

## CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DO MÉDIO E BAIXO CURSO DO RIO ACARAÚ-CEARÁ-BRASIL

SUCUPIRA, P.A.P.<sup>1</sup>

Mestre em Geografia, Universidade Estadual do Ceará – UECE, [psucupira@gmail.com](mailto:psucupira@gmail.com)

PINHEIRO, L. DE S.<sup>2</sup>

Prof.<sup>a</sup>. Doutora e Vice-Coordenadora do Mestrado Acadêmico em Geografia – MAG/UECE, [lidrianapinheiro@fortalnet.com](mailto:lidrianapinheiro@fortalnet.com)

ROSA, M. DE F.<sup>3</sup>

Doutora Pesquisadora da EMBRAPA/CNPAT, [morsy@embrapa.com](mailto:morsy@embrapa.com)

### RESUMO

Nos estudos de bacia hidrográfica, a mensuração e a análise morfométrica da configuração da superfície terrestre, quanto à forma e às dimensões de sua paisagem, são usadas nas estimativas das características da Bacia Hidrografia. Este trabalho teve como objetivo quantificar os parâmetros morfométricos e construir um modelo digital de elevação (MDE) para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú-CE. A bacia fica localizada na região centro-norte e ocupa cerca de 15% do território cearense. A região tem uma área drenada total de 14.427 km<sup>2</sup>, com 315 km de extensão no sentido Sul-Norte. A área de estudo tem aproximadamente 3.100 km<sup>2</sup> abrangendo áreas do semi-árido e litorâneas. A metodologia baseou-se no uso de Imagem de Satélite, cartas topográficas e Softwares especializados, como o ARCVIEW 8.3 e AutoCadMAP 2000i, sendo possível o cálculo dos variados índices morfométricos. De acordo com os valores calculados o padrão de drenagem predominante é o dendrítico, no Médio curso, refletindo características como a presença de solos homogêneos e rochas sedimentares. E chega a apresentar padrões paralelo e anastomosado no Baixo curso. Com os resultados dos índices morfométricos, foi possível evidenciar que a bacia fica também caracterizada, por apresentar uma forma retangular, sendo assim mais estreita e alongada, possibilitando um maior escoamento superficial, mas não muito sujeita a enchentes, a exceção de estações chuvosas atípicas com índices pluviométricos bastante elevados como no ano de 2004. Apresenta densidade de drenagem superior a de rios o que resulta em um maior escoamento superficial, ou seja, o terreno não apresenta um bom grau de infiltração. E por conter uma quantidade elevada de segmentos de primeira ordem, que são cursos d'água que não apresentam tributários. É composta por rochas areníticas (forma das drenagens), com grande capacidade de gerar novos cursos d'água, pois apresenta uma área relativamente apropriada para a manutenção de seus canais de drenagem, determinados mais pelo tipo de carga dendrítica do que pela própria descarga fluvial. Palavras-chave: Morfometria, Bacia Hidrográfica, Rio Acaraú.

### INTRODUÇÃO

A sub-bacia do Médio e todo o Baixo Acaraú englobam áreas do semi-árido e litorâneas, estando inseridos os municípios de Sobral, Meruoca, Alcântaras, Massapê, Santana do Acaraú, Morrinhos, Marco, Bela Cruz, Cruz e Acaraú, abrangendo em torno de 3.100 km<sup>2</sup> de área drenada, correspondendo a 21,5% do total da bacia (Figura 1). As formas de uso e ocupação dessa bacia ao longo dos anos, além de impor uma nova demanda dos recursos hídricos foram responsáveis por uma série de transformações no comportamento dos canais e no transporte de sedimentos. Dentre eles se pode enumerar os assoreamentos de canais, abandono de vales, erosão das margens e surgimento de áreas de riscos por inundações.

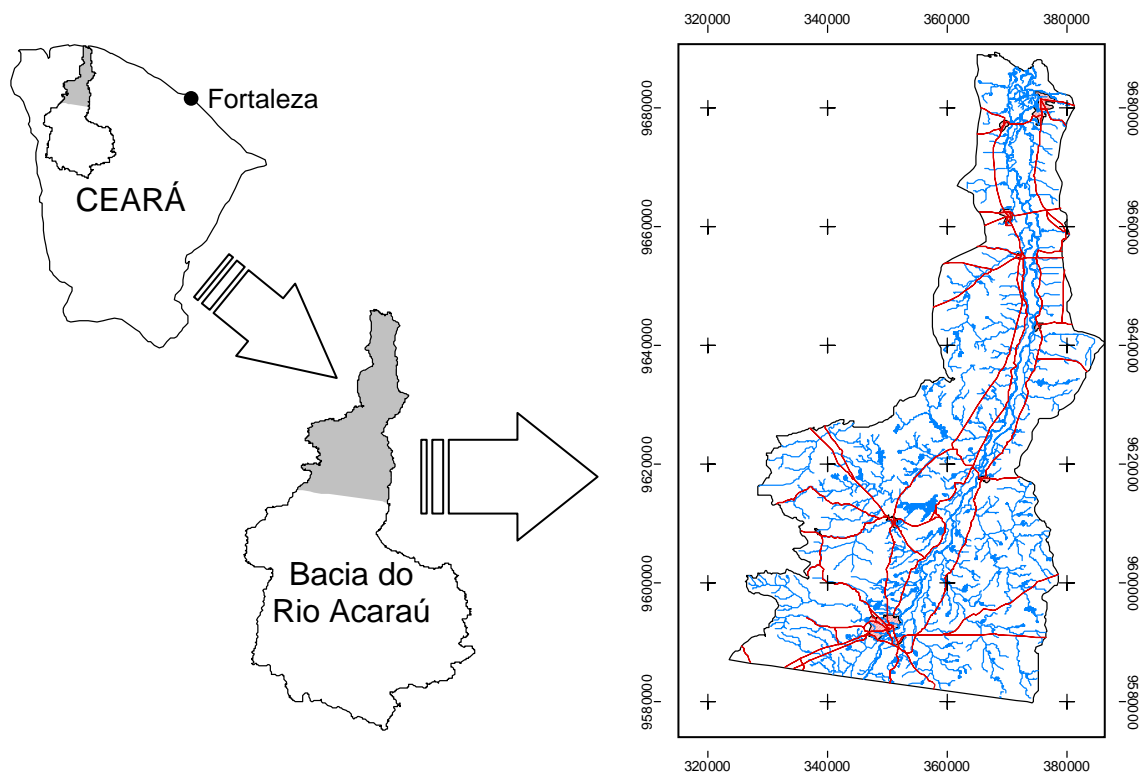


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Nas áreas urbanas de maior porte na bacia, a exemplo do município de Sobral, é grande o adensamento populacional nas margens fluviais, o que implica além do incremento na demanda de água potável, no maior risco dos recursos hídricos e surgimento de áreas de riscos. A remoção da cobertura vegetal é outro fator determinante, pois acaba por alterar significativamente a cobertura do solo, ocasionando alterações no ciclo hidrológico, já que ocorre a diminuição da porcentagem de água infiltrada e o aumento no escoamento superficial. Conseqüentemente, aumenta-se a produção de sedimentos, ocorrendo alterações no solo, em função do empobrecimento de sua fertilidade, perdas por erosão e assoreamento dos canais.

Por isso, o objetivo deste estudo foi quantificar os parâmetros morfométricos e construir um modelo digital de elevação (MDE) para o Médio e Baixo curso do Rio Acaraú-CE, em virtude da intensidade e complexidade dos processos naturais e demandas de uso e ocupação. A respectiva caracterização gerou informações associadas ao relevo destacando-se os parâmetros topográficos que mais influenciam o fluxo de água e de sedimentos no sistema de uma bacia hidrográfica, bem como os que definem a estrutura da rede de drenagem de seus afluentes. Os estudos relacionados à rede de drenagem de uma bacia hidrográfica sempre foram muito importantes para Geomorfologia, pois os cursos

d'água constituem um dos processos mais ativos na formação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os resultados aqui apresentados contam com o apoio do Projeto PRODETAB 016-01-01 intitulado “*Gestão Racional de bacias hidrográficas na região de caatinga de modo a manter o seu uso sustentável na agricultura irrigado*”, financiado pelo Banco Mundial.

## **ÁREA DE ESTUDO**

A bacia hidrográfica do Rio Acaraú localizada no centro-norte, ocupa cerca de 15% do território cearense. A região é drenada pelo Rio Acaraú e seus afluentes, com área de 14.427 km<sup>2</sup> e com 315 km de extensão no sentido Sul-Norte. A bacia é composta por 12 açudes com capacidade total hídrica de, aproximadamente, 1.443.763.000 m<sup>3</sup> onde tem suas nascentes nas Serras das Matas, Matinha Branca e Cupira, tendo como principais afluentes os Rios Groairas, Jaibaras e o riacho dos Macacos. Na bacia do Rio Acaraú ocorre a maior amplitude hipsométrica do Estado, com altitudes que variam de 0 m, no litoral (nível do mar), a 1.145 m na Serra das Matas, localizada no sudeste da bacia, sendo máxima altitude registrada para o Ceará. No entanto, a maior parte da área da bacia encontra-se abaixo dos 200 m de altitude, observando-se um evidente aplainamento do terreno.

O clima da região, de acordo com a classificação de Strahler (1952), é do tipo semi-árido, que se caracteriza, predominantemente, pela escassez de chuva. Este tipo de clima é predominante no sertão nordestino e marcado pela existência de dois períodos definidos pela quadra chuvosa: um seco e longo, e outro úmido, curto e irregular. A região é caracterizada por forte insolação, com índices elevados de evaporação, baixa umidade relativa do ar e temperaturas médias elevadas, durante pelo menos 10 meses do ano, em torno de 27°C, com extremos, como no município de Sobral, com uma média mensal de 28,9°C. A média pluviométrica anual da área pesquisada é de 940,2 mm.

Em relação aos aspectos morfoestruturais, o relevo da bacia do Rio Acaraú, apresenta características dependentes do conjunto de interferências de ordem geológica, paleoclimáticas e de processos morfoclimáticos passados e atuais. Na bacia apresentam-se, ao norte, sedimentos Cenozóicos do período Quaternário (recentes) e do período Terciário da Formação Barreiras, que são agricultáveis, porém com a utilização de fertilizantes e a correção da acidez. Ocorre, também, a presença da Aluvião (solos Aluviais) marginal ao Rio Acaraú, no médio e baixo curso. A geologia regional apresenta uma estrutura predominantemente cristalina e possui como principais aquíferos o Aluvionar, Jaibaras e

Barreiras, sendo o primeiro responsável por cerca de 50% da reserva explorável em um ano normal (SRH, 1992). Na região do médio curso, a litologia compõe-se de rochas do embasamento cristalino Pré-Cambriano, onde predominam os solos medianamente profundos e moderadamente ácidos, porém pedregosos e susceptíveis à erosão.

Os padrões vegetacionais predominantes são Caatingas Arbustivas Densas, presente na maior parte das áreas do médio e em menor proporção no baixo curso da bacia, tendo como principal atividade econômica primária a pecuária bovina. A Mata Ciliar ou Ribeirinha, com as presenças marcantes da carnaúba e da oiticica, que margeia o leito ao longo do Médio e Baixo curso do Rio Acaraú, o extrativismo vegetal é praticado de forma desordenada.

## **METODOLOGIA**

A análise morfométrica de bacias hidrográficas foi dividida em 4 etapas. A primeira trata da ordenação ou hierarquização da rede de drenagem. A segunda forma foi a análise linear da rede de drenagem, compreendendo as medições efetuadas ao longo das linhas de escoamento. A análise areal da bacia hidrográfica é a terceira fase, a qual engloba vários índices que utilizam medições planimétricas, além das lineares. E, por fim, a análise hipsométrica que compreende a análise da distribuição altimétrica da bacia. Nesta fase utilizou-se a imagem no formato digital em CD, com composição colorida RGB do satélite LANDSAT 7/ETM+, com passagem em 16/08/2001.

A análise morfométrica iniciou-se pela hierarquização dos canais fluviais. Cada linha de drenagem foi categorizada de acordo com sua ordem dentro da bacia e esta ordenação foi utilizada para descrever e dividir a rede de drenagem em partes que foram quantificadas e analisadas. Quanto à ordem de hierarquização dos segmentos hídricos, foi produzido primeiramente o Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizando as curvas de nível digitalizadas pela COGERH, na escala de 1:500.000 e equidistância de 40 metros, procedeu-se a transferência do mesmo para o *software* ARCVIEW 8.3, em formato *shapefile* (SHP), tornando-se possível gerá-lo.

Utilizando este dado realizou-se a confecção da rede de drenagem, com atualização da mesma pela imagem de satélite LANDSAT 7 ETM+, através do *software* AutoCAD MAP2000i. Posteriormente, foi elaborada a hierarquia fluvial de acordo com a metodologia inicialmente proposta por Strahler (1952). A área, em km<sup>2</sup> da bacia estudada, foi calculada utilizando as ferramentas do *software* ARCVIEW 8.3, assim como o comprimento do rio principal e dos segmentos hídricos de cada ordem.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na área de estudo, de acordo com a metodologia proposta, foram calculados índices, relações e valores utilizados na interpretação, ou seja, a análise inicia-se pela ordenação dos canais fluviais, com a finalidade de estabelecer a hierarquização dos mesmos, onde se obteve que os rios de primeira ordem possuem 916,5 km, os de segunda 383,2 km, os de terceira 238,8 km, os de quarta 135,2 km e os de quinta 91,5 km de extensão (Figura 2).

Na análise linear foram englobados os índices e as relações da rede hidrográfica, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. O Médio e Baixo curso do Rio Acaraú possuem cerca de 330 segmentos de primeira ordem, 102 de segunda, 30 de terceira, 09 de quarta e 02 de quinta. Sendo que os de primeira ordem tem comprimento médio da ordem de 2,78 km, os de segunda 3,79 km, os de terceira 8,23 km, os de quarta 15,02 km e os de quinta 45,74 km. Como pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1** - Análise linear da rede hidrográfica da bacia do Rio Acaraú, no trecho estudado.

Ordem	N° de Segmentos	Comp.	Comp. Médio	Relação de	RL <sub>m</sub>	R <sub>lb</sub>
		Médio (km)	dos Canais – Lm (km)	Bifurcação (Rb)		
1 <sup>a</sup>	330	916,5	2,78	-	-	-
2 <sup>a</sup>	102	383,2	3,79	3,26	1,36	0,42
3 <sup>a</sup>	30	238,8	8,23	3,48	2,17	0,62
4 <sup>a</sup>	9	135,2	15,02	3,22	1,82	0,56
5 <sup>a</sup>	2	91,5	45,74	4,5	3,04	0,67
<b>Total</b>	<b>473</b>	<b>1765,2</b>	-	-	-	-

Fonte: elaborado através da hierarquização dos cursos d'água.

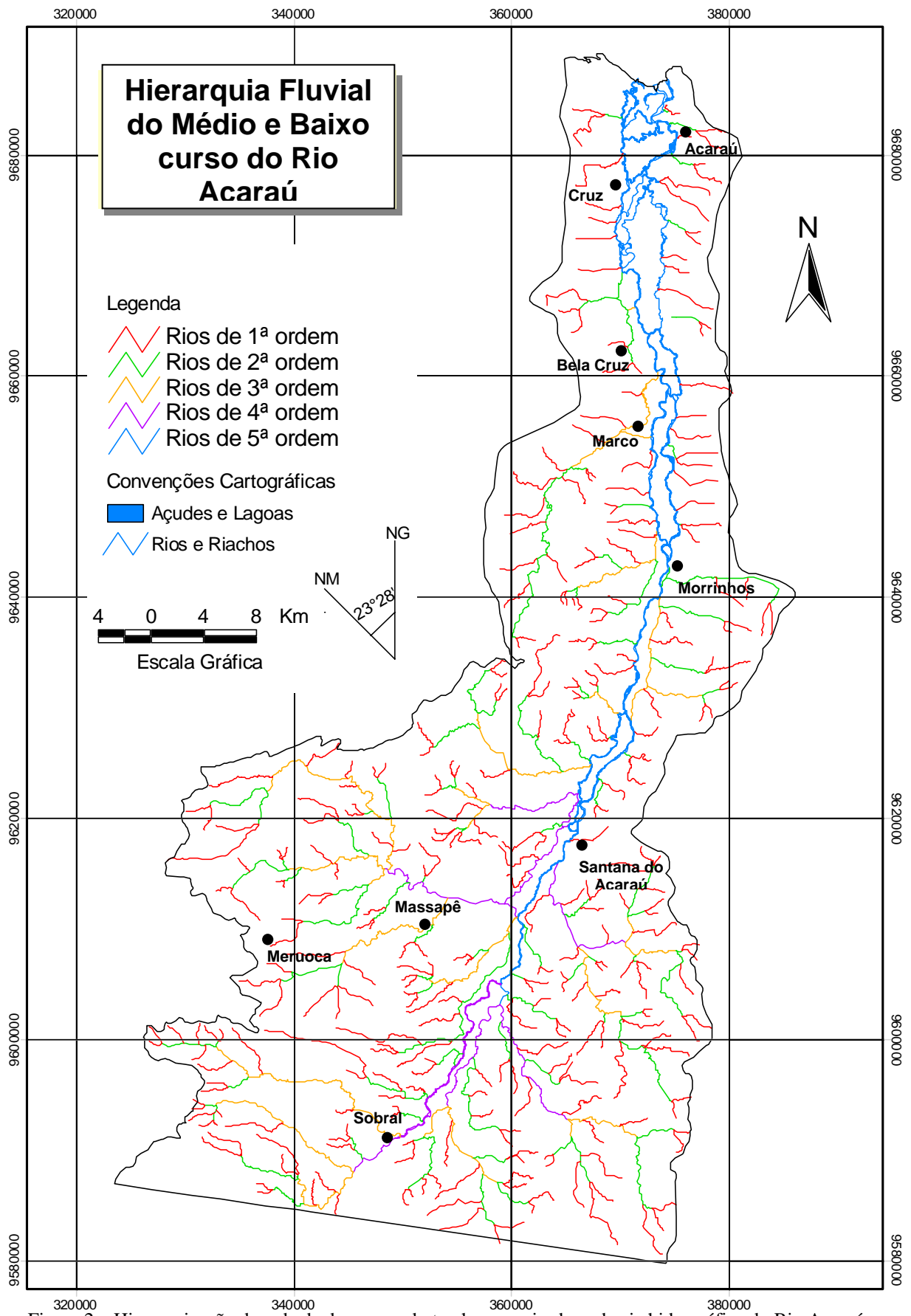


Figura 2 – Hierarquização da rede de drenagem do trecho pesquisado na bacia hidrográfica do Rio Acaraú.

O trecho estudado da bacia hidrográfica do Rio Acaraú possui 3100 km<sup>2</sup> de área total (A), o comprimento da bacia (L) é de 105,3 km, com o rio principal medindo 91,5 km no setor, sendo a sua forma aproximadamente retangular com índice de circularidade (Ic) de 0,28, com densidade dos rios (Dr) de 0,15 rios/km<sup>2</sup>, densidade de drenagem (DD), para efeito de cálculo, é da ordem de 0,57 km/km<sup>2</sup> e com coeficiente de manutenção (Cm) da ordem de 1754,4 km/km<sup>2</sup>, o resultado obtido diz a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento (Tabela 2).

**Tabela 2** - Análise areal da rede hidrográfica da bacia do Rio Acaraú.

<b>A</b> <b>(km<sup>2</sup>)</b>	<b>L rio</b> <b>(km)</b>	<b>L bacia</b> <b>(km)</b>	<b>Ic</b>	<b>Dr</b> <b>(rios/km<sup>2</sup>)</b>	<b>DD</b> <b>(km/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Cm</b> <b>(km/km<sup>2</sup>)</b>
3.100	91,5	105,3	0,28	0,15	0,57	1754,4

Fonte: elaborado através da hierarquização dos cursos d'água.

Horton (1945) formulou as leis da composição da drenagem formulando séries geométricas em relação ao número de canais de redes hidrográficas, bem como os comprimentos médios desses canais. A lei do número dos canais significa que numa determinada bacia hidrográfica a soma do número de canais de cada ordem forma uma série geométrica inversa, cujo primeiro termo é a unidade da primeira ordem e a razão é a relação de bifurcação (Rb). Strahler (1952) destaca que os valores característicos da relação de bifurcação ocorrem entre 3,0 e 5,0. Os respectivos valores encontrados na bacia ficaram entre 3,26 e 4,5.

A partir da soma do comprimento total dos cursos d'água (Lm) chegamos ao resultado de 1765,2 km de canais de escoamento superficial na bacia do Rio Acaraú. No que se refere ao cálculo da densidade de drenagem total da bacia (DDt), este reflete a propriedade de transmissibilidade do terreno e conseqüentemente a suscetibilidade deste a erosão Horton (1945). Uma área com um índice elevado de densidade de drenagem é resultante da baixa transmissibilidade do terreno e, portanto mais sujeita a erosão.

Para o valor encontrado de DD de 0,57 km/km<sup>2</sup>, para a bacia o índice representa um nível de escoamento superficial considerável, ou seja, o terreno não apresenta um bom grau de infiltração. De acordo com Christofolletti (1980), à medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem. Ao analisarmos a densidade de drenagem (DD) conheceu-se o potencial da bacia e de seus setores em permitir um maior escoamento superficial da

água, o que conseqüentemente conduzirá a uma maior intensidade dos processos erosivos na esculpturação de canais.

O índice de densidade dos rios ( $D_r$ ) tende a refletir as mesmas propriedades que o antecedente, porém oferece uma idéia mais clara sobre os processos de controle no desenvolvimento da rede hidrográfica, queiram naturais, ou artificiais. Em redes de canais naturais, sem controle estrutural, este índice é sempre superior ao de densidade de drenagem. Na área estudada este índice foi de  $0,15 \text{ rios/km}^2$ . Quando o valor de ( $DD$ ) é superior ao de ( $D_r$ ), denota um acentuado controle estrutural, alongando os comprimentos dos canais, o que reflete num menor número de canais, porém com comprimentos mais elevados.

O índice de circularidade ( $I_c$ ) o qual vai determinar a forma da bacia. Para a bacia estudada o valor encontrado foi o de  $0,28$ , sendo caracterizada como uma bacia de forma retangular, sendo assim mais estreita e alongada, possibilitando um maior escoamento superficial, mas não muito sujeita a enchentes. Miller (1953) menciona que o índice de circularidade representa a relação existente entre o perímetro da bacia e a área que possui. Ainda segundo o autor, o valor máximo a ser obtido é igual a  $1,0$  vai corresponder a uma bacia circular e quanto mais se afastar da unidade mais diferente da forma circular estará a bacia.

O comprimento do rio principal é de  $91,5 \text{ km}$ , no trecho, e sua amplitude altimétrica entre a altitude da foz e a do ponto mais alto do seu curso é de  $250 \text{ metros}$  (mínima de  $0$  e máxima de  $250 \text{ m}$ ), como pode ser visto na Figura 3.



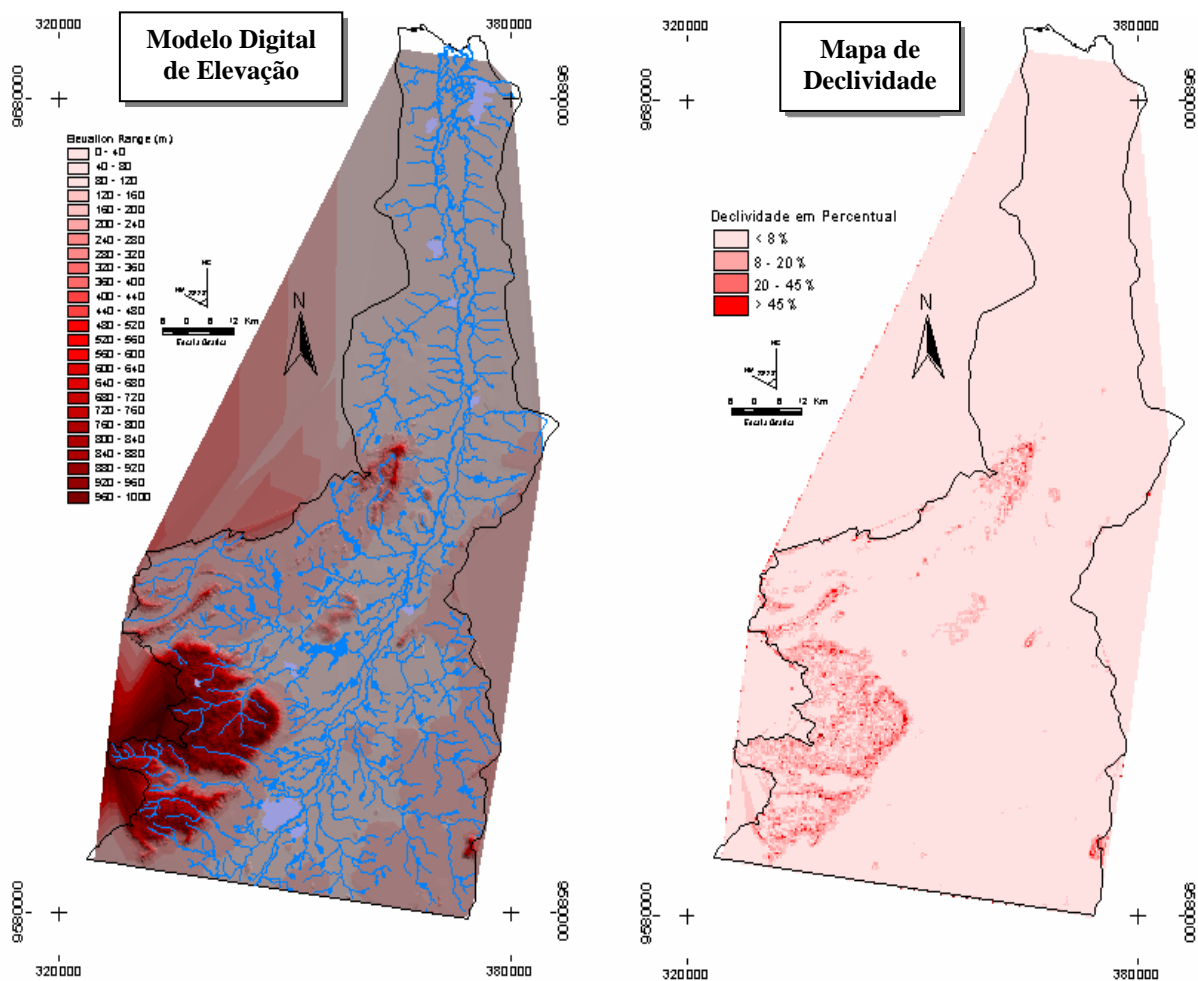


Figura 3 – Modelo Digital de Elevação e o Mapa de Declividade da área estudada.

A bacia é exorréica, pois o escoamento de suas águas se faz de modo contínuo até o oceano. Os padrões de drenagem são os do tipo dendrítico no Médio curso, chegando a apresentar padrões paralelo e anastomosado no Baixo. O primeiro tipo de drenagem assemelha-se a uma árvore e desenvolve-se em rochas de resistência uniforme ou em rochas estratificadas horizontais. Na paralela, os rios são pouco ramificados e são originados pelos controles estruturais. O anastomosado é caracterizado pelas planícies de inundação, constituindo-se de canais que se bifurcam e se confluem de maneira aleatória.

## CONCLUSÕES

O Modelo Digital de Elevação (MDE) apresentou-se como uma excelente ferramenta na execução de estudos geomorfológicos, oferecendo maiores detalhes e uma melhor percepção visual das formas de relevo, facilitando o cálculo dos parâmetros morfométricos. A análise morfométrica (areal e linear) apresentou resultados que facilitaram a compreensão de forma integrada dos processos hidrogeológicos da bacia

hidrográfica do Rio Acaraú. A partir de uma análise global propôs-se a hierarquização dos canais fluviais das sub-bacias do Médio e Baixo curso, onde se obteve que os mesmos possuem um número predominante de segmentos de primeira ordem sobre os de ordem imediatamente superior, cerca de 330, e somente 02 segmentos de quinta, que correspondem ao curso principal do rio. Representando cerca de 21,5% do total da bacia e área (A) drenada de 3.100 km<sup>2</sup>, o trecho estudado da bacia hidrográfica do Rio Acaraú apresentou uma amplitude altimétrica, entre a altitude da foz e a do ponto mais alto do seu curso, de 250 metros. Os terrenos da bacia não apresentam um bom grau de infiltração. Comporta-se como uma bacia de forma retangular, sendo assim mais estreita e alongada, possibilitando um maior escoamento superficial, mas não muito sujeita a enchentes, a exceção de estações chuvosas atípicas com índices pluviométricos bastante elevados como no ano de 2004. Portanto, o rio, no período de chuvoso, dispõe de mais água e necessita para tanto, de espaço para transportá-la e com isso invade as áreas urbanizadas causando sérios problemas às populações locais.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- CEARÁ. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**, 4v. Fortaleza, 1992.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2 ed. 1980.
- HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geol. Soc. America Bulletin (1945), 56 (3), pp. 275-370.
- MILLER, V. C. **A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area**. Technical Report (1953), (3), Dept. Geology, Columbia University.
- STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography**. Geol. Soc. America Bulletin (1952), 63, pp. 117-142.