

## Geoprocessamento aplicado a análise morfométrica da Sub-bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Mundaú – Pernambuco/Alagoas

Fernando da Silva Alexandre<sup>1</sup>  
Renilson Pinto da Silva Ramos<sup>1</sup>  
Rodolfo Alexandre da Silva Gomes de Deus<sup>1</sup>  
Geovana de Oliveira Monteiro<sup>1</sup>  
Luciana Vieira dos Santos<sup>1</sup>  
Daniel Dantas Moreira Gomes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Pernambuco - UPE  
Rua Capitão Pedro Rodrigues, 105 – São José, Garanhuns - PE, Brasil, CEP 55294-902  
{ fmando257, rdolfodeus }@gmail.com  
{ renilsonr5, lu.vieira93 } @hotmail.com,  
geovanamonteiro@live.com  
daniel.gomes@upe.br

### Abstract

With the growth and exponential growth of the inhabited areas, the water feature saves tion has gained increasing notability in the scientific environment, hence the greatest incentive to studies relating to water resources. The morphometric analysis aims to subsidize a physical-natural and geomorphological understanding. It is important to consider the river basin or sub-basin as a dynamic system, analyzing them in a systematic way, considering the ca-morphometric characteristics. The course Alto is located between the middle region of Pernambuco Agreste and Alagoas East, with the coordinates 9 ° 13 'and 8 ° 53' South latitude and 36 ° 06 'and 36 ° 34' east longitude. The sub-basin of the Upper Course covers an area of 872.62 km<sup>2</sup> and covers four municipalities of Pernambuco (Brejão, Chains, Garanhuns and gold Lagoa) and 2-Alago the municipalities (Chã Preta and Santana Mundaú). The climate of the Sub-basin is the type Koppen, Aw (Tropical, where winter is the dry season). It was made the literature, map data and satellite images. They were consulted, books, articles, theses, monographs, dissertations and technical work, to give theoretical development research. Linear analysis, Areal and hipsometric were made from an MDE generated by ArcGIS 10.3 on a scale of 1: 100.000, and then the data were managed in a Geographic Information System.

**Palavras-chave:** high course, morphometry, Mundaú River; alto curso, morfometria, Rio Mundaú.

## 1. Introdução

Com o incremento e crescimento exponencial dos espaços habitados, a conservação do recurso água tem ganhado cada vez mais notabilidade no meio científico, conseqüentemente o maior incentivo aos estudos relativos aos recursos hídricos. A necessidade da conservação das Bacias Hidrográficas acarretou com que ganhassem o conceito de unidade de gestão territorial, visando o gerenciamento, planejamento e desenvolvimento econômico social (TUNDISI, 2003, p. 108). Bacia Hidrográfica pode ser definida como os limites naturais estabelecidos pelos divisores de águas, formada por conjuntos de sub-bacias e microbacias formando uma unidade geomórfica fundamental.

Segundo Gomes et al (2014) a análise morfométrica de uma sub-bacia hidrográfica contribui para o melhor entendimento físico-natural e hidrológico, fomentando o entendimento da dinâmica morfogenética, possibilitando um manejo mais adequado. O levantamento de parâmetros morfométricos de uma sub-bacias torna possível identificar aquelas que apresentam maior vulnerabilidade ambiental.

É de suma importância se considerar a bacia ou sub-bacia como um sistema dinâmico, analisando-as de forma sistêmica, considerando as características morfométricas. Para Gomes et al (2014) “essas características refletem em inúmeros processos de sua evolução e determinam sua capacidade de suporte e ocupação”. Permitindo correlacionar a hidrográfica com o arranjo espacial, permitindo identificar seu grau de desenvolvimento e suas características geomorfológicas. Nesse sentido, Christofolletti (1980) deixa claro que os corpos d’água formam os agentes intempéricos mais ativos na esculturação da paisagem, influenciadas pelas diferenças na declividade e evolução geomorfológica.

Tem-se como objetivo analisar a Sub-bacia em seus principais agentes morfométricos e compartimentá-la. Segundo Christofolletti (1980), em análise linear, análise areal e análise hipsométrica, onde os atributos lineares compreendem a rede de drenagem e seu arranjo estrutural.

## 2. Caracterização da área de estudo

O Alto curso está localizado entre a mesorregião do Agreste pernambucano e o Leste alagoano, com as coordenadas 9°13’ e 8°53’ de latitude Sul e 36°06’ e 36°34’ de longitude Leste no datum WGS 84 UTM 24S (Figura 1). A sub-bacia hidrográfica do Alto Curso ocupa uma área de 872,62 km<sup>2</sup> e abrange 4 municípios do Estado de Pernambuco (Brejão, Correntes, Garanhuns e Lagoa do ouro) e 2 municípios de Alagoas (Chã Preta e Santana do Mundaú). O clima da Sub-bacia é do tipo Köppen, Aw (Tropical, onde o inverno é a estação seca). A precipitação média da sub-bacia gira em torno de 1300 mm anuais, sendo influenciada pelo Planalto da Borborema, em que uma parte da sua área está a barlavento. Após a análise das características morfoestruturais pode-se compartimentá-la nas seguintes unidades geoambientais: Planalto da Borborema, Depressão Sertaneja e Superfícies Retrabalhadas (GOMES et al, 2014)

O planalto da Borborema compreende todo o setor de terras altas, acima das Isolinhas de 200 metros, situado a norte do rio São Francisco, estruturado nos diversos litotipos cristalinos correspondentes aos maciços arqueanos remobilizados, sistemas de dobramentos brasileiros e intrusões ígneas neoproterozóicas sin-tardie pós-orogênicas (CORRÊA, et al., 2010).

A Depressão Sertaneja tem altitudes variando entre 90 e 200 metros, estruturado no complexo Belém do São Francisco, com predominância de rochas metamórficas gnaisse-migmatíticos e granulitos (GOMES et al., 2014).

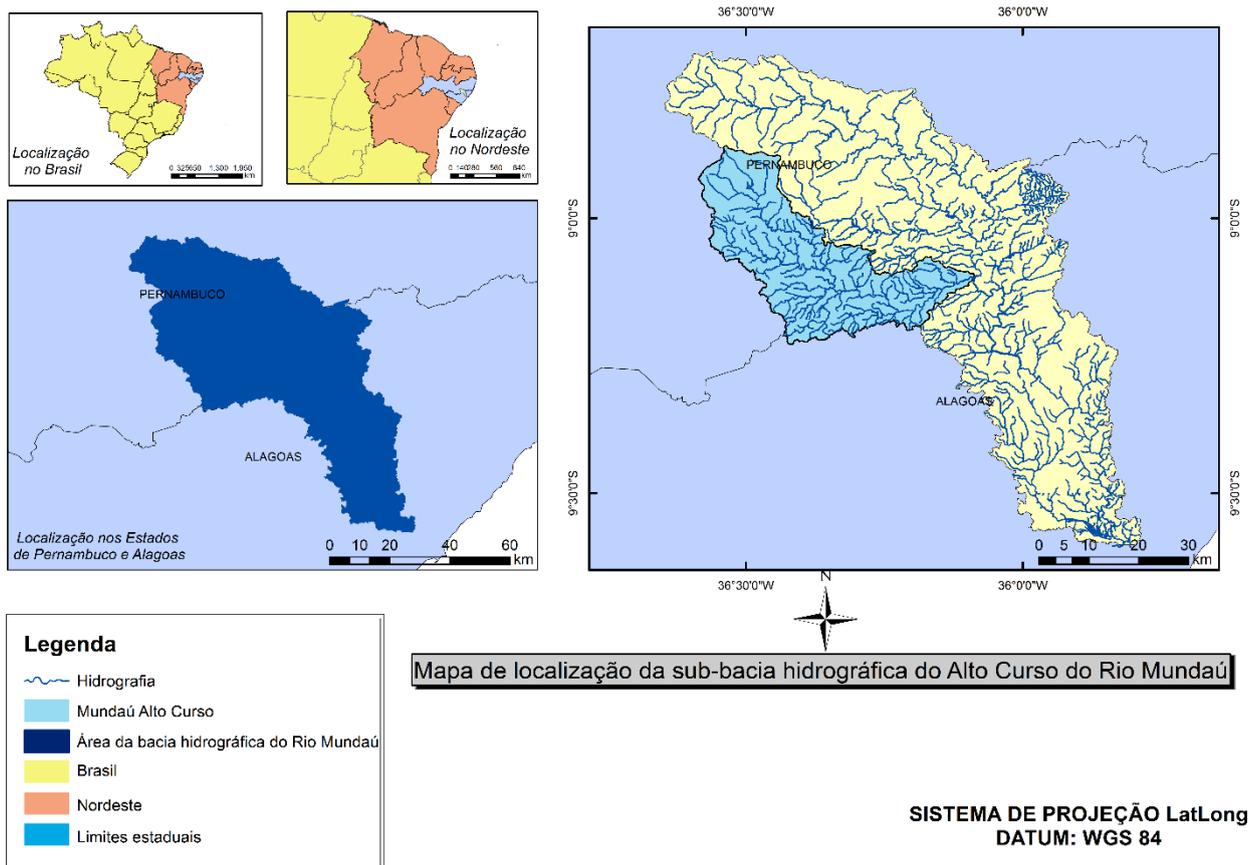


Figura 1: Mapa de localização da Sub-bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Mundaú.  
 Fonte: Elaborado pelos autores  
 Fonte de base cartográfica: IBGE

As Superfícies Retrabalhadas têm sua altimetria variando entre 100 e 600 metros, com predominância de rochas metamórficas e ígneas do Cenozoico, estruturadas nos complexos Arapiraca e uma pequena parte do Belém do São Francisco. Pode-se observar também depósitos flúviolugunares, de material superficial aquoso (CPRM, 2010).

### 3. Metodologias

#### 3.1 Materiais

Inicialmente fez-se o levantamento bibliográfico, material cartográfico e imagens orbitais. Foram consultados, livros, artigos, teses, monografias, dissertações e trabalhos técnicos, para dar fomento teórico a pesquisa.

Foram utilizados dados obtidas a partir das cenas do *Shuttle Radar Topography Mission-SRTM* que são dados matriciais cotados. Foram utilizadas as cenas: S10W037, S10W036, S09W037 e S09W036, sendo usadas para a criação do Modelo Digital de Elevação (MDE) no formato *GeoTiff (.tif)* aferidos através de cálculos no *software* ArcGIS® 10.3.

Os dados cartográficos foram armazenados no ArcGIS® 10.3 possibilitando o armazenamento e o gerenciamento dos dados em um banco de dados criado no próprio software, facilitando se trabalhar as cenas e outros dados.

Foi definida a escala de 1:100.000 como padrão para se trabalhar os dados, pois as cenas da SRTM estão limitadas a essa escala, por consequência dos desenhos de drenagem (FERNÁNDEZ et al., 2012).

#### 3.2 Processamento dos dados

Todo o processamento dos dados foi feito no ArcGIS 10.3. As cenas obtidas a partir da missão STRM foram mosaicadas no *Arctoolbox*, ferramenta *Raster Dataset* e *Mosaic New Raster*, na qual formou uma única cena com o MDE. Logo após obter o MDE SRTM, foram feitas correções para as células sem valores (no data) e células com altitude negativa, utilizando-se o recurso *fill* da ferramenta *Hydrology – Spatial Analyst* do *Arctoolbox*.

Com a imagem tratada foi possível definir a direção de fluxo (*flow direction*) e o fluxo acumulado (*flow accumulation*) automaticamente a partir da ferramenta *Hydrology*. Processos necessários para a delimitação da drenagem, seguida pelo comprimento do fluxo (*flow length*).

Posteriormente utilizou-se a ferramenta *Stream Order* para fazer a hierarquia fluvial, seguindo a metodologia de Strahler (1952). Seguindo-se da utilização da ferramenta *Conditional-con* para se delimitar a quantidade de classes para a hierarquização. Seguindo da metodologia utilizada por Medeiros, Ferreira, Ferreira et al. (2009), Schuch e Loch et al. (2011), Góes e Cirilo et al. (2011), Leite, Almeida, Ferreira da Silva et al. (2012), possibilitando automaticamente a delimitação e hidrografia da sub-bacia.

### 3.3 Análise morfométricas da sub-bacia hidrográfica

A análise morfométrica de uma sub-bacia tem a função de subsidiar um meio para que haja a sua compreensão aprofundada, ajudando no planejamento e gestão da mesma. Seguindo a metodologia de Christofolletti (1980) podemos dividir a análise em: análise Linear, análise areal e análise hipsométrica. A análise linear compreende os atributos lineares de drenagem e seus arranjos. Na análise areal são considerados as características da rede de drenagem e a superfície da sub-bacia. A análise hipsométrica engloba os parâmetros tridimensionais da bacia, correlacionando relevo e drenagem (GOMES et al., 2014).

Entre os mais de 50 parâmetros morfométricos disponíveis na literatura, foram utilizados apenas 14, por serem os principais. Foram observados na análise linear os seguintes padrões: Hierarquia fluvial; padrões de drenagem; relação de bifurcação ( $R_b$ ); Comprimento do curso principal ( $L$ ) e Índice de sinuosidade do canal principal ( $I_s$ ).

A análise areal correlaciona a área da bacia com sua rede de drenagem, observando os seguintes parâmetros: Área da sub-bacia ( $A$ ); perímetro ( $P$ ); Índice de circularidade ( $I_c$ ); densidade de drenagem ( $D_d$ ) e coeficiente de manutenção ( $C_m$ ).

A análise hipsométrica segundo Gomes et al (2014) “Busca correlacionar os atributos da rede de drenagem e a variação altimétrica do relevo, permitindo observar as variáveis fisiográficas da sub-bacia”. Observou-se as seguintes características: amplitude altimétrica, hipsometria, declividade e perfil longitudinal.

### 3.4 Análises Lineares

Hierarquia Fluvial é o processo de classificar os corpos de águas de acordo com sua importância. Onde os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de primeira e segunda ordem e assim sucessivamente. Nesta ordenação elimina-se o conceito de que o rio principal deva ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão (STRAHLER et al., 1952; CHRISTOFOLETTI et al., 1980; MACHADO E TORRES et al., 2012).

Padrões de Drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e evolução

geomorfológica. A sub-bacia em estudo pode ser classificada como **Dendrítica**, que são as drenagens que se “unem formando ângulos agudos de graduação variadas, mas sem chegar nunca ao ângulo reto” CHRISTOFOLETTI et al., 1980; MACHADO E TORRES et al., 2012 e GOMES et al., 2014).

Relação de bifurcação ( $R_b$ ) é a relação entre o número total de segmentos de determinada ordem e o número total de segmentos de ordem imediatamente superior. Tomando como base o sistema de hierarquia fluvial proposta por Strahler, o valor obtido nunca poderá ser inferior a 2. Utiliza-se a seguinte equação:

$$R_b = N_u / N_{u+1}$$

Onde  $R_b$  é a relação de bifurcação;  $N_u$  é o número de segmentos de determinada ordem; e  $N_{u+1}$  é o número de segmentos da ordem imediatamente superior (MACHADO E TORRES et al., 2012 e GOMES et al., 2014).

Comprimento do curso principal ( $L$ ) é definido como a distância que se estende ao longo do curso d'água, desde a desembocadura (foz) até sua nascente em km (MACHADO E TORRES et al., 2012 e GOMES et al., 2014).

Índice de sinuosidade do canal principal ( $I_s$ ) é a relação entre o comprimento do curso principal e o comprimento vetorial em linha reta dos extremos do canal principal. Utiliza-se a seguinte equação:

$$I_s = L / D_v$$

Onde  $I_s$  é o índice de sinuosidade do canal principal;  $L$  é o comprimento do curso principal em km;  $D_v$  é a distância vetorial entre os extremos do mesmo canal em km (MACHADO E TORRES et al., 2012 e GOMES et al., 2014).

### 3.5 Análise Areal

Á área da sub-bacia ( $A$ ) corresponde a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, em projeção horizontal, inclusa entre seus divisores topográficos.

Perímetro ( $P$ ) é a extensão da linha que limita a sub-bacia, ou seja, corresponde ao comprimento limites estabelecidos pelos divisores de água.

Índice de Circularidade ( $I_c$ ) “É a relação existente entre a área da sub-bacia e a área do círculo de mesmo perímetro” (CHRISTOFOLETTI et al., 1980, p. 114), variando entre 0 e 1, enquanto mais próximo de 1, mais circular será, conseqüentemente sua poderá sobre inundações. Utiliza-se a seguinte equação:

$$I_c = A / A_c$$

Onde  $A$  é a área da sub-bacia, em km<sup>2</sup>;  $A_c$  é a área do círculo, medida nas mesmas unidades da área da sub-bacia;  $I_c$  é o índice de circularidade (GRANELL- PÉREZ et al., 2001; MACHADO E TORRES et al., 2012 e GOMES et al., 2014).

Densidade de Drenagem ( $D_d$ ) é definido relação entre o comprimento total dos canais de escoamento com a área da sub-bacia hidrográfica. Utiliza-se seguinte equação:

$$D_d = L_t / A$$

Onde  $D_d$  é a densidade de drenagem;  $L_t$  é o comprimento total dos canais e  $A$  é a área da sub-bacia. Coeficiente de manutenção ( $C_m$ ), este índice tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento e é determinante na manutenção da perenidade dos canais (SILVA, SCHULZ, CAMARGO et al., 2003; CHRISTOFOLETTI et al., 1980; MACHADO E TORRES et al., 2012 e GOMES et al., 2014). Expresso pela seguinte equação:

$$C_m = 1 / D_d$$

Onde:  $C_m$  é o coeficiente de manutenção;  $D_d$  é a densidade de drenagem, expressa em quilômetros.

### 3.6 Análises Hipsométricas

Amplitude altimétrica é a diferença altimétrica existente entre a foz e a maior altitude situada na área da sub-bacia.

A hipsometria é um instrumento de grande importância para a identificação de superfícies balizadas em níveis altimétricos (IBGE, 2013), observa-se através de informações qualitativas a variação altimétrica do relevo.

Declividade é a variação dos gradientes do terreno em intervalos pré-estabelecidos segundo sua finalidade, sendo útil na caracterização e delimitação das unidades e Regiões geomorfológicas. Sendo também um forte indicador das áreas mais propensas a erosão dos solos. (GRANELL-PÉREZ et al., 2001; LEMOS E SANTOS et al., 1982; MACHADO E TORRES et al., 2012 e GOMES et al., 2014).

Perfil longitudinal é a representação gráfica das variações da declividade do canal (gradiente), desde sua nascente até sua foz (CUNHA et al., 1996; LEINZ et al.; AMARAL et al., 1975; MACHADO E TORRES et al., 2012 e GOMES et al., 2014).

#### 4. Resultados e discussões

O objeto em estudo possui uma área de 872,62 km<sup>2</sup> e um perímetro de 248,59 km. Trata-se de uma Sub-bacia da Bacia hidrográfica do Rio Mundaú, que tem uma área total de 4.101,92 km<sup>2</sup>.

A sub-bacia hidrográfica teve seu padrão de drenagem classificado como Dendrítica ou arborescente, seus cursos d'água formam ângulos agudos (menores que 90°). Seus corpos d'água juntamente com seu canal principal foram classificados em uma hierarquia fluvial como chegando a 5ª ordem, seguindo a metodologia proposta por Strahler et al. (1952),

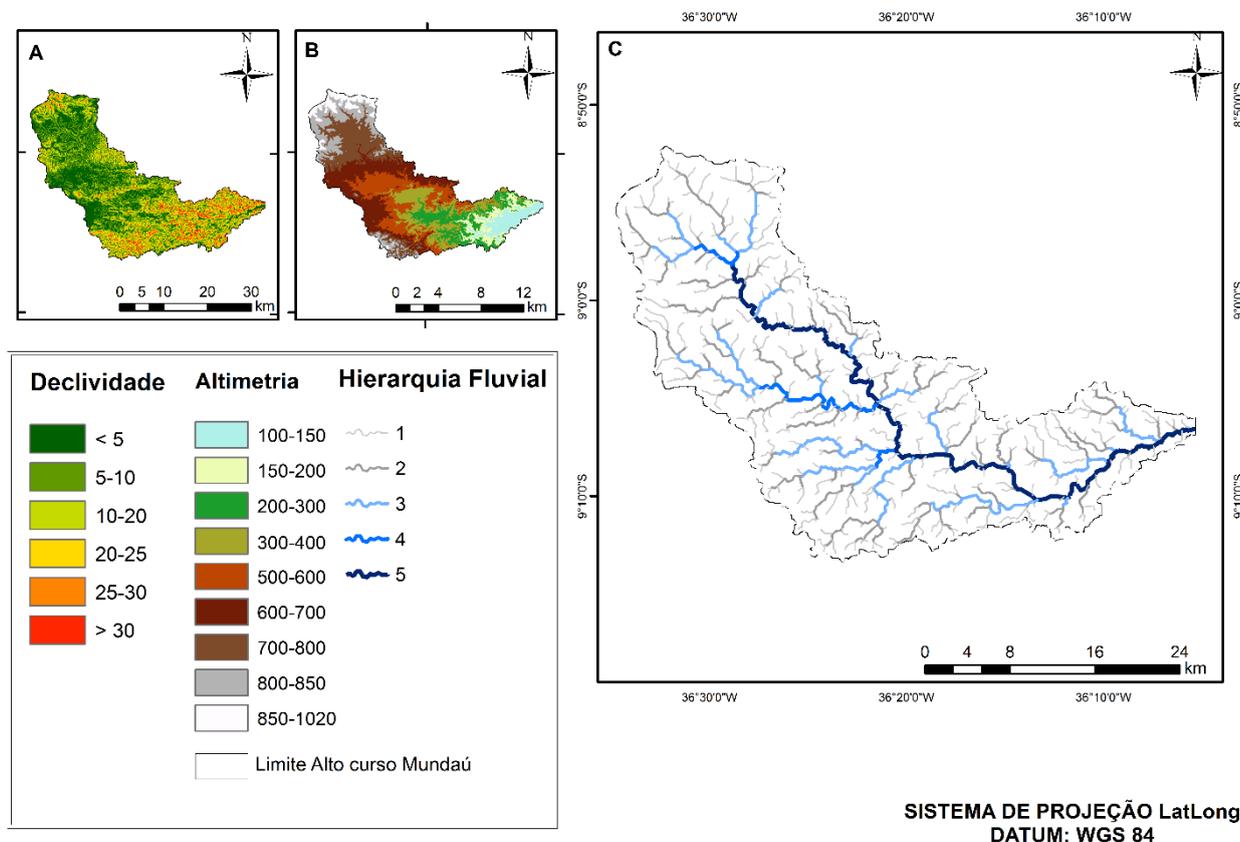


Figura 2: Características morfométricas da sub-bacia: A) Declividade em graus da sub-bacia; B) Altimetria em metros da sub-bacia; C) Hierarquia fluvial da sub-bacia, chegando a 5ª ordem.

Fonte: Elaborado pelos autores levando em consideração o MDE desenvolvido

Fonte de base cartográfica: IBGE e USGS

mostrando-nos que a sub-bacia tem uma boa drenagem, já que enquanto maior a ordem de sua hierarquia mais bem drenada será a mesma. (Figura 2-C).

O comprimento do curso principal foi de 73,11 km desde sua desembocadura (foz) até o final do Alto curso. O Índice de sinuosidade do canal principal (1,60) pode ser considerado como Meândrico, pois está acima do valor padrão de 1,50 (MACHADO E TORRES et al., 2012 e GOMES et al., 2014). Mostrando que as curvas sinuosas definidas pela *lei do menor esforço* atuam aumentando a erosão na margem côncava.

A relação de bifurcação foi agrupada em quatro classes (4,75 - 3,78 - 4,50 - 4,00), influenciando diretamente na análise da permeabilidade. Segundo Christofletti et al. (1980) os valores obtidos indicam que não há um desenvolvimento uniforme do clima e litologia. Pode-se melhor visualizar os dados apresentados acima na tabela 1.

Segundo Villela e Matos et al. (1975) e Tonello et al. (2006) o índice de circularidade irá permitir que se identifique a partir da forma da sub-bacia se ela é susceptível a inundações ou não, sendo utilizado os valores de 0 a 1 como base. A sub-bacia em estudo obteve o índice de circularidade (0,18), ou seja, mais próxima de zero, então mais alongada será a sub-bacia, consequentemente o risco de inundações será menor.

Tabela 1: Características observadas / Formulas e descrições nas Análises Lineares: Hierarquia Fluvial; Padrões de drenagem; Relação de bifurcação (Rb); Comprimento do curso principal (L); Índice de sinuosidade do canal principal.  
Fonte: elaborado pelos autores.

Análise Linear	Análises	Unidades de medidas	Alto Curso Total
	Hierarquia Fluvial	Ordem	5ª
	Padrões de drenagem	Classe	Dendrítica
	Relação de Bifurcação (Rb)	1ª-2ª Ordem	4,75
		2ª-3ª Ordem	3,78
		3ª-4ª Ordem	4,50
		4ª-5ª Ordem	4,00
		5ª-6ª Ordem	-
		Comprimento do curso principal (L)	Km
	Índice de sinuosidade do canal principal (Is)	Is	1,60

A densidade da drenagem segundo Rocha e Kurtz et al. (2001) é um indicador da disponibilidade e escoamento superficial, um Dd baixa é indicadora escassa disponibilidade hídrica em superfície, de rochas resistente, de solos de alta infiltração, cobertura vegetal densa ou relevo suave e uma Dd alto indica boa disponibilidade hídrica superficial, rochas pouco resistentes, de solos impermeáveis, de escassa cobertura vegetal ou relevo acidentado. A sub-bacia do Alto obteve a 0,90 km/km<sup>2</sup> como sua densidade de drenagem, segundo Bealtrame et al. (1994) pode ser considerada como mediana, indicando um escoamento superficial mediano, tomando como base os valores: menor que 0,50 baixa; de 0,50 a 2,00 mediana; de 2,01 a 3,50 alta e maior que 3,50 muito alta.

O coeficiente de manutenção é um parâmetro morfométrico inverso a Dd, sendo o Cm um indicador da área mínima necessária (km<sup>2</sup>) para a manutenção de um quilometro de canal de escoamento permanente Christofletti et al., 1980. A sub-bacia hidrográfica em estudo obteve o valor de 0,90 km/km<sup>2</sup>. Pode-se melhor visualizar os dados apresentados acima na tabela 2.

A análise hipsométrica por correlacionar os dados tridimensionais serve-nos para mostrar as áreas mais susceptíveis a erosão, correlacionando a declividade com a amplitude altimétrica. A amplitude altimétrica variou de 1014 a 156 metros (Figura 2-A) e uma declividade bem variada, permitindo-nos identificar seu relevo como desde plano/suave ondulado ( $\leq 8^\circ$ ) até fortemente ondulado ( $> 20^\circ \leq 45^\circ$ ) (LEMOS E SANTOS et al., 1982; SILVA, SCHULZ E

CAMARGO et al., 2003).

Tabela 2: Características observadas / Formulas e descrições na Análise Areal: Área da sub-bacia (A); Perímetro (P); Índice de Circularidade (Ic); Densidade de drenagem (Dd) e Coeficiente de manutenção. (Cm).

Fonte: Elaborado pelos autores

Análise Areal	Análises	Unidades de medidas	Alto Curso Total
	Área da sub-bacia (A)	Km <sup>2</sup>	872,62
	Perímetro (P)	Km	248,59
	Índice de Circularidade (Ic)	Ic	0,18
	Densidade de Drenagem (Dd)	Km/Km <sup>2</sup>	0,90
	Coeficiente de manutenção (Cm)	M <sup>2</sup>	1,11

O perfil longitudinal do Alto curso (Figura 3) apresentou 73,11 km de extensão, com uma grande variação altimétrica ocasionando maior carregamento de sedimentos nesse trecho devido ao ganho de energia ocasionado pelo relevo irregular (grande gradiente), destacando-se no trecho superior o percurso no qual a erosão fluvial é maior, portanto maior produção de sedimentos. Tendo seu ponto mais alto na cidade de Garanhuns-PE a uma altitude de 880 metros (GOMES et al., 2014). Pode-se melhor visualizar os dados apresentados acima na tabela 3.

Tabela 3: Análise dos parâmetros da rede de drenagem.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Análise Hipsométrica	Análises	Unidades de medidas	Alto Curso Total
	Amplitude altimétrica	M	998
	Hipsometria	Amplitude mínima (M)	156
		Amplitude máxima (M)	1014
Classes de declividade	Superfície	Declividade em graus	% / Área (Km <sup>2</sup> )
	Plano e suave ondulado	≤ 8°	59,08 / 515,09
	Ondulado	> 8° ≤ 20°	19,57 / 170,32
	Fortemente ondulado	> 20° ≤ 45°	18,99 / 165,81
	Montanhoso ou escarpado	> 45°	02,35 / 20,56

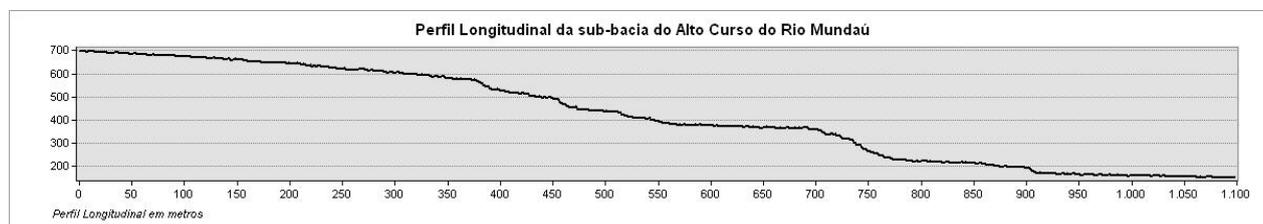


Figura 3: Perfil longitudinal do alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú.

Fonte: Elaborado pelos autores

## 5. Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo irão fomentar toda uma gama de informações e conhecimentos específicos da Sub-bacia hidrográfica do Alto curso em estudo, servindo como meio para que se tenha um entendimento juntamente com outros conhecimentos da dinâmica geomorfológica e físico-natural do local. Ressaltando a versatilidade e facilidade do uso de um Sistema de Informação Geografia para o estudo da sub-bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Universidade de Pernambuco – UPE/ Campus Garanhuns, ao Programa de Fortalecimento Acadêmico - PFA, pela concessão das bolsas e financiamento das pesquisas.

## Referências Bibliográficas

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edigard Blucher, 1980.

CORRÊA, e. DE B.; TAVARES, B. DE A. e.; MONTEIRO, K. DE A.; CAVALCANTI, L. c. DE S.; LIRA, D. R. DE. **Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema**. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 31 (1/2), 2010.

COMPANHIA de PESQUISA de RECURSOS MINERAIS \_ CPRM. Geobank. Disponível: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>.

CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia Fluvial**. In: GUERRA, A. J. T.: CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: exercícios técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. FERNÁNDEZ, D. C. J.; VALERIANO, M. DE M.; ZANI, H.; ANDRADES FILHO, e. de o

**Extração automática de redes de drenagem a partir de modelos digitais de elevação**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 64, n 5, p. 619 - 634, 2012.  
GRANELL-PÉREZ, M. D. C. **Trabalhando geografia com cartas topográficas**. Ijuí/RS: Editora Unijuí, 2001.

GÔES, V. C.; CIRILO, J. A. **Geração de base dedados espaciais para estudos de drenagem urbana na região metropolitana de Recife, Pernambuco**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 63, Nº 4, p. 555 - 565, 2011.

GOMES, D. D. M. Análise e compartimentação morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú. Revista de Geologia- UFC. Fortaleza/ Ceará, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. Manuais técnicos em geociências. 2ª. Ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: julho. 2014.

LEITE, M. E.; ALMEIDA, J. W. L.; FERREIRA D SILVA, R. **Geotecnologlas aplicadas à extração automática de dados morfométricos da bacia do rio Pacuí/MG**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 64 Nº 5, p. 677-691, 2012.

MACHADO, P.J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à Hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178p.

MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G. **Avaliação de modelos digitais de elevação para delimitação automática de bacias hidrográficas**. Revista Brasileira de Cartografia Nº 61 / 02, 2009.

SCHUCH, F. S.; LOCH, C. **Determinando a variação do padrão fractal de rede de drenagem utilizando dados SRTM, laser scanning e base cartográfica**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 63, Nº 3, p. 377 - 386, 2011.

SILVA, A. M. da, SCHULZ, H. E.; CAMARGO, p. B. de. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Paulo: RIMA, 2003.

LEINZ, V.: AMARAL, S. E. **Geologia geral**. São Paulo: Editora Nacional, 1975.

LEMOS, R. C. de, SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas: SBCS, 1982.

MMA (Ministério Do Meio Ambiente). **Documento de introdução ao Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: MMA/SRH, 2004.

- PRESS, F.; GROTZINGER, J.; SIEVER, R.; JORDAM, T.;T.H. **Para entender a terra.**  
Tradução: MENEGAT, R. (cood). 6 a edição. Porto Alegre: bookman, 2013.
- ROCHA, J. S. M. da; KURTZM S. M. de J. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.**  
Santa Maria/RS: Edições UFSM, 2001.
- STRAHLER. A. n. **Geografia física.** Barcelona: Ediciones Omega, 1982.
- TRINCART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: FIBGE/SEPREN, 1977.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RIMA, 2003.
- VALERIANO, M. de M. **Modelo Digital de Elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. 72 p.
- VALERIANO, M. de M. **Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, N°. 3,p. 539-546,2003.
- VALERIANO, M. de M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. cap. 3, p. 72-104.
- VALERIANO, M. de M. **Modelos Digitais de Elevação de microbacias elaborados com krigagem.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002. 56 p.
- VILELLA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.