



¹ Eng^o. Agrônomo, Mestrando em Eng^a. Agrícola. Bolsista CNPq. Depto. de Eng^a Agrícola – CCA – UFC. Av. Mister Hull s/n, Campus do Pici, UFC, Fortaleza – CE. e-mail: cleniojario@gmail.com

² Eng^o. de Produção, Mestrando em Eng^a. Agrícola. Bolsista FUNCAP. Depto. de Eng^a Agrícola – CCA – UFC.

³ Tecnóloga em Rec. Hídricos/Saneamento Ambiental, Mestranda em Eng^a. Agrícola. Bolsista CNPq. Depto. de Eng^a Agrícola – CCA – UFC.

⁴ Eng^a Agrônoma, PhD. Departamento de Engenharia Agrícola – CCA – UFC.

⁵ Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Mestrando em Eng^a. Agrícola. Bolsista CNPq. Depto. de Eng^a Agrícola – CCA – UFC.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo realizar um comparativo entre os resultados obtidos pelo método manual e pelo SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), para delimitação de uma bacia hidrográfica e suas características fisiográficas. O estudo foi desenvolvido na microbacia do rio Santa Cruz pertencente à bacia hidrográfica do Parnaíba localizada no município de Crateús, Ceará. Os resultados apresentaram uma superestimativa por parte do modelo do SRTM dos parâmetros perímetro (100%), fator de forma (14,7%) e coeficiente de compacidade (60,28%) densidade de drenagem (39,15%), números de cursos (100%), comprimento de rede drenagem (75,36%), confluências (62,76%). O uso do método SRTM para a obtenção das características fisiográficas de uma bacia hidrográfica apresenta um maior detalhamento da área de estudo possibilitando um planejamento mais adequado para as bacias hidrográficas.

Palavras-chave: SRTM, bacias hidrográficas, fator de forma.

METHODS OF WATERSHED PHYSIOGRAPHIC CHARACTERISTICS DETERMINATION

ABSTRACT: This work was carried out to accomplish a comparative study among the manual method and the SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), for watershed delimitation and its physiographic characteristics. Study was developed in the Santa Cruz catchment, which belongs to the Parnaíba basin located in the Crateus County, State of Ceará. Results shown that there overestimation by of the models STRM parameters catchment.s perimeter (100%), form ratio (14,7%), coefficient of compactness (60,28%),

drainage density (39,15%) The number of streams (100%), drainage divide length (75,36%), confluence (62,76%). The SRTM presented a better details of the studied area making possible a more appropriate planning for the watersheds.

Keywords: SRTM, watershed, form factor

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (Silveira, 2001). A caracterização do meio físico da bacia hidrográfica, com o intuito de levantar todas as áreas críticas do ponto de vista da manutenção da água, é condição básica para um planejamento bem sucedido da conservação e produção de água (Costa et al., 2007).

A perfeita caracterização da bacia hidrográfica requer um detalhado levantamento acerca de características topográficas como área, forma, densidade da rede de drenagem, comprimento, declividade da bacia e do canal principal (Gregory & Walling, 1973, citado por Goldenfum, 2001). Os métodos convencionais de obtenção manual das características fisiográficas das bacias hidrográficas a partir de mapas topográficos são tediosos e intensivos em mão-de-obra, representando sempre um grande desafio mesmo para técnicos experientes (Garbrecht & Martz, 2000).

Nos últimos anos, diversos autores têm utilizado o Sistema de Informação Geográfica para caracterizar bacias hidrográficas (Leão et al., 2004; Costa, et al., 2007). Dentre as vantagens de se adotarem abordagens automatizadas para tais processos, destacam-se a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados que podem ser organizados e facilmente acessados sob a forma de base de dados digitais (Saunders, 1999).

O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo comparativo entre os resultados obtidos pelo método manual e pelo SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), para delimitação da bacia hidrográfica e a caracterização fisiográfica da bacia do rio Santa Cruz.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo foi escolhida a microbacia do rio Santa Cruz pertencente à bacia hidrográfica do Parnaíba localizada na microrregião do Sertão de Crateús, Estado do Ceará. Nesse estudo, utilizou-se dados do SRTM com resolução espacial de 92 metros, copiados da rede mundial de computadores diretamente do endereço <http://srtm.usgs.gov/data/obtainingdata.html>. O sobrevôo da SRTM ocorreu no período de 11 a 22 de fevereiro de 2000, onde foram percorridas 16 órbitas por dia, num total de 176 órbitas. O sobrevôo foi concluído com a coleta de 12 Tera Bytes de dados que vêm sendo processados para a formação MNT (Valeriano & Garcia, 2004). Utilizou-se para a determinação por meio do método manual um mapa altimétrico da área compreendida pela microbacia do rio Santa Cruz localizada na carta topográfica da SUDENE (Independência - SB-24-V-D-I) na escala 1:100.000 usadas para posterior comparação dos resultados.

Para tratamento e análise dos dados, foi realizado o delineamento da bacia que compõe a área abrangida pelo mapa do Modelo Numérico do Terreno - MNT utilizando o software Arcmap 9.1 através da extensão ARCHYDRO do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Ceará. O primeiro passo foi retirar as possíveis depressões dos dados SRTM. As depressões ocorrem em áreas contornadas por elevações com valores de cotas superiores, que pode ser associada a uma depressão. É o primeiro tratamento dado à matriz de altitudes, o qual consiste no preenchimento de pequenas depressões que possam ser originadas, erroneamente, no processo de montagem da MNT e da grade digital de elevação. Estas depressões ou *sinks* são consideradas impedimentos ao escoamento, quando da aplicação de modelos chuva-vazão, modelos sedimentológicos e de poluentes de origem difusa sendo preenchidas levando em consideração as altitudes dos pixels vizinhos (Mendes & Cirilo, 2001).

Em seguida, foram feitos os processos que possibilitaram a delimitação da bacia como: direção de fluxo de água, fluxo acumulado, sendo esse obtido somando-se a área das células na direção do escoamento (Mendes & Cirilo, 2001). A definição da rede de

drenagem foi feita a partir da direção do fluxo acumulado, enquanto que a do curso, dependente do valor mínimo de acumulação foi obtida com um total de 50 células devido à melhor justaposição com início do curso principal da carta topográfica da SUDENE. A geração das sub-bacias que compõem a bacia deu-se a partir dos trechos determinados automaticamente e a união dessas sub-bacias formam a delimitação da bacia de interesse.

Paralelamente, sobre o mapa altimétrico foi realizado o delineamento das bacias de forma manual, com a utilização de planímetro e curvímetro. Onde foram determinados os seguintes atributos: perímetro, área da bacia, número e comprimento de cursos, densidade de drenagem, comprimento e declividade do curso principal e maior e menor cota.

Após a obtenção dos dados, foi realizada a comparação numérica entre os valores dos dois diferentes métodos utilizados nesse trabalho, através de estimativa de erro.

O cálculo do erro absoluto foi obtido através da equação 1.

$$\text{Erro abs} = \text{SRTM} - \text{Manual}$$

(1)

Já o erro relativo, em porcentagem, foi obtido com a utilização da equação 2.

$$\text{Erro relativo} = \frac{(\text{SRTM} - \text{Manual})}{\text{SRTM}} \times 100$$

(2)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos atributos fisiográficos da microbacia do rio Santa Cruz estão dispostos na Tabela 1. Pela referida tabela verifica-se que os valores obtidos pelas duas metodologias possuem uma variação mínima quando são comparados os dados relacionados ao comprimento do rio principal, a maior e menor cota do rio e a área da bacia. As diferenças relacionadas às cotas podem ser explicadas pela subjetividade na determinação das curvas de nível quando da confecção do mapa altimétrico, como

também na interpolação realizada para determinação da altitude no método utilizando SRTM. No entanto, esta diferença torna-se irrelevante, quando se refere à adoção do tratamento ou manejo da bacia.

No atributo confluências, foi diagnosticada uma grande variação entre os dados dos dois métodos como mostra a Tabela 1, sendo que o método manual informa um valor subestimado. Este fato pode ser explicado por diferença entre as escalas trabalhadas nos dois métodos, sendo que o SRTM trabalha em escalas mais precisas.

Os atributos relacionados à forma da bacia (fator de forma e coeficiente de compacidade), indicam uma forma menos alongada da bacia quando submetida ao processo automático. Este resultado é comprovado quando se verifica que a bacia, delimitada pelo processo manual, apresentou uma variação maior no perímetro e menor para a área. Resultados semelhantes foram observados em estudo realizado por Costa et al. (2007).

Tabela 1 – Dados referentes aos atributos fisiográficos da microbacia do rio Santa Cruz para os diferentes métodos utilizados no estudo

	Unidades	Manual	SRTM	Erro Abs.	Erro %
Rio Principal	(km)	36,00	37,48	1,48	3,95
Maior Cota Rio Princp.	(m)	500,00	497,10	2,90	0,58
Menor Cota Rio Princp.	(m)	351,00	341,70	9,30	2,65
Área da Bacia	(km ²)	410,60	412,27	1,67	0,41
Confluências	uni	54,00	145,00	91,00	62,76
Perímetro da Bacia	(km)	95,40	140,94	140,94	100,00
Nº de Cursos	(und)	56,00	224,00	224,00	100,00
Comprimento da Rede de Drenagem	(km)	115,00	331,96	216,96	65,36
Densidade de Drenagem	(km.km ⁻²)	0,49	0,80	0,32	39,15
Declividade do Curso Principal	(m km ⁻¹)	0,41	0,42	0,00	0,15
Fator de Forma	(km ² .km ⁻²)	0,47	0,55	0,08	14,66
Coeficiente de Compacidade	(km. km ⁻¹)	1,32	1,94	1,17	60,38

Leão et al. (2004) obteve uma a diferença percentual entre as duas metodologias adotadas, para a maioria dos atributos, foi inferior a 10%. O referido autor comenta que as discrepâncias entre os resultados dos dois métodos, constantes da Tabela 1. Estas

diferenças são resultantes de uma certa dose de subjetividade tanto na determinação das curvas de nível quando da confecção do mapa altimétrico.

Analizando as Figuras 1 e 2, observa-se que a área obtida pelo método SRTM possui maior suavidade em seus traços de borda, ocasionando um melhor detalhamento da área fronteira.

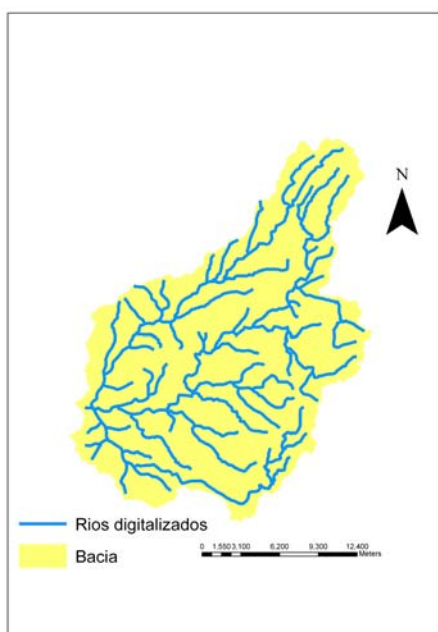


Figura 1 – Área da bacia obtida através do método manual

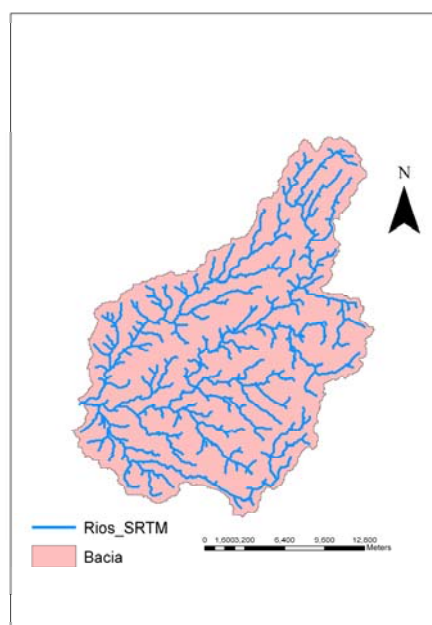


Figura 2 – Área da bacia obtida através do método SRTM

CONCLUSÃO

O uso do método SRTM para a obtenção das características fisiográficas de uma bacia hidrográfica apresenta um maior detalhamento da área de estudo possibilitando um planejamento mais adequado para as bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

COSTA, C.A.G.et al. Uso do SRTM para delimitação automática e caracterização fisiográfica de uma meso-bacia hidrográfica. In:Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 36., 2007, Bonito. **Anais...**Bonito: 2007.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L. W. Digital elevation model issues in water resources modeling. In: MAIDMENT, D.; DJOKIC, D. (Eds). **Hydrologic and hydraulic modeling support with geographic information systems**. Redlands: Enviromental Systems Research Institute, 2000. p 1-28.

GOLDENFUM, J. A. Pequenas Bacias Hidrológicas: Conceitos Básicos in: **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Org.: Paiva, J. B. D. e Paiva E. M. C. D. Porto Alegre: ABRH, 2001. Cap 1.

LEÃO, R. A. O., TEIXEIRA, A. S., ANDRADE, E.M., OLIVEIRA, F. Delimitação e caracterização automática de uma micro-bacia hidrográfica da Fazenda Experimental Vale do Curu - Pentecoste-CE. **Revista Ciência Agronômica**, Vol. 35, Nº.1, jan.-jun., 2004: 26 – 35.

MENDES, C. A. B., CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. cap. 2. p. 57-111.

SAUNDERS, W. Preparation of DEMs for use in environmental modeling analisys. In: ESRI INTERNATIONAL USERE CONFERENCE. **Proceedings...** San Diego: 1999.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

VALERIANO, M. M.; GARCIA, G. J. The estimate of topographical variables for soil erosion modelling through geoprocessing. In: International Congress of Photogrammetry and Remote Sensing, 33. Amsterdam, 2000. **International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing**. Amsterdam: ISPRS, 2000, v.33, part B, p.678-685.