

Aplicação de Geotecnologias para Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame-PB

Augusto Francisco da Silva Neto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB

afsilvaneto@gmail.com

Carlos Lamarque Guimarães

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB

lamarquepb@gmail.com

Jacqueline Sobral de Araújo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB

jacqueline.sobral.araujo@gmail.com

Janaína Sobral de Araújo

Universidade Federal da Paraíba-UFPB

janaraujob@hotmail.com

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo a extração das características físicas da bacia do rio Gramame-PB a partir do uso de algoritmos e tecnologias de geoprocessamento. No trabalho foram utilizados dados altimétricos - SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e dados shapefiles oficiais referentes à delimitação e drenagem da bacia do rio Gramame-PB. O processamento dos dados foi executado a partir do software ArcGIS 9.3. Os produtos obtidos foram os parâmetros morfométricos (área, perímetro, fator de forma, índice de compactidade, índice de circularidade, sinuosidade de drenagem, tipo de drenagem e densidade de drenagem) e os mapas de elevação e de declividade da bacia. A partir da análise destes dados a bacia foi classificada em bacia de grande porte; relevo predominantemente suave, sendo menos susceptível ao processo erosivo (em relação à declividade do terreno); bacia de forma alongada, ou seja, menos susceptível a inundações e enchentes; drenagem moderada e de ordem 5 (cinco).

PALAVRAS-CHAVES: bacia hidrográfica; caracterização morfométrica; geoprocessamento.

ABSTRACT: This study aims to extract the physical characteristics of the river basin Gramame-PB, through the use of algorithms and technologies GIS. In this study were used the altimetric data - SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) and shapefiles data related to boundaries and drainage basin of the river Gramame-PB. The data processing was performed using the software ArcGIS 9.3. The results obtained were the morphometric parameters (area, perimeter, shape factor, compactness index, index of circularity, sinuous drainage, type of drainage and drainage density) and maps of elevation and slope of the basin. From the analysis of these data was classified in the large basin; predominantly mild relief, being less susceptible to erosion (relative to the situation of the terrain); elongated basin shape, less susceptible to floods; moderate drainage and drainage of order 5 (five).

KEYWORDS: Hydrographic Basin; morphometric characterization; geoprocessing.

1. Introdução

O uso desordenado dos recursos naturais tem preocupado a sociedade de modo geral. Dentre estes recursos, a água tem grande importância para a permanência da vida na Terra, sendo necessária uma atenção especial com o seu monitoramento.

No Brasil, a gestão de recursos hídricos deveria ser realizada, segundo a Lei 9.433, de forma integrada, participativa e descentralizada com base na unidade de planejamento da bacia hidrográfica, através de comitês, que são eleitos democraticamente pelos vários usuários da água, tornando-se mais eficiente o planejamento e a aplicação de ações para o uso eficiente da água em toda a área de abrangência da bacia.

Para gerenciamento de recursos naturais, entre estes os recursos hídricos, as imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) são dados extremamente importantes, pois podem ser utilizados para geração de vários produtos relacionados ao estudo de bacias hidrográficas. Os referidos dados são procedentes de levantamentos realizados pela NASA, abrangendo mais de 80% do globo terrestre. Os dados SRTM têm como característica principal a altimetria, cujos locais onde as informações espaciais são escassas, esse parâmetro tem auxiliado em estudos do relevo e recursos hídricos.

O Datum de referência do SRTM é o WGS 84 (*World Geodetic System 1984*), com dados de altitude (h) em metros (PINHEIRO, 2006 apud SILVA, 2009). Cabe citar que com a resolução espacial de 90 metros, o uso do MDE - SRTM é mais indicado em escala de 1:250.000 ou menor. Até agora, é evidenciado que a utilização dos modelos SRTM é preferível para áreas com características de baixa declividade (PINHEIRO, 2006 apud SILVA, 2009).

A tecnologia de Geoprocessamento, em constante desenvolvimento, tem se mostrado uma ferramenta eficiente de auxílio à gestão pública e de estudos hídricos. Neste sentido, as imagens SRTM e os arquivos digitais em diferentes formatos, entre os quais o shapefile, são fontes de dados indispensáveis, pois possibilitam menor custo e redução de tempo em trabalhos de campo para estudos de recursos hídricos.

Atualmente existem vários softwares disponíveis para o tratamento das informações espa-

ciais e para a aplicação das técnicas de geoprocessamento; tanto gratuitos, como comerciais. Entre os mais conhecidos e poderosos está o ArcGIS, que possibilita a extração de dados do terreno de modo manual ou automático para análises mais específicas em relação às bacias hidrográficas.

Uma definição ampla e universal aborda o SIG (Sistemas de Informações Geográficas) como sendo um sistema integrado para capturar, armazenar, manipular, analisar e exibir informações referentes às relações de natureza geográfica (Goodchild, 1985 apud Rezende, 2002). Um SIG tem a capacidade de processar dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), com ferramentas de análise espacial e modelagem de superfícies (Collischonn, 2010).

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é o ponto de partida para estudos referentes à dinâmica ambiental, possibilitando o melhor gerenciamento e aproveitamento de seus recursos naturais.

Segundo Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico - devido à estreita relação entre o ciclo hidrológico e esses elementos. A partir do conhecimento desses dados da bacia, é possível inferir, indiretamente, valores hidrológicos para locais onde são escassas informações hidrológicas.

A proposta do presente trabalho é obter as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Gramame-PB, através do uso de algoritmos associados às tecnologias de geoprocessamento, utilizando imagens SRTM e dados digitais oficiais do estado da Paraíba, referentes à delimitação e drenagem da bacia.

2. Material e métodos

A pesquisa possui um caráter descritivo da bacia do rio Gramame, sendo fundamentada na interpretação de seus dados numéricos. Os dados gerados serão utilizados para gestão e solução de seus problemas específicos.

Os dados morfométricos da bacia foram extraídos através do uso de tecnologias de Geoprocessamento, aliadas a fórmulas matemáticas. Também foi gerado o mapa de ordem de drenagem dos rios e o modelo numérico de terreno, o que permitiu obter os mapas de hipsometria e de declividade.

2.1. Dados geográficos

Foram utilizados dados provenientes da Missão SRTM, disponibilizados no site da EMBRAPA (2010), projeto Brasil em Relevo, na seção Monitoramento por Satélite. Os dados utilizados se referem à carta SB-25-Y-C (Figura 1).

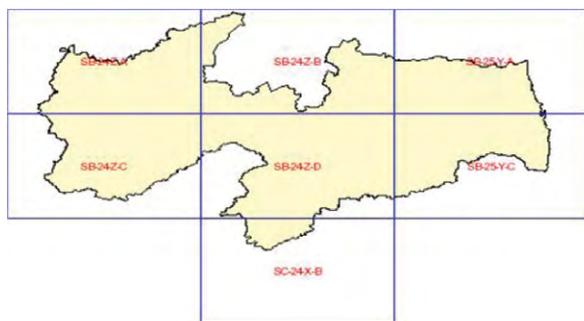


Figura 1. Dados SRTM do Estado da Paraíba, com grifo na carta SB-25-Y-C (EMBRAPA, 2010).

Os dados inseridos na carta SB-25-Y-C, por serem tridimensionais, apresentam coordenadas planimétricas e a elevação ou altitude. A referida carta possui as seguintes características:

- Formato: GEOTIFF (16 bits);
- Resolução Espacial: 90 metros;
- Unidade de Altitude: metros;
- Sistema de Coordenadas: Geográficas;
- Datum: WGS-84;

Articulação compatível com a escala 1:250.000.

Também foram utilizados os shapes dos limites e dos rios da Bacia do Rio Gramame e do açude Gramame-Mamuaba, disponibilizados pelo GeoPortal no site da AESA (2012). Os referidos dados estão no formato *shapefile*, Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum SAD-69.

2.2. Retângulo envolvente

A partir da carta SB-25-Y-C, foi feito um recorte da área de estudo, tomando como base os dados referentes aos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame.

2.3. Software computacional

O software utilizado foi o ArcGIS (versão 9.3), que segundo a ESRI (*Environmental Systems*

Research Institute) é um SIG que pode exibir, ler e tabular informações espaciais provenientes de uma variedade de formatos de dados; acessar bancos de dados externos; elaborar mapas temáticos; e realizar consultas espaciais e informação espacial em contato com atributos de banco de dados que fornecem várias ferramentas de análise.

A Figura 2 representa um esquema das etapas desenvolvidas, a partir do uso de geotecnologias, para obtenção dos resultados.

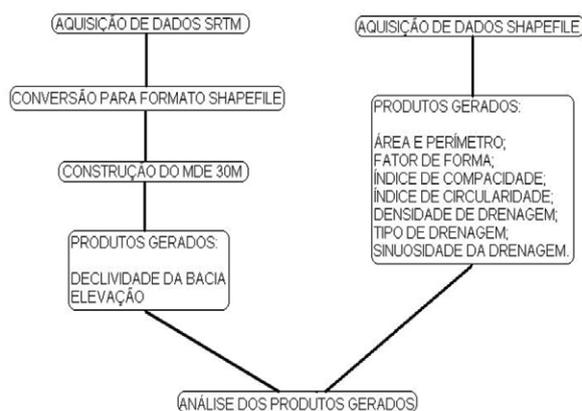


Figura 2. Representação esquemática das etapas desenvolvidas.

3. Resultados e discussão

3.1. Extração das características físicas da bacia do rio Gramame

3.1.1 Área e perímetro

Para obtenção da área e perímetro referente à bacia do rio Gramame, utilizou-se o shape oficial dos limites da bacia disponibilizado pela AESA (2012).

Para visualização dos dados, com a utilização do ArcGIS, fez-se uma consulta na tabela de atributos pertencentes ao shape. Os dados de área e perímetro foram, respectivamente, 588591124,95 m² (588,6 km²) e 123233,71 m (123,23 km).

3.1.2 Fator de forma

Para calcular o fator de forma, primeiramente, determinou-se o comprimento axial da bacia. Sendo obtido através da aplicação do uso

de ferramentas de edição do ArcGIS no shape de drenagem oficial da bacia do rio Gramame.

O fator de forma (F_F) foi determinado utilizando-se a Equação 1.

$$F_F = A/L^2 \quad (1)$$

Onde,

A=Área

L= Comprimento Axial

Calculando, tem-se:

$$F_F = 588,6/(47,75)^2$$

$$F_F = 588,6/2280,0625$$

$$F_F = 0,2581$$

3.1.3 Índice de compacidade

Para calcular o índice de compacidade precisou-se de dois dados, o perímetro e a área, obtidos anteriormente através do shape de delimitação da bacia. O índice de compacidade (K_c) foi determinado por meio da Equação 2.

$$K_c = (0,28 \cdot P) / \sqrt{A} \quad (2)$$

Onde,

P = perímetro

A = área

Calculando, tem-se:

$$K_c = (0,28 \cdot 123,23) / \sqrt{588,6}$$

$$K_c = 34,5044 / 24,2610$$

$$K_c = 1,4222$$

3.1.4 Índice de circularidade

Assim como o índice de compacidade, para gerar o índice de circularidade utilizou-se do perímetro e da área da bacia. O índice de circularidade (IC) foi calculado utilizando-se a Equação 3.

$$IC = (12,57 \cdot A) / P^2 \quad (3)$$

Onde,

P= perímetro

A= área

Calculando, tem-se:

$$IC = (12,57 \cdot 588,6) / (123,23)^2$$

$$IC = 7398,702 / 15185,6329$$

$$IC = 0,4872$$

3.1.5 Densidade de drenagem

Para determinar a densidade de drenagem da bacia, fez-se uma consulta no shape de drenagem, somando-se todos os comprimentos de cur-

vos d'água e dividindo-se o total pela área da bacia, de acordo com a Equação 4.

$$D_d = L/A \quad (4)$$

Onde:

L = comprimento total dos rios

A = área da bacia

Calculando, tem-se:

$$D_d = 477,45/588,6$$

$$D_d = 0,81 \text{ Km/Km}^2$$

3.1.6 Tipo de rede de drenagem

Na classificação da rede de drenagem foram necessários os dados vetoriais da drenagem da bacia. Utilizando o shape de drenagem, aplicou-se a ferramenta para geração de mapas temáticos do ArcGIS, considerando os dados de ordem já presentes na tabela de atributos do shape, possibilitando a obtenção do mapa de ordem dos rios. A partir do mapa, foi possível visualizar os rios com suas respectivas classificações quanto a ordem e determinou-se a bacia como sendo de ordem 5.

3.1.7 Sinuosidade de drenagem

Para obter a sinuosidade de drenagem, foi determinado o comprimento total do rio principal da bacia e a distância entre os pontos extremos do rio (comprimento do talvegue). Estes podem ser extraídos através da utilização de ferramentas de medição do ArcGIS no shape da drenagem oficial da bacia e, posteriormente, aplicando-se a Equação 5.

$$Sin = Lr/Lt \quad (5)$$

Onde:

Lr – Comprimento do rio principal, km

Lt – Comprimento do talvegue, km

Calculando, tem-se:

$$Sin = 39,98/26,73$$

$$Sin = 1,49$$

3.1.8 Elevação

O mapa de elevação pode ser gerado a partir da obtenção do Modelo Numérico de Terreno (MNT). Para isso, nos dados SRTM, utilizou-se a ferramenta *Interpolate to Raster* na extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS e o método de interpolação *spline*, demonstrado na Figura 3.

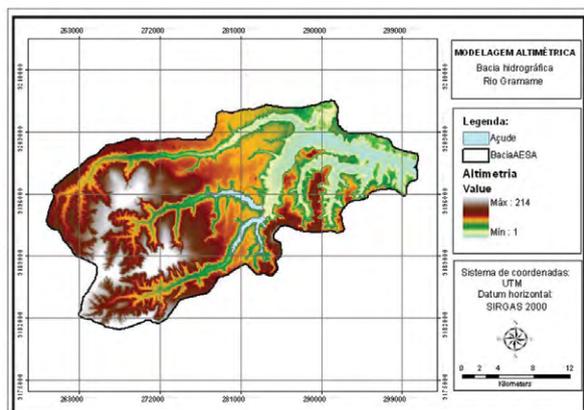


Figura 3. Mapa de altimetria da bacia do rio Gramame-PB.

Ainda, referente aos dados de altimetria, obteve-se a curva hipsométrica (Figura 4). Esta foi construída com intervalos de 11 metros, indo de 0 a 220 m de altitude e, posteriormente, foi preenchida uma tabela no *Excel* que, de acordo com Villela e Mattos (1975), necessita de três dados de entrada: quantidade de *pixel* por faixa de altimetria, proveniente do MDE adquirido, cotas e área do *pixel* (900m²).

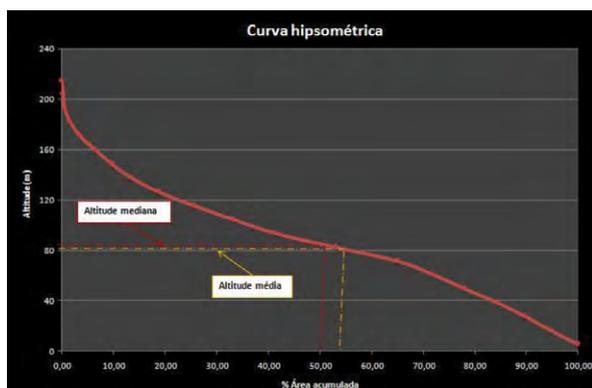


Figura 4. Curva hipsométrica da bacia.

3.1.9 Declividade da bacia

Utilizando o MNT como dado de entrada, com a aplicação da opção *Surface Analyst* ® *Slope*, gerou-se o mapa de declividade, conforme Figura 5. Para melhor compreensão, os dados de declividade foram gerados em porcentagem. Assim, Os dados de saída foram classificados em classes de relevo: suave (0 - 3), suave ondulado (3 - 8), ondulado (8 - 20), forte ondulado (20 - 45),

montanhoso (45 - 75) e forte montanhoso (>75), referentes à inclinação do terreno.

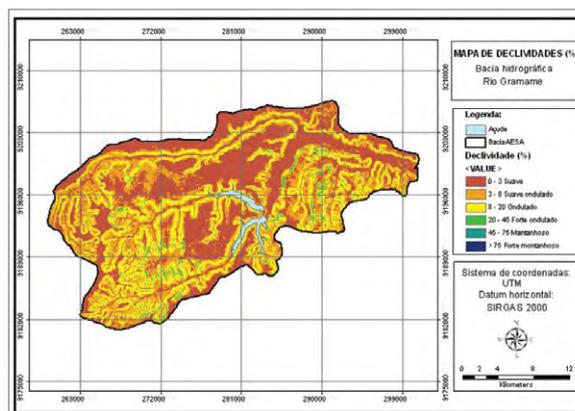


Figura 5. Mapa de declividade da bacia do rio Gramame-PB.

3.2. Análise dos produtos gerados

A partir dos shapes de delimitação e drenagem da bacia do rio Gramame-PB, foi possível determinar todos os parâmetros morfométricos (Quadro 1).

Quadro 1. Parâmetros Morfométricos da bacia do rio Gramame-PB.

PARÂMETRO	VALOR
Área da Bacia (km ²)	588,60
Perímetro da Bacia (km)	123,23
Comprimento de Drenagem (km)	477,75
Comprimento do Rio Principal (km)	39,98
Fator de Forma - FF	0,2581
Índice de Compacidade - Kc	1,4222
Índice de Circularidade - IC	0,4872
Sinuosidade da Drenagem - Sin	1,49
Tipo de Drenagem (Ordem)	5
Densidade de Drenagem - Dd (km/km ²)	0,81

A área da bacia do rio Gramame (588,60km²), segundo Wisler e Brater (1964) apud Gadelha (2011), é considerada de grande porte, pois seu valor é superior a 26 km².

Em relação à forma da bacia, são considerados o fator de forma, índice de compacidade e índice de circularidade, segundo os respectivos

dados 0,2581; 1,4222 e 0,48. Percebe-se que estes parâmetros distanciam-se do valor 1, indicando que a bacia não apresenta forma circular e devido ao valor do índice de compacidade ser superior a 1 (IC=1,4222), indica que a forma da bacia é alongada. Considerando que a bacia apresenta forma alongada, o que indica que ela é menos susceptível a ocorrência de inundações e enchentes.

A sinuosidade apresentou valor de 1,49, o que representa baixa sinuosidade, considerando que o valor 1 representa sinuosidade nula.

Quanto à ordem da rede de drenagem, esta apresentou o valor máximo igual a 5, com alta ramificação dos cursos d'água.

A densidade de drenagem foi de 0,81 km/km², que de acordo com Villela e Matos (1975) pode ser classificada como densidade de drenagem moderada, visto que este valor está entre os valores de bacias pouco drenadas (0,5 km/km²) e bacias bem drenadas (3,5 km/km² ou mais).

Os dados extraídos relativos à altitude foram: altitude média (81,77 m), altitude mediana (86,00 m), altitude mínima (1,00 m), altitude máxima (214,00) e amplitude (213,00 m), demonstrados pela curva hipsométrica (Figura 4). Estas informações, como dito anteriormente por Villela e Mattos (1975), influenciam na precipitação, nas perdas de água pela evaporação e transpiração, no escoamento superficial e na temperatura devido à altitude. Nas áreas onde ocorrem menores altitudes, a leste da bacia, provavelmente há maiores ocorrências de chuva devido à influência marítima. Também a partir desses dados pode-se dar maior auxílio referente à agricultura, visto a adaptação de algumas culturas devido à oferta de chuvas necessária ao desenvolvimento da mesma.

O mapa de declividade (Figura 5) foi gerado a partir de classes de relevo e destas o mapa apresentou as classes: suave (40,35%), suavemente ondulado (33,36%), ondulado (25,03%) e forte ondulado (7,38%). Os dados de declividade têm relação direta com os processos erosivos na bacia, por este motivo, é preciso estar atento a áreas que apresentam as maiores declividades. Estas, de acordo com o mapa, localizam-se nos contornos dos cursos d'água da bacia fazendo-se necessário o desenvolvimento de políticas públicas de preservação dessas áreas.

Os resultados ressaltam a necessidade da utilização real de dados morfométricos para uma

boa gestão de bacias, visto a relevância da água para a vida global.

4. Considerações finais

As ferramentas de geoprocessamento permitiram a extração de dados morfométricos da bacia do rio Gramame-PB.

Foram gerados a curva hipsométrica e os mapas de altimetria e de declividade do terreno, comprovando a viabilidade do uso de tecnologias de geoprocessamento para a geração de informações hidrológicas de uma bacia hidrográfica.

Os dados obtidos a partir do estudo realizado são de vital importância para a tomada de decisão em relação a toda e qualquer ação na bacia.

A partir dos dados morfométricos e dos mapas gerados é possível realizar estudos mais aprofundados das áreas de preservação e prováveis usos do solo, facilitando o processo de planejamento e gestão de recursos hídricos.

5. Referências

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 8 de janeiro de 1997.

COLLISCHONN, W. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos-HIP 23.** Disponível em: <www.galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/HIDP.../Geo%2001%20-%20Introdução.ppt>. Acesso em: Abril, 2010.

EMBRAPA. **Brasil em Relevo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos Disponível em:<<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br/download/pb/pb.htm>>. Acesso em: 24.04.2010.

ESRI. **Site oficial do ESRI - Environmental Systems Research Institute.** Disponível em: <<http://www.esri.com>>. Acesso em: Jul. 2010.

GADELHA, C. T. **Utilização de Geotecnologias para Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude de Sumé-PB**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB. João Pessoa: 2011.

PARAÍBA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba-AESA. **Geo Portal AESA**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>>. Acesso em: Agosto, 2012.

REZENDE, J. F. dos R. **Gestão de Informações utilizando a Tecnologia de Geoprocessamento para o Projeto Jaíba – Etapa II**. Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Belo Horizonte: 2002.

SILVA, J. S. da. **Extração de Atributos Hidrológicos de Bacias Hidrográficas, Utilizando Software Livre**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB. Monografia. João Pessoa: 2009

VILLELA, S. M.; MATTOS A.. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1975.