasil. As análises foram feitas com *software* livre SPRING em sua versão 5.1.7 e TerraView em sua versão 4.0.0. As imagens de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com 90 m de resolução espacial, foram utilizadas na geração dos parâmetros da bacia. Os resultados obtidos mostram que a bacia do rio Ipanema possui uma drenagem pobre e muito ramificada e valores de altitude com contínua elevação desde o rio São Francisco até sua porção mais ao norte.

**Abstract** - The understanding of the physical characteristics of a watershed is very important to managing water resources in a region. However, the acquisition of adequate subsidies for the management process is primarily related to data availability. In this context, remote sensing is presented as an alternative tool for understanding the physical and hydrological processes. So the aim of this work is to calculate the parameters of the Ipanema river basin using geographic information system and remote sensing. The Ipanema river basin is located in the Alagoas and Pernambuco, both in northeastern Brazil. Analyses were done with free software SPRING 5.1.7 and TerraView 4.0.0. The radar images SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), with 90 m spatial resolution, were used for obtain the parameter of the basin. The results show that the Ipanema river basin has a poor drainage and that altitude values increase from the Sao Francisco river (Alagoas) to its north portion (Pernambuco).

**Palavras-Chave** – sensoriamento remoto, SRTM e bacias hidrográficas.

### 1. INTRODUÇÃO

A água faz parte do patrimônio do planeta, ela é a condição essencial de vida de todo ser, seja ele vegetal ou animal. A transformação da água em água potável é um processo lento, cheio de fragilidades e limitado, assim sendo é de suma importância a manipulação de forma racional e preocupada deste recurso natural. O equilíbrio e o futuro do nosso planeta dependem da

---

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alagoas – UFAL/IGDEMA, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins CEP 57072-970, Maceió – AL, Brasil, anjoenila@hotmail.com; cavalcantelb@hotmail.com; rmicacio@gmail.com

preservação da água e seus ciclos. De acordo com uma declaração Universal dos Direitos da Água (1992), a gestão de tão precioso recurso requer um consenso entre os fatores de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social.

Nos últimos anos, o avanço da tecnologia, possibilitou a modernização das diversas áreas das geociências, proporcionando um maior controle e eficiência na gestão dos recursos naturais. Neste contexto se inseri o sensoriamento remoto, como sendo a arte e a ciência de estudar a matéria sem ter contato físico com a mesma, baseando-se somente na interação da radiação eletromagnética com a matéria, Lillesand e Kieffer (1999), proporcionando assim uma forma eficiente de se estudar, com qualidade elevada e baixo custo, áreas extensas e de difícil acesso.

O processo de desenvolvimento de uma região tem como ponto inicial o conhecimento de seus recursos naturais. Na região com clima semiárido, tal conhecimento é ainda mais importante, pela fragilidade que se tem dos solos, dos diferentes gradientes de aridez e de condições climáticas (Teotia *et al.*, 2003).

A bacia do rio Ipanema, esta localizada no semiárido nordestino, uma região compostas de rios intermitentes. Além disso, esta é uma área onde ainda se tem poucos estudos, dessa maneira muito carente de análises e monitoramentos que viabilizem uma gestão ambiental mais eficiente. Neste contexto, esta pesquisa tem por objetivo avaliar as características físicas da bacia do rio Ipanema, utilizando de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

## **2. MATÉRIAS E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

A área de interesse neste estudo é definida pela bacia do rio Ipanema (Figura 1), que compreende os estados de Alagoas e Pernambuco. Maior parte da área compreendida pela bacia hidrográfica encontra-se no estado de Pernambuco, enquanto a porção sul da bacia situa-se em Alagoas e se estende até o rio São Francisco. O rio Ipanema tem sua nascente localizada no município de Pesqueira-PE e percorre os municípios de Alagoinha, Venturosa, Pedra, Buíque, Tupanatinga e Água Bela, no Estado de Pernambuco; e Poço das Trincheiras, Santana do Ipanema, Olivença, Major Isidoro, Batalha e Belo Monte, no Estado de Alagoas. Situa-se entre as coordenadas geográficas 8°17'20" e 9°54'0" de Latitude Sul; 36°27'20" e 37°36'0" de Longitude Oeste, tendo como datum de referência o WGS 84 (*World Geographic System*).

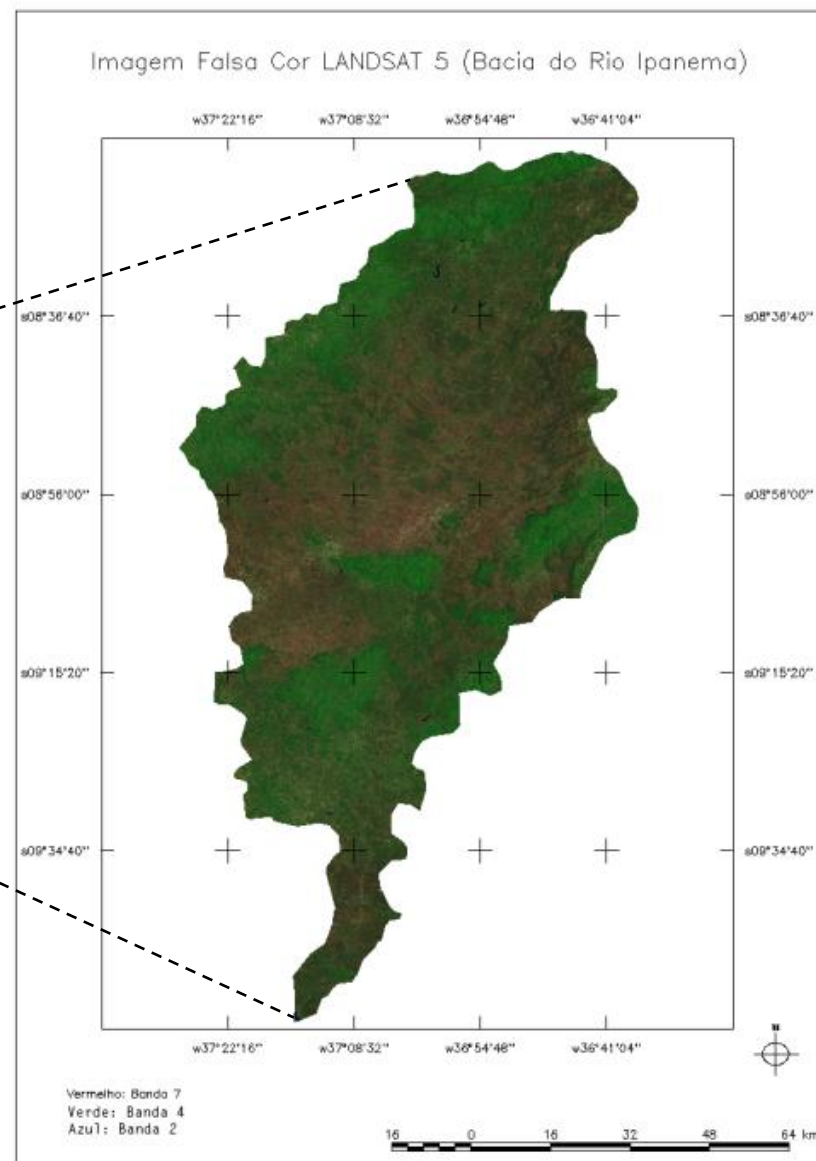
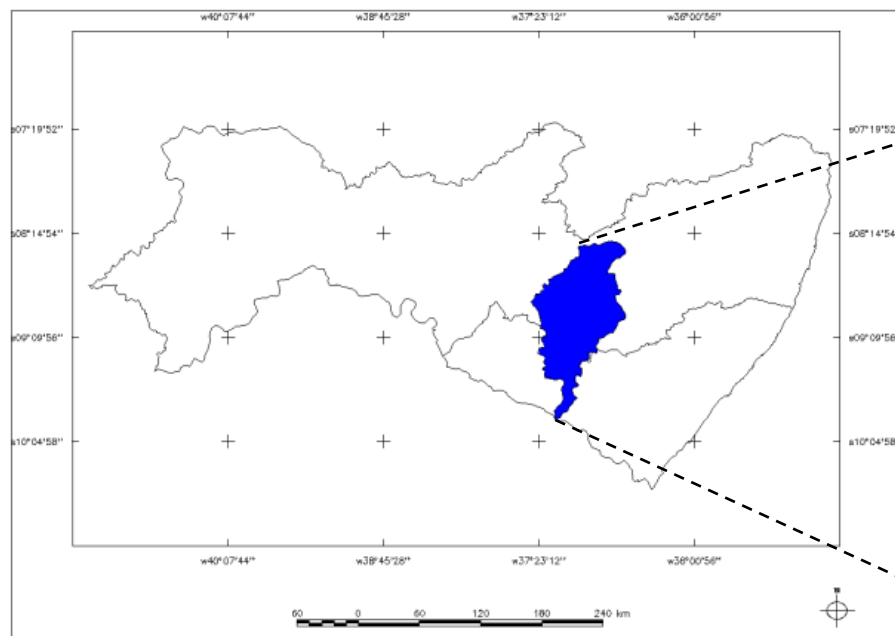


Figura 1 –Localização – bacia do rio Ipanema

## 2.2. Dados utilizados

Para a construção deste trabalho foram utilizados dados de altimetria obtidos através das imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Segundo van ZYL (2001), o SRTM é um projeto conjunto entre a NASA (Agência Espacial Norte-Americana), a NIMA (Agência de Imageamento e Mapeamento Norte-Americana), a DLR (Agência Espacial Alemã) e a ASI (Agência Espacial Italiana), cujo objetivo foi produzir dados digitais da topografia de 80% da superfície terrestre, entre 60°N e 57°S. Os dados SRTM foram coletados a cada 1 arco de segundo (aproximadamente 30 m) em uma grade de latitude/longitude (RABUS *et al.*, 2003), com a técnica de interferometria por radar.

A respeito da resolução espacial do SRTM ser de 30 m, as imagens gratuitas do SRTM foram reamostradas para uma resolução de 90 m, exceto para os EUA. Os dados do SRTM são referenciados ao elipsóide WGS84, com datum vertical EGM96.

As imagens do SRTM utilizadas foram adquiridas no endereço eletrônico. Com o uso destas imagens foi possível extrair a área de drenagem da bacia do rio Ipanema.

## 2.3. Metodologia

Segundo Viessmann *et al.* (1977), uma bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema conectado de cursos de água, tal que toda a vazão seja descarregada através de uma simples saída. Para a delimitação da bacia do rio Ipanema, foi utilizado o arquivo *shapefile* disponível no sítio da ANA (Agência Nacional de Águas), por nome de *ottobacias Nível5*, essa técnica baseia-se na topologia da rede de drenagem das bacias hidrográficas e foi desenvolvida pelo engenheiro Otto Pfafstetter. Com o auxílio do *software* livre TerraView em sua versão 4.0.0 foi extraído somente o polígono de interesse neste trabalho e exportado como um novo arquivo *shapefile* contendo somente a bacia do rio Ipanema.

Foi utilizado o *software* livre SPRING em sua versão 5.1.7 para a composição do mosaico das imagens SRTM. Com o auxílio do mesmo programa obteve-se a drenagem da bacia do rio Ipanema. O algoritmo utilizado para extração automática de redes de drenagem presente no *software* livre SPRING 5.1.7 foi desenvolvido por Soille e Gratin (1994). Nele são usadas duas aproximações distintas para definir a rede de drenagem. A primeira é uma aproximação morfológica, onde pixels que pertencem a rede são definidos por morfologias locais, sendo a mais comum considerada o coeficiente de curvatura, o qual assume que todos os pixels que têm este coeficiente côncavo mais alto que um determinado limiar é julgado pixel de drenagem. A segunda é uma aproximação hidrológica, onde um fluxo de água é simulado sobre a superfície topográfica.

Neste trabalho, o método de Soille e Gratin (1994) foi aplicado sobre uma grade regular processada a partir do método de interpolação descrito. Sobre essa grade regular foram geradas as grades hidrológicas, definindo valores de direção de fluxo, que armazena, em cada pixel calculado, a direção do fluxo a partir desse mesmo pixel, e valores de fluxos acumulados, que, em cada pixel, guarda a informação de por quantos outros pixels um determinado fluxo passou até chegar nele. A rede de drenagem é definida sobre a grade de fluxos acumulados, e sua visualização é feita através da conversão da grade para imagem com a opção níveis de cinza.

A imagem gerada a partir da grade de fluxos acumulados possui o intervalo de valores da drenagem que pode variar de 0 a 255, havendo uma compressão de valores. Aplicou-se, logo em seguida, uma técnica de realce de contraste com o objetivo de melhorar a qualidade da imagem sob o critério de subjetividade do olho humano. O contraste foi realizado com a manipulação dos histogramas de realce.

Ainda utilizando o *software* livre SPRING 5.1.7 foi feito o recorte da imagem SRTM tomando como base o *shapefile* da bacia do rio Ipanema e, construindo os pontos positivos destas etapas, calculou-se: 1) área da bacia (A), definida como a área plana (projeção horizontal) inclusa entre seus divisores topográficos, (Villela e Mattos, - 1975); 2) perímetro (P); 3) comprimento axial (L), definido como o curso de água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante da bacia, (Villela e Mattos, 1975); 4) comprimento total dos cursos de água ( $L_T$ ), definido como o somatório de todos os cursos de água, sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes, (Viessmann *et al.*, 1977), 5) comprimento de um talvegue ( $L_l$ ), definido como a linha formada pela intersecção das duas superfícies formadoras das vertentes de um vale. É o local mais profundo do vale, onde correm as águas de chuva, dos rios e riachos (Viessmann *et al.*, 1977).

Através destes parâmetros foi possível calcular os coeficientes que caracterizam a forma da bacia, sendo eles: coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) ou índice de Gravelius, que é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia, expresso pela fórmula 1; e fator de forma ( $K_f$ ), que é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, expresso pela fórmula 2.

$$K_c = 0,28 \cdot \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (1)$$

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Para o sistema de drenagem, foram calculadas: 1) densidade de drenagem ( $D_d$ ), expressa pela relação entre o comprimento total dos cursos de água e sua área total, dada conforme a expressão 3; 2) a extensão média do escoamento superficial ( $l$ ), expressa através da fórmula 4, este parâmetro indica a distância aproximada que a água da chuva percorre desde o ponto de sua precipitação até o ponto mais próximo do leito de um curso de água qualquer da bacia, caso o escoamento se desse em linha reta; 3) e a sinuosidade dos cursos de água ( $sin$ ), definida como a relação do comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue, expressa pela fórmula 5. Analisando o rio principal da bacia em questão e seus afluentes, foi determinado o padrão de drenagem.

$$D_d = \frac{L_T}{A} \quad (3)$$

$$l = \frac{A}{4L} \quad (4)$$

$$sin = \frac{L}{L_t} \quad (5)$$

Para caracterizar o relevo da bacia do rio Ipanema, foram gerados dois mapas através da imagem SRTM e com o auxílio do *software* livre SPRING 5.1.7, sendo eles: mapa hipsométrico, calculado através do fatiamento de uma grade regular e representa o relevo por curvas de nível, reduzidas ao nível do mar, e o mapa de declividade, realizado através de processos automatizados feitos por máscaras móveis que exploram cada pixel em relação ao seu pixel vizinho em toda área de interesse. Este último mapa representa a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra as características físicas da bacia do rio Ipanema, obtido neste estudo. O coeficiente de compacidade bem maior que 1, indica que a bacia do rio Ipanema possui uma forma alongada, enquanto que o fator de forma bem próximo a zero indica que a bacia é pouco susceptível a enchentes, com condições normais de precipitação, ou seja, sem grandes precipitações por longos períodos de tempo.

Segundo Villela e Mattos (1975), pode-se afirmar que bacias com densidade de drenagem até 0,50 km/km<sup>2</sup> são consideradas pobres, enquanto bacias com densidade superior a 3,50 km/km<sup>2</sup> são

consideradas ricas. A densidade de drenagem encontrada na bacia em estudo foi de 0,30 km/km<sup>2</sup>, indicando ser uma bacia pouco drenada.

A sinuosidade do curso de água é de 1,01, o que mostra que quase não se tem sinuosidade no rio Ipanema, a sinuosidade esta vinculada a forma do rio, o Ipanema é um rio com poucos meandros.

O padrão de drenagem encontrado na bacia do rio Ipanema foi do tipo dendrítica ou dentróide, assim designada por se assemelhar a uma árvore, como pode ser visto na Figura 2.

Tabela 1 – Características físicas da bacia do rio Ipanema

<b>Área de drenagem (Km<sup>2</sup>)</b>	8097,66
<b>Comprimento axial (Km)</b>	236,20
<b>Perímetro (Km)</b>	556,54
<b>Coefficiente de Compacidade (K<sub>c</sub>)</b>	1,73
<b>Fator de Forma (K<sub>f</sub>)</b>	0,14
<b>Declividade Máxima (%)</b>	131
<b>Declividade Média (%)</b>	65,50
<b>Declividade Mínima (%)</b>	0
<b>Altitude Máxima (m)</b>	1119
<b>Altitude Média (m)</b>	561
<b>Altitude Mínima (m)</b>	3
<b>Comprimento Total dos Cursos d'água (Km)</b>	2526,49
<b>Densidade de Drenagem (km/km<sup>2</sup>)</b>	0,30
<b>Extensão Média do Escoamento Superficial (km)</b>	0,80
<b>Sinuosidade do Curso de água (Sin) [-]</b>	1,01
<b>Comprimento de um talvegue (L<sub>t</sub>) (km<sup>2</sup>)</b>	233,86

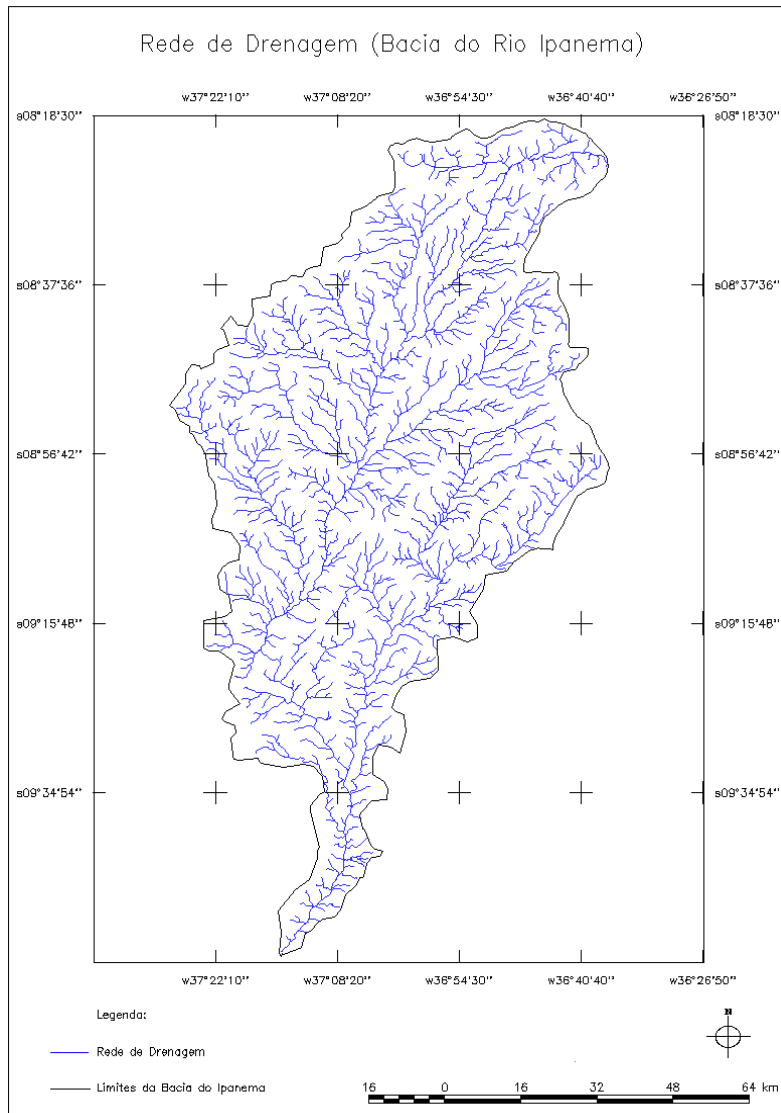
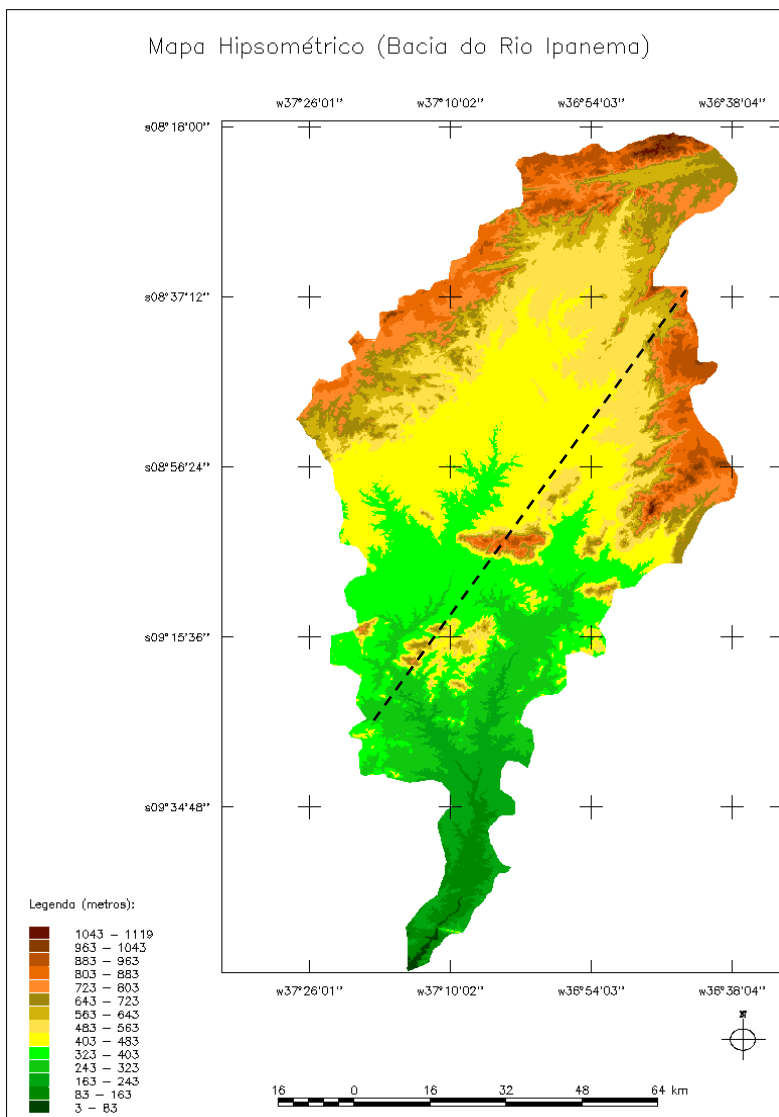


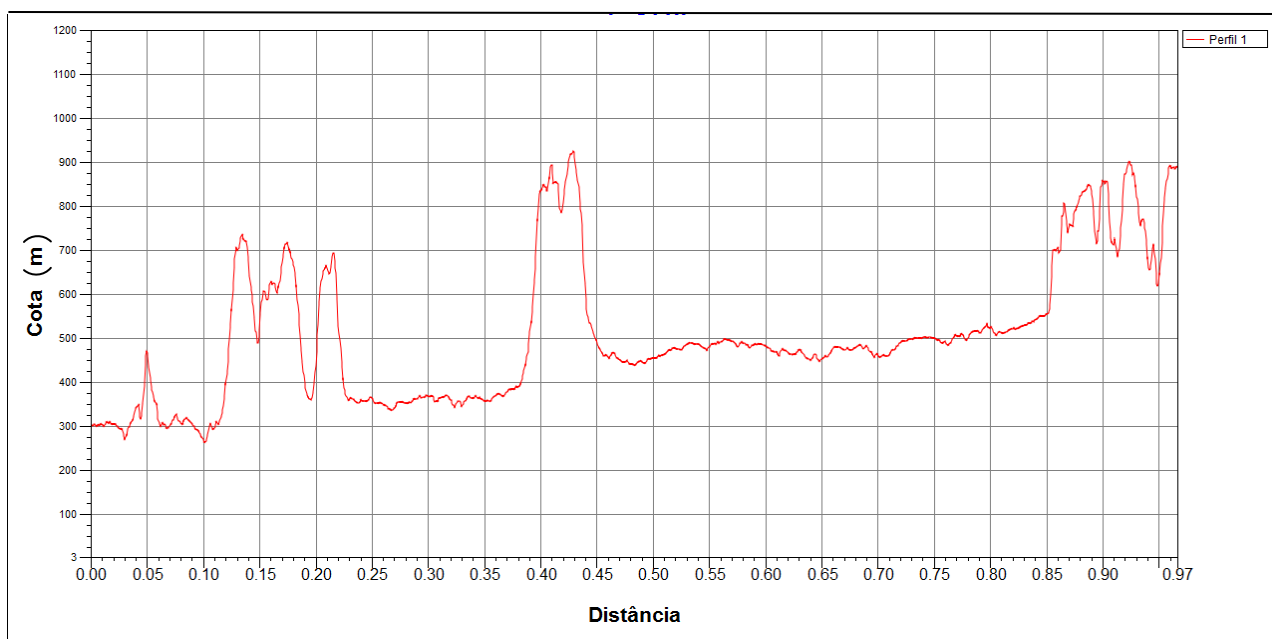
Figura 2 –Rede de drenagem – bacia do rio Ipanema

O mapa hipsométrico é mostrado na Figura 3a. Verifica-se que a variação do relevo da bacia do rio Ipanema é relativamente alta. Note-se que, das proximidades do rio São Francisco até a latitude aproximada de 9° S podem ser observadas altitudes predominantemente inferiores a 400 m. No entanto, pode-se observar que a partir deste ponto há um contínuo crescimento na altitude, podendo atingir valores superiores a 900 m. A altitude média na área está em torno de 561 m, mas pode atingir máximos de 1119 m no extremo norte e mínimos de 3 m na região próxima ao rio São Francisco. A Figura 3b mostra o perfil longitudinal obtido na região representada pela linha tracejada mostrada na Figura 3a. Uma avaliação deste perfil longitudinal indica um contínuo acréscimo nos valores de altitude no deslocamento de sudoeste – nordeste, ratificando o aspecto já observado na Figura 3a.





(a)



(b)

Figura 3 – Mapa hipsométrico e Perfil Longitudinal – bacia do rio Ipanema.

Os valores de declividade na bacia do rio Ipanema estão representados pelo mapa de declividade apresentado na Figura 4. Observa-se que a declividade ao longo do rio principal se comporta de maneira suave, demonstrando baixa variação na bacia. Os valores predominantes de declividade são de 0 a 2 %.

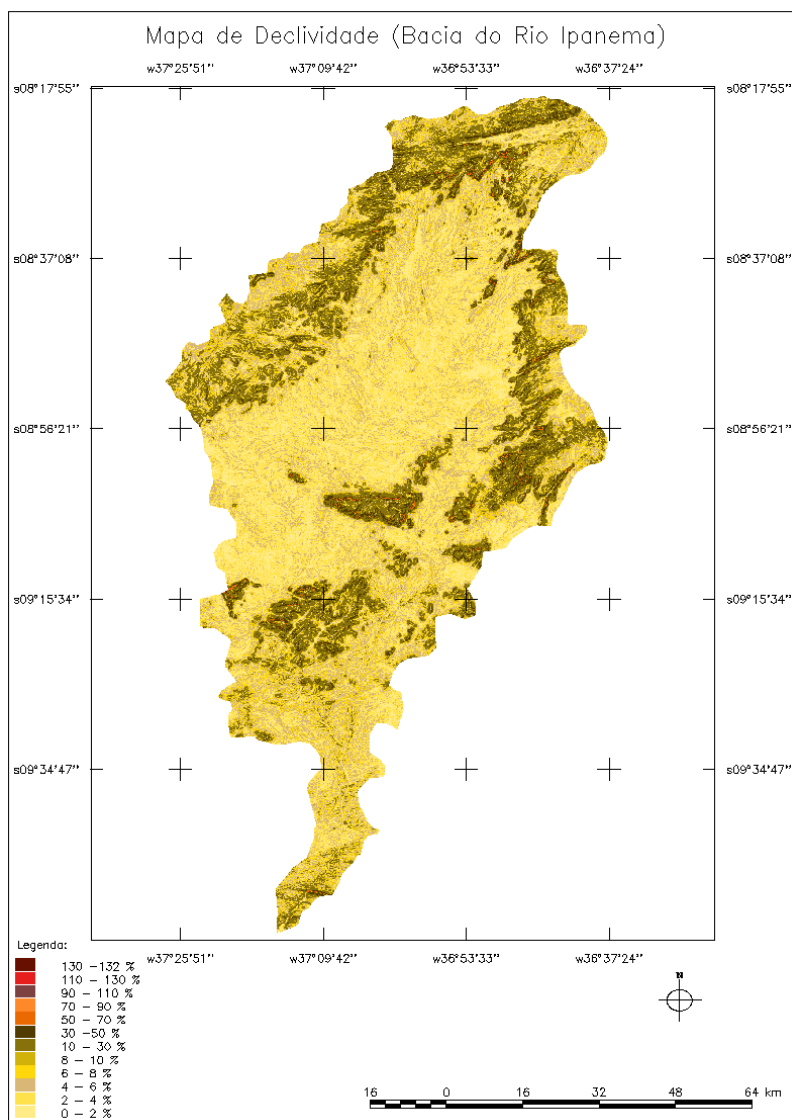


Figura 4 –Mapa de declividade – bacia do rio Ipanema

#### 4. CONCLUSÃO

As características da bacia do rio Ipanema apontam para uma bacia de forma bastante alongada, com uma drenagem pobre, o que já era pressuposto por seu rio principal ser intermitente. Verificou-se também um padrão de drenagem muito ramificado, ocorrendo devido a presença de muitos tributários, sendo que muitos destes também são intermitentes. As altitudes, em algumas regiões isoladas, se comportam de maneira bem elevada, com média de 561 m, podendo atingir

valores superiores a 1118 m no parte mais ao norte da bacia do rio Ipanema. A declividade da bacia do Ipanema se comporta de maneira suave no percorrer do seu rio principal e mostrasse de maneira pouco acentuada em quase toda a totalidade da bacia em estudo.

## **BIBLIOGRAFIA**

VILLELA, S. M.(1975), *Hidrologia Aplicada*. São Paulo, McGraw-Hill; 245p.

MOREIRA, M. A.(2005), *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicações*. 3.ed. Viçosa: UFV; 320p.

NOVO, E.M.L.M (2008); *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*; 3ª edição revista e ampliada; Editora Blucher; São Paulo, SP; 308p.

BLASCHE, T. E; KUX, H. (2007); *Sensoriamento Remoto e SIG Avançados*, 2ª edição; Oficina de Textos; São Paulo, SP; 303p.

VISSMANN; KNAPP; HARBAUGH (1977), *Introduction to hydrology*, 2ª edição, New York, Harper and Row, 704 p.

LILLESAND; KIEFFER (1999), *Sensoriamento Remoto e Interpretação de Imagens*, 4ª edição, 726p.

SOILLE, P.; GRATIN, C. *An efficient algorithm for drainage network extraction on DEMs*. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, v.5, n.2, p.181-189, jun. 1994.

ONU, *Declaração Universal dos Direitos da Água*, março 1992.

VAN ZYL, J. J., “*The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography*”, *Acta Astronautica*, v. 48, n. 5 – 12, pp. 559 – 565, 2001.

RABUS, B., EINEDER, M., ROTH, A., et al., , “*The Shuttle Radar TopographyMission – A new class of digital elevation models acquired by spaceborne radarISPRS*”, *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, n. 57, pp. 241 – 262, 2003.

ANA - Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>, acesso em 15 de junho de 2011.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: [www.jpl.nasa.gov/srtm](http://www.jpl.nasa.gov/srtm), acesso em 15 de junho de 2011.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php>, acesso em 23 de maio de 2011.