II Congresso Internacional das
Ciências Agrárias
COINTER - PDVAgro 2017

AValiação DOS Índices MORFOMÉTRICOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEIXE-BOI, PA.

Apresentação: Comunicação Oral

Bruno Wendell de Freitas Pereira¹; Maria de Nazaré Martins Maciel²; Alessandra Danieli Miranda de Araujo³; Leandro do Rosário Silva⁴; Merilene do Socorro Silva Costa⁵

Resumo

Este artigo trata-se da modelagem e análise da caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, na microrregião Bragantina, nordeste do Estado do Pará. Para isso, utilizou-se técnicas de geoprocessamento e dados de Modelo Digital de Elevação (MDE) do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), obtidas no banco de dados TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A análise e delimitação da bacia hidrográfica e da rede de drenagem foram obtidas considerando-se ferramentas do software ArcGis 10.1, (módulo Hydrology). Com os resultados obtidos verificou-se que a bacia apresentou drenagem de 1.034 km² e o perímetro de 219,15 km, sendo caracterizada como uma bacia de grande porte. Apresentou um formato alongado e que juntamente com a avaliação de índices de relevo e hidrografia, mostrou-se pouco favorável a inundações, sendo classificada em 4ª ordem. A bacia apresenta baixa densidade de drenagem, elevada permeabilidade do solo, e pequena densidade hidrográfica, apresentando canais pouco sinuosos e com pequena declividade e bifurcação, e no que tange a hierarquia fluvial. Esses parâmetros possuem influência sobre o escoamento superficial e sobre o processo de erosão, que resulta em perda de solo, água, matéria orgânica e elementos da microfauna, que podem vir a provocar o assoreamento dos corpos d'água. Assim, espera-se que este estudo sobre as dinâmicas dos processos hidrogeomorfológicos possa contribuir para o manejo racional do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, visando dar subsídios às diretrizes básicas de ações ambientais sustentáveis

Palavras-Chave: rede de drenagem, sistema de informação geográfica, gestão de água.

Introdução

O estudo das redes hidrográficas, coloca-se na atualidade entre os setores mais dinâmicos no que se refere a avaliações de impactos da ação humana ao meio ambiente. Dessa forma, as bacias constituem-se em uma relevante unidade de área para planejamento integrado dos recursos naturais.

¹Doutor, Universidade Federal Rural da Amazônia, brunowendell@yahoo.com.br

²Doutora, Universidade Federal Rural da Amazônia, nazamaciel@yahoo.com.br

³Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, alessandra.dmda@gmail.com

⁴Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, leandrosilva65@gmail.com

⁵Doutora, Universidade Federal Rural da Amazônia, merilene.costa@ufra.edu.br

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente - SEMA do Estado do Pará,embasada pela Lei estadual Nº 6.381 e Lei federal Nº 9.433, os recursos hídricos de uma bacia hidrográfica são considerados unidades de planejamento e gestão, onde devem ser definidos seus limites e perímetro, para ao diagnóstico dos principais problemas, potencialidade ou necessidades que possibilitem um melhor conhecimento da real situação dos recursos hídricos.

Fundamentação Teórica

Ferrari et al. (2013), afirmam que quando se analisa uma bacia hidrográfica deve-se fazer comparações entre dados hídricos para determinar os valores de hidrologia, de maneira indireta. Neste sentido, a análise morfométrica aplicada em bacias hidrográficas é definida como vários procedimentos metodológicos que tem como orientação, a investigação e a compreensão científica dos componentes naturais de uma determinada bacia hidrográfica.

No apoio às ações de pesquisa, e de gestão de recursos hídricos, as geotecnologias definidas como o conjunto de tecnologias para a coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica, e os resultados de sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica (SIG),têm sido amplamente utilizadas e recomendadas (Lang & Blaschke, 2009).

Entre os dados de sensoriamento remoto que podem ser utilizados para o trabalho em bacias hidrográficas, estão os do Shuttle Radar TopographyMission (SRTM). Esses dados abrangem mais de 83% do globo terrestre e referem-se aos dados de altimetria, cujos locais onde os dados espaciais são escassos, os mesmos têm auxiliado em estudos do relevo e recursos hídricos.

No contexto da necessidade de correlação de diversas variáveis ambientais, o SIG mostra-se importante na agilidade de geração de informações e na síntese dos dados, bem como na representação cartográfica das informações geradas.Desta forma, o objetivo deste trabalho consiste em utilizar a geotecnologia,com ênfase nos produtos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento para realizar uma análise dos parâmetros morfométricos do relevo e da drenagem da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, no nordeste paraense. Para isso será elaborado um modelo de representação da bacia, em questão, e da confecção de mapas temáticos, visando com isso dar subsídios às diretrizes básicas de ações ambientais sustentáveis.

Metodologia

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Peixe-Boi (Figura 1) possui uma área de 1.044,32 km². Está localizada na Mesorregião do Nordeste Paraense, mais precisamente na Microrregião denominada Bragantina.

Figura 1. Delimitação espacial e da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi

Fonte: O autor

Como material inicial obtido para a realização deste trabalho foram utilizados os dados altimétricos SRTM/Topodata, com resolução espacial de 30 metros, obtidas a partir da grade vetorial no banco de dados do projeto Topodata do INPE (INPE/DPI, 2014), oriundos da interpolação por krigagem de dados SRTM. Foram utilizadas duas imagens (Cenas) do tipo Modelo Digital de Elevação (MDE) de números 00S48 e 01S48, articulada às cartas na escala de 1:250.000. Para fazer o mosaico das imagens, a delimitação da bacia hidrográfica e a extração da rede de drenagem foram utilizadas ferramentas do software ArcGis 10.1, especificamente o módulo Hydrology Modeling. Este trabalho teve natureza essencialmente qualitativa.

Procedimentos para delimitação da bacia e extração da rede de drenagem:

Seguindo a orientação de Dias et al., (2004), o processo de delimitação automática da bacia hidrográfica foi metodologicamente subdividido em quatro etapas, sendo: preenchimento de depressões (“fillsinks”), direção de fluxo (“flowdirection”), fluxo acumulado (“flowaccumulation”) e delimitação de bacias (“Watershed”).

Procedimentos para a caracterização morfométrica da bacia:

As relações morfométricas, a geomorfologia e o relevo propriamente ditos expressam a taxa de deflúvio, isto é, sobre o regime de produção de água, consequentemente sobre a taxa de sedimentação. O padrão de drenagem da bacia, ou seja, o caráter e extensão de seus canais vão exercer influência sobre a disponibilidade de sedimentos e a taxa de formação do deflúvio. A estrutura geológica também exerce influência e controle sobre as características físicas da bacia hidrográfica.

O processo de caracterização morfométrica foi delineado a partir de parâmetros geométricos, de relevo e de drenagem da bacia hidrográfica descritos segundo Tonello et al., (2006). A escolha dos parâmetros hidrológicos foi baseada nos trabalhos de Ferrari et al., (2013), sendo selecionados os mais recorrentes e relevantes aos objetivos deste trabalho.

Os parâmetros selecionados foram divididos em 3 categorias:

- Parâmetros Geométricos: Área de drenagem e Perímetro, Comprimento do eixo, Coeficiente de compacidade, Fator forma, e Índice de circularidade.
- Parâmetros de Relevo: Altitudes, Declividades, Amplitude Altimétrica, Relação de Relevo, Índice de Sinuosidade, Índice de Rugosidade, Textura Topográfica, e Fator Topográfico.
- Parâmetros da Rede de Drenagem: Comprimento do rio principal, Comprimento total da rede de Drenagem, Densidade de drenagem, Densidade hidrográfica, Densidade de Confluência, Relação de Bifurcação, Coeficiente de torrencialidade, e Ordem da Bacia.

Resultados e Discussão

A partir do processamento e análise dos dados de Modelo Digital de Elevação, obtidos pelos dados SRTM/TOPODATA (INPE), foi possível obter a delimitação da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, assim como a modelagem de toda a rede de drenagem que compõe esta bacia.

Foi verificado que a bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi possui uma área de 1.034 km², abrangendo um total de seis municípios, sendo que 43,55% de sua área pertencem ao município de Peixe-Boi, 7,42% ao município de Capanema, 5,61% Santarém Novo, 15,39% Nova Timboteua, 24,34% Bonito e 3,60% ao município de Primavera. E apenas um pequeno percentual de 0,09% pertence aos municípios de São João de Pirabas e Igarapé-Açu, o que fez com que tais municípios fossem desconsiderados nas análises. Os parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica de estudo podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Características morfométricas obtidas para a bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi

	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	UNIDADES	RESULTADOS
Parâmetros Geométricos	Área de drenagem (A)	Km ²	1034
	Perímetro (P)	Km	219,15
	Comprimento do eixo	Km	55,07
	Coeficiente de compacidade (Kc)	Adimensional	1,9
	Fator forma (Ff)	Adimensional	0,255
Parâmetros de Relevo	Índice de circularidade (Ic)	Adimensional	0,27
	Altitude máxima	m	85
	Altitude média	m	52,5
	Altitude mínima	m	20
	Declividade máxima	%	28,06
	Declividade mínima	%	0
	Declividade média	%	3,11
	Amplitude altimétrica (Hm)	m	65
	Relação de relevo (Rr)	m/Km	1,18
	Índice de sinuosidade (Is)	Adimensional	1,15
	Índice de rugosidade (Ir)	Adimensional	22,75
	Textura topográfica (Tt)	Adimensional	5,34
	Fator topográfico (Ft)	Adimensional	0,004
Parâmetros da Rede de Drenagem	Comprimento do rio principal (L)	Km	63,62
	Comprimento total da drenagem (Lt)	Km	369,72
	Densidade de drenagem (Dd)	Km ² /Km	0,35
	Densidade hidrográfica (Dh)	Curso/ Km ²	0,118
	Densidade de confluência (Dc)	Adimensional	0,06
	Relação de bifurcação (Rb)	Adimensional	4,1
	Coeficiente de torrencialidade (Ct)	Adimensional	0,041
	Ordem da bacia	Adimensional	4*

As discussões foram agrupadas em parâmetros Geométricos, de Relevo e de Drenagem, muito embora, em algumas situações, houve a necessidade de correlacionar fatores de diferentes

classes de parâmetros buscando elucidar avaliações morfométricas mais complexas da bacia hidrográfica em estudo.

Parâmetros Geométricos - Considerando os valores alcançados para os parâmetros morfométricos como Área de drenagem, Perímetro e Comprimento do eixo, verificou-se que a bacia em questão é considerada de grande porte, pois segundo classificação de Gadelha (2011), o valor do parâmetro Área de drenagem é muito superior a 26 km², o que já a classificaria como bacia de elevado porte.

A análise conjunta destes parâmetros demonstrou que bacia apresentou baixa suscetibilidade a enchentes, comprovado tanto pelo valor do Coeficiente de compacidade, superior a 1,5, quanto pelo Fator de forma, onde o valor foi menor que 0,5, conforme as classes propostas por Silva & Mello (2013). Esse fato deve-se a forma da bacia hidrográfica estudada ser mais alongada que circular, evidência esta obtida através do Índice de circularidade, onde valores menores que 0,51 demonstram a tendência da bacia em ser alongada.

Apesar dos valores do Kc e do Ff encontrados na bacia serem indicativos que a mesma possui forma alongada, como evidenciado na Figura 1, cabe lembrar que o número calculado independe da área considerada, e sim apenas da forma da bacia. Deve-se notar que o Kc se traduz pela relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de uma circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Para Cardoso et al. (2006), o parâmetro Kc associado à análise de outros índices pode mensurar a susceptibilidade a enchentes depende da proximidade do valor obtido da unidade, isto é, quanto mais próximo de 1, maior será o risco de ocorrências de enchentes.

Parâmetros de Relevo - Em se tratando de parâmetros de relevo, a altitude é um fator de muita importância, pois indica as variações topográficas da bacia. Neste trabalho observou-se uma Amplitude altimétrica de 65m, caracterizada por pequenas variações de altitude, sendo a Altitude Máxima de 85m nas áreas de nascente e a Altitude Mínima de 20 m na foz do rio, ficando a Altitude Média em 52,5m sendo que as maiores elevações foram encontradas nas bordas da bacia, mais especificamente na região extremo Sul (Figura 2). Segundo Tonello et al., (2006), a altitude média influencia diretamente na quantidade de radiação que a bacia recebe e, consequentemente, a evapotranspiração, temperatura e precipitação.

Estes valores se aproximam dos encontrados por Ferrari et al. (2013), na bacia do Córrego Alegre, que mesmo se tratando de uma bacia relativamente menor que a do Peixe-Boi, apresentou os mesmos fatores climáticos e padrão altimétrico relativamente plano, característicos da região nordeste do estado do Pará

Figura 2: Mapa altimétrico da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi.

Fonte: O autor

As classes de declividade geradas neste tema foram reclassificadas em cinco intervalos distintos adaptados de Crepani et al., (2001), como apresentado na Figura 3. O mapa trata-se de uma reclassificação da declividade em quatro classes, ao passo que a Tabela 3 apresenta as informações quantitativas associadas às classes de relevo. Observa-se que a grande parte da área da bacia corresponde às classes de relevo Muito baixo e Baixo (<6% de declividade), representando 84,38% da área total da bacia. A Declividade Máxima foi de 28,06%, a Declividade Mínima foi igual a zero e a Declividade Média encontrada para a bacia hidrográfica foi de 3,11%, sendo este valor condizente com o relevo pouco ondulado da região.

Figura 3: Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi.

Fonte: O autor

A declividade média da bacia ficou em 3,11% que é o valor mais representativo pra grande parte da Bacia. No que tange a declividade média sabe-se que ela expressa uma relação direta e complexa com os fatores infiltração, escoamento superficial, umidade do solo e a contribuição de água subterrânea ao escoamento do curso d'água. O valor encontrado Fator Topográfico para este estudo foi extremamente baixo 0,004, sendo assim a bacia apresenta baixíssima capacidade de enchente e com boa capacidade de escoamento. O resultado para o Índice de Sinuosidade de 1,15 indicou para os rios da bacia, principalmente para o rio principal, uma tendência a serem pouco sinuosos.

No que se refere ao parâmetro Relação de relevo de 1,18m/Km indica um escoamento bastante lento nos canais da Bacia. O baixo valor do Índice de rugosidade de 22,75, juntamente com o resultado do índice de Relação de relevo reforça a ideia de baixa possibilidade do evento de cheias exposta anteriormente. A Textura topográfica, indica o grau erosivo da área, sendo para Crepani et al., (2001), classificado de acordo com os índices de valores de drenagem: abaixo de 4,0 como de textura grosseira, entre 4,0 e 10,0 como de textura média e acima de 10,0 como sendo de textura fina.

Parâmetros da Rede de Drenagem - Para a realidade da área de estudo, os valores dos parâmetros Comprimento do Rio Principal e Comprimento total da rede de drenagem foram de 63,62km e 369,72Km, respectivamente. O comprimento do rio principal é um índice que compreende a distância que se estende ao longo do canal fluvial desde a desembocadura até uma determinada nascente no outro extremo. O critério utilizado para a determinação do comprimento do rio Peixe-Boi foi o estabelecido por Horton (1985), no qual o canal de ordem mais elevada corresponde ao rio principal, que neste caso é um canal de 4ª ordem (Figura 4).

Observa-se que os processos erosivos tendem a ser mais severos na região mais alta da bacia hidrográfica, que é formada basicamente pelos rios de primeira ordem, porém, pequenos tributários também possuem ação erosiva devido à alta energia por desenvolverem-se em áreas com as maiores declividades da bacia hidrográfica como visto na figura 4.

Figura 4: Mapa da Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi.

Fonte: O autor

A Densidade de drenagem de 0,35 Km/Km² foi considerada muito baixa, segundo a classificação de Crepani et al., (2001), com sistema de drenagem pouco desenvolvido, pois o valor encontrado foi menor que 0,5 km/km². Outro parâmetro que demonstra a baixa susceptibilidade da bacia em sofrer inundações pode ser verificado pela Densidade Hidrográfica de 0,118 Curso/Km², mostrando que existe aproximadamente um rio para cada dez quilômetros quadrados da bacia. É importante observar a correlação inversa existente entre a Densidade de drenagem e a Densidade hidrográfica, visto que, quanto mais canais existirem, menos extensos eles serão. A densidade

hidrográfica é um índice de grande relevância, pois indica se a bacia é bem servida de boa rede de canais ou não. Representa também o comportamento hidrográfico das bacias, uma vez que, em bacias com alta densidade hidrográfica, pode-se inferir uma maior capacidade de gerar canais, independentemente de suas extensões. Uma bacia é considerada bem drenada quando tem um canal por km² (Dias et al., 2004).

Conclusões

Os resultados obtidos nos permitem concluir que as geotecnologias apresentam ferramentas de fundamental importância para se extrair informações espaciais do meio físico para a caracterização e avaliação ambiental de bacias hidrográficas. Os produtos de sensoriamento remoto e as ferramentas de geoprocessamento mostraram-se eficientes na modelagem, identificação, análise, interpretação e quantificação de variáveis do relevo e drenagem da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi.

A bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi possui a forma alongada, evidenciando um menor risco de cheias em condições normais de pluviosidade anual. Apresenta relevo relativamente plano em sua maior área, pouco ondulado, uma amplitude altimétrica relativamente baixa, e drenagem caracterizada como baixa, com sistema de drenagem pouco desenvolvido e precipitação pluviométrica média anual elevada. Esses parâmetros têm grande influência sobre o escoamento superficial e sobre o processo de erosão e inundação e atestam que escoamento da água na bacia em questão é lento.

A drenagem da bacia apresenta padrão pouco sinuoso formado por reduzidos cursos d'água e tributários de relevância para a população local que utiliza da água para sua subsistência, com a utilização das margens para o plantio de hortaliças, o que contribui para o assoreamento dos canais. Faz-se necessário assim, estudo sobre o uso e cobertura do solo na área da bacia, assim como estudos sedimentológicos no rio principal, objetivando analisar a relação da ocupação das suas margens e do despejo de resíduos sólidos com casos de eventuais enchentes e poluição hídrica. Considerando o contexto em que se encontra esta bacia, os resultados alcançados nesse trabalho podem abrir novas perspectivas quanto a medidas de planejamento estratégico e gestão dos recursos hídricos da área em questão.

Referências

CARDOSO, C. A. PONTE, V. C. SANTOS, S. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan**, Nova Friburgo, RJ. Revista Árvore, v. 30, n. 2, p. 241- 248, 2006.

CREPANI, E. M.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.;

DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: 124 p. INPE, 2001.

DIAS, L.S.O.; ROCHA, G.A.; BARROS, E.U.A.; **Utilização do radar interferométrico para delimitação automática de bacias hidrográficas**. Bahia Análise & Dados, Salvador, v. 4, n.2, p.265-271, 2004.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F. **Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte Alegre, ES**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 8, n. 2, p. 181-188, 2013.

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 - IFET-PB. João Pessoa: 2011.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrophysical approach to quantitative morphology**. GeolSoc Am Bull. 56:275–370 (1945). Informe Agropecuário, Belo Horizonte. v. 11, n. 128. p. 55-69, ago. 1985.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/ DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS (INPE/DPI). **Topodata: banco de dados morfométricos do Brasil**. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acessado em Dezembro. 2014.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem (SIG)**. Ed. Oficina De Textos. 1ª Edição – p. 424 – 431, 2009.

SILVA, A.M.; MELLO, C.R. Apostila de Hidrologia. **Universidade Federal de Lavras**. In: Site: www.deg.ufla.br/Irriga%C3%A7%C3%A3o/ Disciplinas/ENG%20170/hidrologia_eng170.htm. Acesso em: 10 Julho 2013.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. **Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas Guanhães - MG**. Revista Árvore. Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p.849-857, 2006.