

## ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA COSTEIRA: UM ESTUDO DE CASO

Enner Herenio Alcântara  
[ennerha@yahoo.com.br](mailto:ennerha@yahoo.com.br)

Alexsandro de Jesus Amorim  
[aamorim@yahoo.com.br](mailto:aamorim@yahoo.com.br)

Laboratório de Sensoriamento Remoto, Depto. Oceanografia e Limnologia  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

### RESUMO

*Os estudos relacionados com as drenagens fluviais sempre possuíram função relevante na Geomorfologia e a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão e à elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre. Sendo assim, a aplicação de um estudo morfométrico no rio Anil pode ser a base para um estudo mais detalhado de suas características geomorfológicas e sua relação com a hidrologia.*

**PALAVRAS CHAVE:** morfometria, drenagem fluvial, bacia costeira

### MORPHOMETRIC ANALYSIS OF COASTAL HYDROGRAPHIC BASIN: AN CASE STUDY

### ABSTRACT

*The studies related with fluvial drainings had always possessed excellent function in the Geomorphology analysis and hidrographic net can lead to the understanding and the briefing of numerous geomorphologicals questions, therefore the water courses constitute morphogenetic process of most active in the modeling of the terrestrial landscape. Being thus, the application of a morfometric study in the Anil River more be the base for a study detailed of geomorphological characteristics and its relation with the hydrology.*

**KEY WORDS:** morfometry, fluvial draining, coastal basin

---

### INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados com as drenagens fluviais sempre possuíram função relevante na Geomorfologia e a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão e à elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre. O presente estudo tem o objetivo de explorar a geomorfologia da bacia do rio Anil através de uma análise morfométrica do mesmo.

A rede hidrográfica, responsável pela drenagem de uma bacia, apresenta nas cartas topográficas

configurações ou arranjos espaciais dos canais fluviais que refletem a estrutura geológica (litológica e tectônica) e a evolução morfogenética regional. Essas configurações definem diferentes padrões ou modelos de drenagem básicos (*dendrítico, paralelo, retangular, treliça, radial e anelar*) e combinações de padrões.

A bacia hidrográfica ou a bacia de drenagem é constituída pelo conjunto de superfícies que, através de canais e tributários, drenam água de chuva, sedimentos e substâncias dissolvidas para um canal principal cuja vazão ou deflúvio converge numa saída única (foz do canal principal num outro rio, lago ou mar). As bacias hidrográficas são delimitadas pelos divisores de água e seus tamanhos podem variar desde dezenas de metros quadrados até milhões de metros quadrados. As bacias de tamanhos diferentes articulam-se a partir dos divisores de água, integrando um sistema de drenagem organizado hierarquicamente. Assim, dependendo da saída única que for escolhida, uma bacia pode ser subdividida em sub-bacias e microbacias de menor dimensão (Granell-Pérez, 2001).

### Materiais e Métodos

A área de estudo deste trabalho compreende a bacia hidrográfica do rio Anil a qual esta localizada no quadrante NW da ilha de São Luís – Ma (LABOHIDRO, 1980). A bacia do Rio Anil vem sofrendo com o grande adensamento populacional, com a conseqüente ocupação das áreas mais baixas, onde estão localizados os manguezais e a várzea, (Alcântara & Silva, 2003).

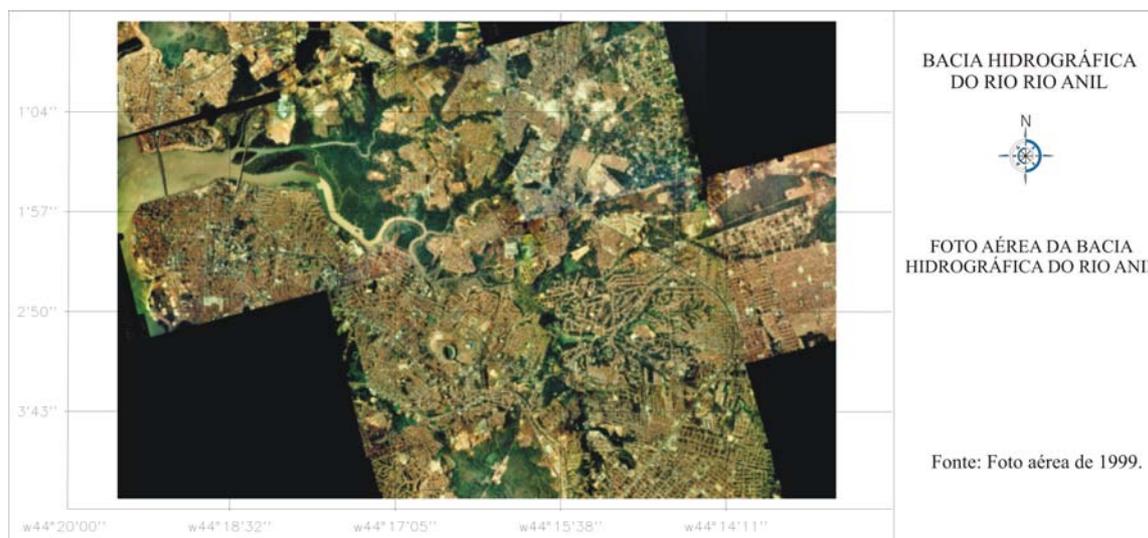


Figura 1 - Foto Aérea de 1999 da Bacia Hidrográfica do Rio Anil

Para fins didáticos o trabalho foi dividido em 3 etapas:

#### 1º Geração da base para o estudo

Nesse tópico se produziu primeiramente um modelo numérico de terreno (MNT) utilizando as curvas de nível contidas nas DSG (1980), as quais foram digitalizadas no Software AutoCAD Map® e depois procedeu-se a transferência para o Software Spring 4.0® em formato DXF onde foi possível gerar o MNT. Utilizando-se do MNT se realizou a confecção da rede de drenagem bem como sua classificação, e após, se realizou a hierarquia fluvial de acordo com a metodologia

proposta por Strahler (1952).

### 2° Análise Linear da Rede Hidrográfica

Na análise linear são englobados os índices e relações a propósito da rede hidrográfica, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. Podemos distinguir os seguintes:

a) relação de bifurcação: relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior, (Horton, 1945);

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (1)$$

onde  $N_u$  é o número de segmentos de determinada ordem e  $N_{u+1}$  é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

b) Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem: *em uma bacia determinada, os comprimentos médios dos canais de cada ordem ordenam-se segundo uma série geométrica direta, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem, e a razão é a relação entre os comprimentos médios:*

$$RL_m = \frac{Lm_u}{Lm_{u-1}} \quad (2)$$

na qual  $RL_m$  é a relação entre os comprimentos médios dos canais;  $Lm_u$  é o comprimento médio dos canais de determinada ordem, e  $Lm_{u-1}$  é o comprimento médios dos canais de ordem imediatamente inferior.

c) Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação: é um importante fator na relação entre a composição da drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas:

$$R_{lb} = \frac{R_{lm}}{R_b} \quad (3)$$

na qual  $R_{lb}$  é a relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação;  $R_{lm}$  é o índice do comprimento médio entre duas ordens subseqüentes e  $R_b$  é a relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subserquentes.

### 3° Análise Areal das Bacias Hidrográficas

Na análise areal das bacias hidrográficas estão englobados vários índices nos quais intervêm medições planimétricas, além de medições lineares. Podemos incluir os seguintes índices:

a) área da bacia (A): é toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal;

b) comprimento da bacia (L): várias são as definições a propósito do comprimento da bacia, acarretando diversidade no valor do dado a ser obtido;

c) relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia: permite que o comprimento geométrico do curso d'água possa ser calculado por (Christofolletti, 1969):

$$L = 1,5xA^{0,6} \quad (6)$$

onde L é o comprimento do rio principal, em km, e A é a área da bacia em km<sup>2</sup>.

d) forma da bacia: é a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro (Miller, 1953):

$$Ic = \frac{A}{Ac} \quad (7)$$

na qual Ic é o índice de circularidade; A é a área da bacia considerada e Ac é a área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada.

e) densidade de rios: é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica:

$$Dr = \frac{N}{A} \quad (8)$$

onde Dr é a densidade de rios; N é o número total de rios ou cursos de água e A é a área da bacia considerada.

f) densidade de drenagem: correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica:

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (9)$$

na qual Dd significa a densidade de drenagem; L<sub>t</sub> é o comprimento total dos canais e A é a área da bacia.

g) densidade de segmentos da bacia: é a quantidade de segmentos existentes em determinada bacia hidrográfica por unidade de área:

$$F_s = \frac{\sum ni}{A} \quad (10)$$

onde ni é o número de segmentos de determinada ordem: i= 1°, 2°....., enésima ordem; A é a área da bacia.

h) coeficiente de manutenção: fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, (Schumm, 1956):

$$Cm = \frac{1}{Dd} . 1000 \quad (11)$$

na qual Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é o valor da densidade de drenagem, expresso em metros.

## Resultados e Discussão

### 1° Análise das Bacias hidrográficas

A bacia hidrográfica do Rio Anil possui 33 km<sup>2</sup> de área e 31 km de perímetro. Sendo que o mesmo é de 4° ordem de acordo com a classificação de Strahler (1952). A sua altimetria varia de 5 a 60 m de altitude (cf. Figura 2).

Sendo que os seus rios de primeira ordem possuem 21.73 km, os de segunda ordem 8.18 km, os

de terceira ordem 7.40 km e os de quarta ordem 10.83 km de extensão (cf. Figura 3).

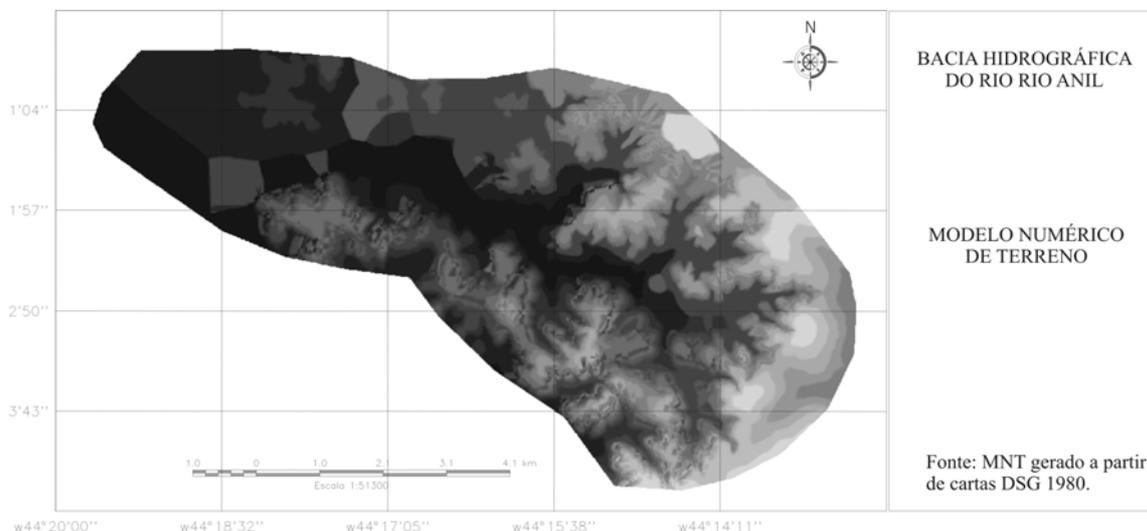


Figura 2 - Modelo Numérico de Terreno da Bacia hidrográfica do Rio Anil

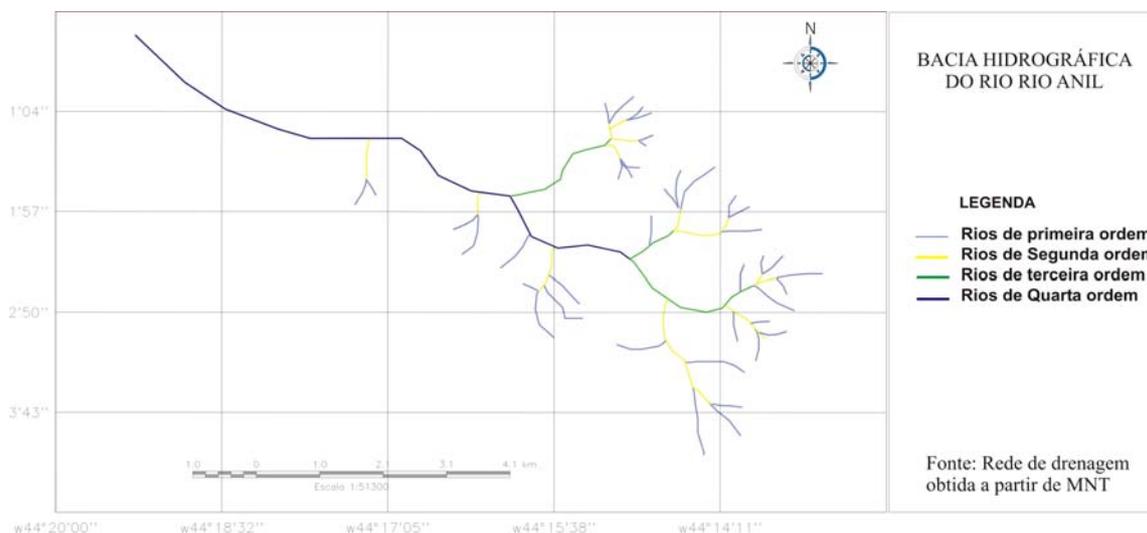


Figura 3 - Rede de drenagem da Bacia hidrográfica do Rio Anil

### 2º Análise Linear da Rede Hidrográfica

A bacia hidrográfica do Rio Anil possui 40 segmentos de primeira ordem, 12 de segunda, 3 de terceira e 1 de primeira ordem. Sendo que os de primeira ordem possuem um comprimento médio da ordem de 543 metros, os de segunda 682, os de terceira 2.467, e os de quarta ordem 10.836 metros. Como pode ser visto da tabela 1.

### 3° Análise Areal das Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica do Rio Anil possui 12,12 km de comprimento, com o rio principal medindo 12 km, sendo a sua forma aproximadamente circular, com uma densidade de drenagem da ordem de 1,47 km/km<sup>2</sup> e com um coeficiente de manutenção da ordem de 680,27 km/km<sup>2</sup>, como pode ser vista na tabela 2.

A bacia do Rio Anil vem sofrendo com o grande adensamento populacional, com a conseqüente ocupação das áreas mais baixas, onde estão localizados os manguezais e a várzea. A urbanização na bacia do rio Anil pode ter seguido o seguinte modelo:

Tabela 1

Análise linear da Rede hidrográfica da bacia do rio Anil

Ordem	N° de Segmentos	Comp. Médio (m)	R <sub>b</sub>	R <sub>Lm</sub>	R <sub>b</sub>
1°	40	543	3,33	1,25	0,37
2°	12	682	4	3,61	0,90
3°	3	2.467	3	4,39	1,46
4°	1	10.836	3,44	3,08	0,91

Tabela 2

Análise areal da bacia hidrográfica do rio Anil

A (km <sup>2</sup> )	L rio (km)	L bacia (km)	I <sub>c</sub>	Dr	Dd (km/km <sup>2</sup> )	F <sub>s</sub>	C <sub>m</sub> (km/km <sup>2</sup> )
32,54	12,12	12	0,44	1,72	1,47	2,04	680,27

#### a) Península

Em uma península, a ocupação urbana se dá no sentido das maiores cotas para as menores cotas, ocupadas respectivamente pelos bolsões da riqueza e de pobreza. Esta lógica pode ser comprovado acompanhando-se a evolução da cidade desde sua fundação até os dias atuais, na qual os primeiros núcleos urbanos se localizam nas partes mais altas da península, se estendendo para as partes mais baixas, comprometendo os manguezais, que são aterrados para comportar a população que cresce desordenadamente. Este padrão pode ser visualizado por todo centro da cidade e mais próximos dos bairros antigos.

#### b) Platô

A tendência da ocupação em um platô se dá onde a topografia é homogênea, ou seja, sem variações de declividade, o que propicia o espalhamento fácil da urbanização por estas regiões. A lógica do platô está na ocupação por casas de conjuntos (ou conjuntos habitacionais), incentivada pela proximidade das vias de acesso (corredores), o que ao mesmo tempo não gera adensamento populacional, já que ainda há muita área para expansão. Este padrão pode ser observado na bacia do Anil, nas regiões do Cohatrac, Cohab e distrito São Cristóvão, que se constituem como grandes conjuntos habitacionais dentro da bacia.

A bacia do Anil apresenta ainda um modelo de transição entre a ocupação de penínsulas e dos platôs; as áreas de várzes e talvegues - onde estão localizadas as nascentes do rio. A impermeabilização do solo, trazida pela expansão urbana, faz com que as cheias urbanas se agravem. A questão das cheias nada mais é do que a ocupação irregular do espaço. O rio, na época das chuvas, dispõe de mais água e necessita pra tanto, de espaço para transporta-la, e se a cidade ocupa esse espaço, o rio o utilizará de qualquer forma e invadirá as áreas urbanizadas. Esta situação pode ser bem visualizada hoje em bairros como o João de Deus e a Vila Izabel, que continuam a se expandir em direção às várzeas do rio.

### c) Terra firme

São áreas acima da cota 4 sem encharcamento ou hidroperíodo. Na bacia do Anil, os ambientes de terra firme podem ser representadas por capoeiras. A capoeira corresponde a uma vegetação de 5 a 10 m de altura, densas, representadas por cerca de 150 a 200 sp, de porte médio e arbustivas.

A capoeira representa apenas uma parcela dos 50% de vegetação que ainda existe na bacia, já que já está com 95% da área totalmente urbanizada.

O processo de urbanização em desenvolvimento na bacia do Anil alcança atualmente um recobrimento da ordem de 65,2% de toda a superfície dos solos disponíveis. A análise da sua distribuição espacial mostra este processo de urbanização que se estende lateralmente por todo o espaço disponível pela margem esquerda (correspondendo aos terrenos que compreendem desde o bairro da Praia Grande até o do Anil), além do setor extremo a noroeste pela margem direita (incluindo a faixa de terras entre a Ponta da Areia e o Renascença). Continua pela margem direita, avançando para sudeste acompanhando o traçado dos eixos viários principais, apresentando-se de forma contínua, alterando-se com espaços (ainda não ocupados), nos quais são encontradas feições da vegetação em diferentes estágios de degradação. Merecendo registro, o gradual acréscimo de áreas da planície flúvio-marinha (terrenos dos mangues), incorporadas por processos de aterro mecânico, que se distribuem pela área (Figura 4).

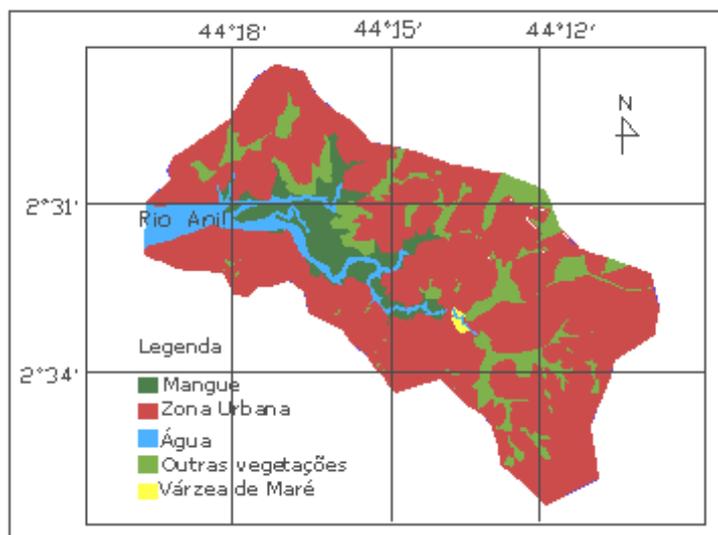


Figura 4: Mapa do estado do meio físico da bacia do rio Anil para 1999, (Alcântara & Silva, 2003).

### Conclusão

Em grande velocidade e proporção, a ocupação urbana tem-se acentuado sobre áreas em infraestrutura ou redes de serviços e equipamentos urbanos para receber tal expressão que tais contingentes populacionais provocam no contexto geral da ocupação regional, no caso, do contexto geral da ocupação regional, no caso, do contexto relativo ao espaço físico-geográfico, passando pelas estruturas urbanas até o meio ambiente – no qual destaca-se o recurso água. Quanto às interferências no espaço urbano, cabe lembrar que apropriações do espaço em tal

escala e velocidade têm efeitos prolongados e acima de tudo efeitos multiplicadores de degradação ambiental.

Sendo assim, de 1980 para 1999 a bacia de drenagem do rio Anil foi intensamente modificada pela crescente urbanização na bacia em estudo. Cabe aqui a proposta de realização de um estudo mais detalhado sobre as modificações na bacia de drenagem de 1980 a 1999.

#### REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, E. H. & SILVA, G. C. 2003. Conseqüências Ambientais da Intensa Urbanização da Bacia Hidrográfica do Rio Anil, São Luís – MA. In: *VI Congresso de Ecologia do Brasil*. Fortaleza – CE, Vol. VI, pp.271-271-273.
- CHRISTOFOLETT, A. 1969. Análise morfométrica de bacias hidrográficas, *Notícia Geomorfológica*, 9 (18), pp. 35-64.
- GRANELL-PÉREZ, M.D.C. 2001. Trabalhando geografia com as cartas topográficas. Ed. Unijuí: Ijuí, Rio Grande do Sul. p.128.
- HORTON, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology, *Geol. Soc. America Bulletin*, 56 (3), pp. 275-370.
- LABOHIDRO, 1980. Estudos Bioecológicos nos Estuários dos Rios Anil e Bacanga – Ilha de São Luis-MA. (Relatório parcial).
- MILLER, V.C. 1953. A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area, *Technical Report*, Dept. Geology, Columbia University.
- SCHUMM, S.A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, *Geol. Soc. America Bulletin*, 67, pp. 597-646.
- STRAHLER, A.N. 1952. Hypsometric analysis of erosional topography. *Geol. Soc. America Bulletin*, 63, pp. 1117-1142.