

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

Atendimento:
sodebras@sodebras.com.br
Acesso:
<http://www.sodebras.com.br>

GEOTECNOLOGIA APLICADA NA ANÁLISE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E REDE DE DRENAGEM: ESTUDO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MURUCUTU E AURÁ, BELÉM, PARÁ

LEONARDO SOUSA DOS SANTOS^{1,1}; CARLOS BENEDITO BARREIROS GUTIERREZ^{2,1}; ALTEM NASCIMENTO PONTES^{3,1}; ALERSSON ANTÔNIO DE ALMEIDA SOUZA^{4,2}; LUCIETA G.

MARTORAN^{5,3}; ORLENO M. SILVA JUNIOR^{6,1}

1 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO;
3 – EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

leonardocbmpa@yahoo.com.br; cbbg@ig.com.br; altempontes@hotmail.com; arlessouza@hotmail.com;
martorano.lucietta@gmail.com; orleno@ppe.ufrj.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar variáveis físicas das bacias do rio Murucutu e rio Aurá (BHMA) usando geotecnologias para subsidiar o uso e a conservação desses recursos hídricos. Foi utilizada imagem do “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) na modelagem e identificação de características físicas, bem como o uso de sistema geográfico de informação (SIG), técnicas de geoprocessamento, quantificação de áreas das bacias, redes de drenagens, hierarquias fluviais, área de influência de nascentes. As análises dos dados foram realizadas na ferramenta Q.Gis 2.8, versão “Wien”, integradas ao programa “Terrain Analysis Using Digital Elevation Models” (TauDEM). Os resultados evidenciaram que as bacias do rio Murucutu e do rio Aurá possuem 37% de área antropizadas. A bacia do rio Aurá possui maior cobertura florestal do que a bacia do rio Murucutu. A ordem hierárquica do rio Aurá é de 5º ordem e do Murucutu é de 4º ordem, evidenciando que o Aurá é mais extenso com maior ramificação dos canais em relação ao Murucutu. 34% das nascentes estão em áreas urbanas na bacia do rio Murucutu. Conclui-se que com a análise melhora-se o entendimento dos elementos físicos, em especial ligados à hidrografia como também, desenvolve-se um produto de importância substancial para estudos morfológicos, principalmente para subsidiar o gerenciamento e outorgas do direito de uso prioritários da água, controle de enchentes, potencial de abastecimento hídrico, vulnerabilidade ao processo erosivo, dinâmica de transporte de poluentes, principais vias de contaminação hídrica, entre outras aplicações diretas.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. SRTM. Delimitação Automática de Bacias. Análise Espacial.

I. INTRODUÇÃO

As geotecnologias atualmente devem ser encaradas como ferramentas que permitem viabilizar um grande número de aplicações para desenvolvimento de pesquisas, análises para ações de planejamentos, gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico (FITZ, 2008).

O uso de ferramentas computacionais, dados georreferenciados e imagens de sensores remotos a partir de fundamentos da geomática permitem entender a dinâmica espaço-temporal de variáveis biofísicas de uma região, como clima, solo, relevo, rede hidrográfica, uso e cobertura da terra.

A geotecnologia pode ser aplicada para diversas finalidades (SILVA, 2013). Os estudos de Assad e Sano (1998) destacavam a importância da obtenção de informações remotas e aplicação de sistemas de informações geográficos (SIGs) em análises ambientais. Conforme Bielenki (2012) essas ferramentas de análises geoespacial permitem identificar, modelar e analisar variáveis abióticas e bióticas de uma região.

Os sistemas de informação geográficos (SIG's) como: ArcGIS, GvSIG, QGis, Spring, TerraView, entre outros, possuem compatibilidade com Windows, Linux, MacOS, permitindo amplo uso e maior interoperabilidade. Estes sistemas utilizam um modelo georrelacional (ou arquitetura dual) que armazenam em suas tabelas os atributos referentes às variáveis de interesse. Conforme Santos (2009) as tabelas de atributos armazenam informações que permitem as representações geométricas de diferentes variáveis.

Em se tratando de recursos hídricos e bacias hidrográficas o uso de geotecnologias permite, por exemplo, identificar, modelar e integrar informações para subsidiar o gerenciamento e outorgas do direito de uso prioritários da água (consumo humano e dessedentação de animais) e irrigação, análises de potencial hidroelétrico, controle de enchentes, potencial de abastecimento hídrico, vulnerabilidade ao processo erosivo, dinâmica de transporte de sedimentos, principais vias de contaminação hídrica, condições de navegabilidade, locais propícios ao uso recreativo da água, entre outras aplicações diretas. Francisco et al. (2015) ressaltam que os conhecimentos das características físicas e estruturais de bacias hidrográficas, auxiliam também em análises de qualidade da água, ciclo hidrológicos, entre outros.

Os estudos de recursos hídricos têm sido intensificados diante da velocidade de degradação da qualidade hídrica. Conforme Batalha et al. (2014), o rio Tapajós apresentou locais com índice de qualidade da água (IQA) regular de acordo com os padrões internacionais, os quais foram correlacionados a parâmetros que expressam efeitos antrópicos. De acordo com Tucci (2006), a degradação hídrica compromete

inclusive o abastecimento de cidades em diferentes regiões do Brasil.

O objetivo deste artigo foi utilizar técnicas de geomática para caracterizar fisicamente as bacias hidrográficas do Murucutu e Aurá (BHMA), os quais integram a bacia do rio Guamá, na Região Metropolitana de Belém, no estado do Pará.

II. PROCEDIMENTOS

Para o referido estudo foi construída uma base de dados georreferenciados, com planos de informações, em escala de 1:55.000. Nessa etapa, utilizou-se o sistema de informação geográfica (SIG) Q.Gis 2.8, versão “Wien”, licenciado pela “General Public License” (GNU).

A base de modelo digital do terreno utilizada foi o “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) - Missão Topográfica de Radar Transportado, bem como imagens do Landsat-8 do sensor “Operational Land Imager” (OLI TIRS), ambas obtidas no portal do “Image courtesy of the U.S. Geological Survey” (USGS), no dia 02 de agosto de 2015 no formato “geotiff”.

A partir de dados SRTM foram extraídas informações de características físicas como: rede e ordem de drenagem, forma e capacidade da bacia hidrográfica, altimetria, perímetro, área e coeficiente de manutenção.

Segundo Brubacher et al. (2012), os dados de SRTM constituem uma alternativa viável em análise espacial na gestão de recursos hídricos, principalmente para extração de bacias, altimetria, drenagem e extensão dos rios. Foram utilizados neste trabalho os dados de SRTM aplicando o conjunto de ferramentas do programa “Terrain Analysis Using Digital Elevation Models” (TauDEM).

Vale ressaltar que o TauDEM é um algoritmo incorporado ao conjunto de ferramentas do Q.Gis para os processos de simulação hidrológica, incluindo redes de drenagens, comprimentos de redes de drenagem, pontos de drenagem, áreas, perímetros, bacias hidrográficas. Esses dados auxiliam na gestão, uso e manejo dos recursos hídricos representados em mapas digitais temáticos, passíveis de serem atualizados.

O levantamento das características físicas foi baseado na proposta de HORTON (1945), apresentada na literatura por CHRISTOFOLETTI (1980) e VILLELA & MATTOS (1975), que envolvem a determinação da densidade de drenagem, densidade hidrográfica, comprimento do rio principal, coeficiente de compactidade, fator de forma da bacia, sinuosidade, extensão do percurso superficial, relação de relevo, gradiente do canal principal e hierarquia da rede de drenagem.

Para a definição das ordens e hierarquias dos rios das bacias do Murucutu e Aurá, estabeleceu-se o método de classificação (hierarquia) de Strahler (1964), onde os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem; 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 segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de canais de terceira ordem, podendo receber tributários de ordens inferiores, assim sucessivamente.

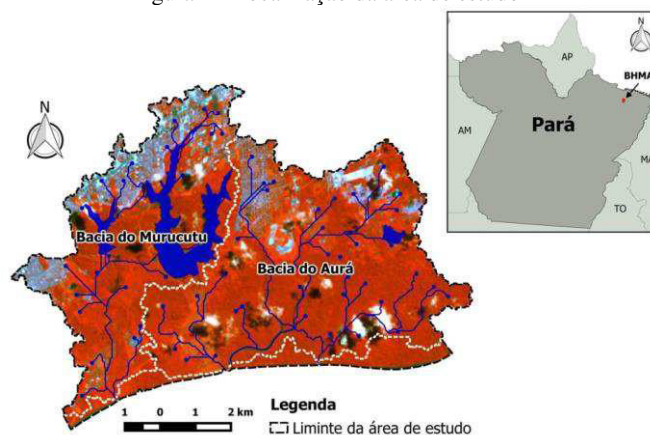
Foram elaborados mapas temáticos para representar espacialmente as bacias, redes de drenagens e uso e cobertura da terra, este último, usando informações disponíveis pelo TerraClass (INPE, 2010), onde fez-se o recorte e análise das bacias considerando o uso e cobertura da terra das bacias do Murucutu e Aurá (BHMA).

Utilizou-se o método de Diagrama de Voronoi ou de Thiessen para identificar as áreas de influência de cada nascente. Essa técnica é utilizada na identificação de zonas de influências delimitadas pelos polígonos cujas distâncias entre a fonte e ponto são os menores possíveis (OKABE, 1992). Segundo Moura (2003), o princípio do Diagrama de Voronoi auxilia na análise da distribuição de áreas segmentadas a partir da distribuição de pontos mais próximos.

A área de estudo formada pelas BHMA foi delimitada pelo retângulo envolvente, com coordenadas de latitude Sul: 783028; 796144 e longitude Oeste: 9837360; 9847104, usando o sistema UTM, Zona 22S.

Nessas duas bacias (Figura 1) estão localizadas duas importantes fontes de dinâmica hídrica, ou seja, Área de Proteção Ambiental de Belém (APA), onde está inserido o Parque Ambiental do Utinga contendo os Lagos Bolonha e Água Preta utilizados no abastecimento de água da região metropolitana de Belém e o aterro sanitário do Aurá, conhecido como “lixão do Aurá”, que pode ser uma fonte de dispersão de poluentes (GOUVEIA, GALVANIN E NEVES, 2013).

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: Primeiro autor

III. RESULTADOS

A análise da rede hidrográfica das BHMA configura-se como uma abordagem quantitativa e qualitativa através da utilização de ferramentas e produtos oriundos das geotecnologias, em especial aos sistemas de informações geográficas. As bacias hidrográficas Murucutu e Aurá, em estudo, apresentaram áreas de aproximadamente 27,40 km² e 37,43 km² respectivamente, representando 42% e 58% da área total que é de 64,83km². A diferença de área total do entre elas de 10,03km².

Embora as bacias não sejam extensas, elas apresentam importância ambiental devido sua proximidade com a área urbana e por também estarem inseridas no sistema ambiental do Parque Ambiental do Utinga, composto pelos Lagos Bolonha e Água Preta, responsáveis por parte significativa

do abastecimento de água da região metropolitana de Belém.

As bacias do Murucutu e Aurá possuem respectivamente 49.897,20m e 48.786,50m de perímetros, sendo a bacia do Murucutu mais extensa que a do Aurá que é menor 1.110,70m. Quanto aos números de canais identificados, foram 32 e 50 para cada bacia, representando um comprimento total de 37.009,63m e 50.762,34m respectivamente. A bacia do Aurá possui 18 canais a mais que a do Murucutu, sendo a diferença do comprimento total do curso d'água entre elas de 20.224,91m.

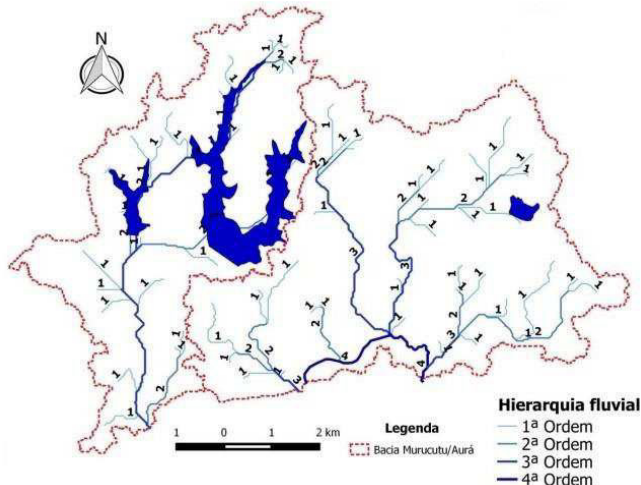
O rio Murucutu e o rio Aurá possuem 10.954,80m e 9.133,84m de comprimento, respectivamente, possuindo o rio Murucutu uma extensão de 1.820,96 m superior ao do rio Aurá.

As relações entre os comprimentos totais dos cursos d'água e as áreas das BHMA expressam que as duas bacias possuem densidade de drenagem de 1,11 e 1,35, respectivamente. Assim, essas bacias possuem densidade de drenagem regular, de acordo a classificação de VILLELA E MATTOS (1975).

Conforme a hierarquia da rede de drenagem, de acordo com a metodologia de Strahler (Figura 2) a bacia do Murucutu é de 3ª ordem, com 33 canais de 1ª ordem, 8 canais de 2ª ordem e 2 canais de 3ª. Já a bacia do Aurá é de 4ª ordem, com 28 canais de 1ª ordem, 6 canais de 2ª ordem, 3 canais de 3ª ordem e 1 canal de 4ª ordem.

Na Figura 2, também observa-se que a drenagem das BHMA são do tipo dendríticas, pois se assemelham à configuração de uma árvore, tipicamente ramificadas.

Figura 2 - Hierarquia fluvial das bacias do Murucutu e Aurá



Fonte: Primeiro autor

Os resultados apresentados na Tabela 1 evidenciam em razão do coeficiente de capacidade hídrica e o fator de forma das bacias hidrográficas que as duas bacias do Murucutu e Aurá que não possuem tendência à inundação e o fenômeno de cheias, conforme os valores comparados as condicionantes estabelecidas por (STIPP et al., 2010).

De acordo com os resultados dos coeficientes de manutenção de escoamento as áreas mínimas necessárias para a manutenção de um metro de canal nas bacias, foram de 900 m (Murucutu) e 740 m (Auré), respectivamente.

Tabela 1 - Dados obtidos das bacias hidrográficas dos rios Murucutu e Aurá

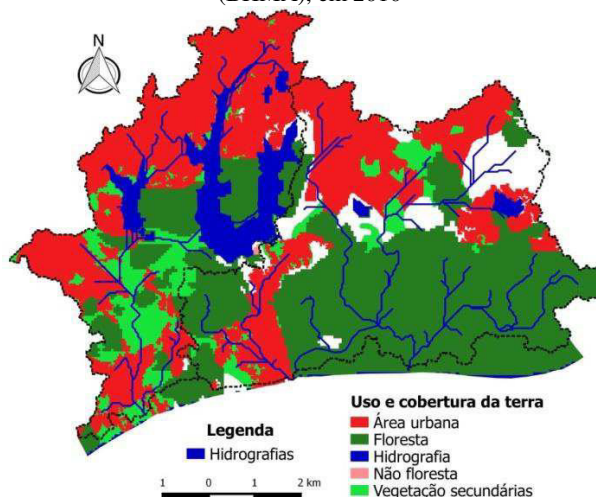
Características físicas	Unid.	Bacias	
		Rio Murucutu	Rio Aurá
Área da bacia	km ²	27,40	37,43
Perímetro da bacia	m	49.897,20	48.786,50
Número de canais	unid.	32	50
Coeficiente de compacidade (Kc)	-	2,68	2,23
Fator de forma (kf)	-	0,22	0,44
Comprimento do eixo principal da bacia	m	10.954,80	9.133,84
Comprimento total do curso d'água	m	30.537,43	50.762,34
Comprimento mínimo dos canais	m	169,61	46,26
Comprimento máximo dos canais	m	4.644,37	4.387,35
Médias dos canais	m	1.083,33	1.015,24
Mediana dos canais	m	693,47	766,23
Densidade de drenagem	-	1,11	1,35
Coeficiente de manutenção (Cm)	m	900	740
Ordem da sub-bacia	-	3ª	4ª
Números de nascentes	-	32	50
Altimetria máxima	m	39	31
Altimetria mínima	m	5	15
Amplitude altimétrica (Hm)	m	34	16

Fonte: Primeiro autor

A área total do Lago Bolonha utilizados no abastecimento de água da região metropolitana de Belém, inserido o Parque Ambiental do Utinga, são de 5.501,32 m² e Lago Água Preta é de 22.266,66 m², respectivamente.

As informações quanto ao uso e cobertura da terra, correspondentes ao ano de 2010 (Figura 3), indicam que existe diferença nas principais classes de uso, onde 16,03 km² das áreas nessas bacias estão representadas por várzea.

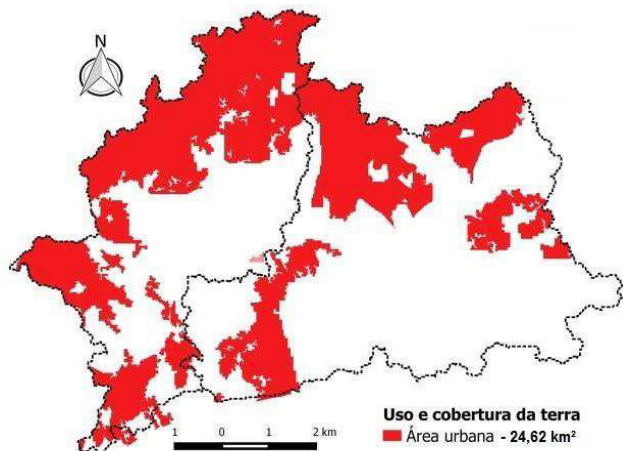
Figura 3 - Uso e cobertura da terra das Bacias Murucutu e Aurá (BHMA), em 2010



Fonte: Primeiro autor com base no TerraClass, 2010

Na Figura 4 é possível observar ao norte da BHMA que existem 24,62 km² ocupados pelo processo de urbanização. Praticamente 38% dessas bacias estão ocupadas por área urbana, apontando que o processo antrópico pode representar riscos quanto à conservação da qualidade hídrica dessas bacias se houver fragilidade no saneamento básico.

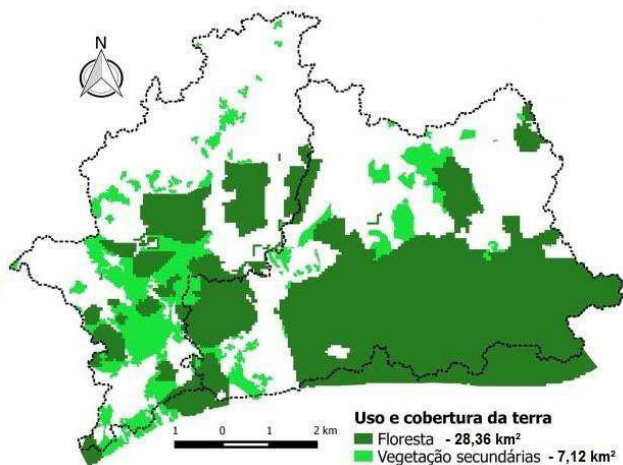
Figura 4 - Distribuição da área urbana das BHMA



Fonte: Primeiro autor com base no TerraClass, 2010

Na Figura 5, identifica-se que ao sul da BHMA as seguintes classes de cobertura: Floresta com 28,36 km² e vegetação secundária 7,12 km², correspondendo a 43,74% e 10,98% respectivamente.

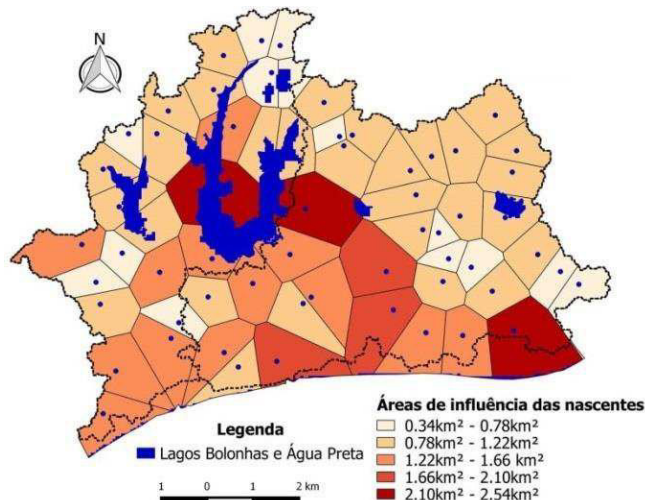
Figura 5 - Distribuição das principais classes de uso e cobertura da terra das BHMA



Fonte: Primeiro autor com base no TerraClass, 2010

A partir da análise dos polígonos de influência gerados pelos 82 pontos de nascentes das BHMA (Figura 6) foi possível identificar que as maiores áreas de influências de nascentes possuem cerca de 2 km² de extensão, sendo estas localizadas no lago Água Preta, reforçando que como a principal fonte de abastecimento hídrico da grande Belém.

Figura 6 - Área de Influência de cada ponto de nascentes da BHMA

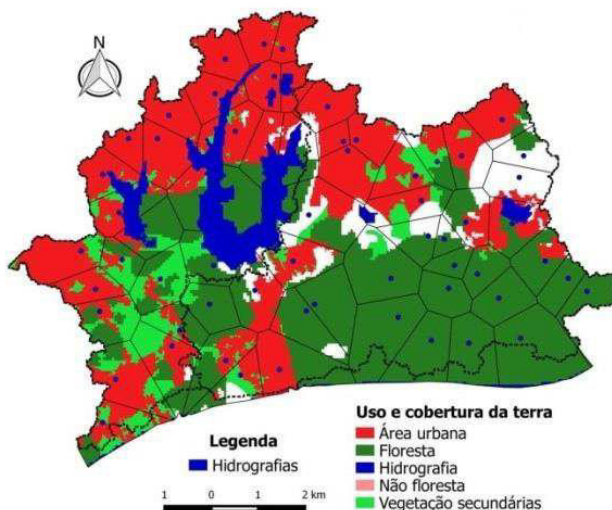


Fonte: Primeiro autor

Observou-se que 28 pontos de nascentes estão inseridos em áreas urbanizadas, as quais foram identificadas na Figura 7 pela cor vermelha. Existem 20 pontos de nascentes localizados em áreas com florestas, as quais foram representadas pela cor verde escuro, na Figura 7.

Vale informar que existem 6 pontos de nascentes em áreas com vegetação secundária, as quais estão representadas pela cor verde claro. Portanto, o maior percentual de pontos de nascentes, 34,14% está em área urbana, seguido de 24,33% em área de floresta e 7,31% em vegetação secundária.

Figura 7 - Área de Influência de cada ponto de nascentes e classes de uso e cobertura da terra das BHMA



Fonte: Primeiro autor

IV. CONCLUSÃO

- Com base nos resultados obtidos conclui-se que:
- As bacias do Murucutu e Aurá possuem suas nascentes, predominantemente em áreas urbanizadas, principalmente na bacia do rio Murucutu onde estão inseridos os lagos do Bolonha e Água Preta;

- A maior cobertura de floresta encontra-se na bacia do rio Aurá, onde funcionou o lixão do Aurá até 2015;
- As áreas de influência de nascentes com maiores extensões encontram-se na bacia do rio Aurá, onde exista o lixão;
- Apesar do lixão do Aurá ter sido desativado, em 05 de julho de 2015, ainda continua seu processo de degradação na bacia do Aurá, necessitando de maior atenção do poder público, principalmente visando conhecer melhor os impactos do chorume sobre sistema de drenagem e ecossistema local.
- No Murucutu predominam áreas com vegetação secundária;
- O rio Murucutu é mais extenso que o rio Aurá;
- O rio Aurá possui maior hierarquia de drenagem e maior número de canais do que o rio Murucutu;
- O crescimento urbano não planejado no Murucutu pode representar um aumento nos volumes de escoamento superficial, enchentes, erosões e assoreamento da macrodrenagem;
- O assoreamento da macrodrenagem no Murucutu também representar riscos quanto à conservação da qualidade hídrica dessas bacias se houver fragilidade no saneamento básico;
- Os resultados apresentados podem contribuir nas análises de problemas ambientais no Murucutu, onde está inserida Área de Proteção Ambiental de Belém;
- Em razão grande extensão e características físicas a BHMA é sensível a alterações, despertando a importância e a necessidade maiores estudos e pesquisas, a fim de identificar alterações que ameaçam o equilíbrio nesta bacia;
- Com a análise melhora-se o entendimento dos elementos físicos, em especial ligados à hidrografia como também, desenvolve-se um produto de importância substancial para proteção do meio ambiente e estudos morfométricos.
- Por fim, o estudo pode subsidiar estudos para gerenciamento e outorgas do direito de uso prioritários da água, controle de enchentes, potencial de abastecimento hídrico, vulnerabilidade ao processo erosivo, dinâmica de transporte de poluentes, principais vias de contaminação hídrica, entre outras aplicações diretas.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. rev. e amp. Brasília, DF: Embrapa – SPI / Embrapa – CPAC, 1998. 434p.

BATALHA, S. S. A.; et al. Condições físico-químicas e biológicas em águas superficiais do Rio Tapajós e a conservação de Floresta Nacional na Amazônia, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 9, n. 4, p. 647-663, dez. 2014.

BRUBACHER, J. P.; OLIVEIRA, G. G.; GUASSELLI, L. A.; LUERCE, T. D. **Avaliação de Bases SRTM para Extração de Variáveis Morfométrica e de Drenagem**. Geociência. (São Paulo) [online]. 2012, vol.31, n.3, pp. 381-393.

BIELENKI, J. **Geoprocessamento e recursos hídricos: aplicações práticas**. São Paulo. Educar. 2012. 257 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo / SP, Ed. Editora Edgard Blücher, 2ª. ed., 1980.

FRANCISCO, R.; FERNANDES, A.; LUZ, G.; MATOS, Z. **Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral**. Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. 380 p.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação**. São Paulo: Oficina do Texto, 2008.

GOUVEIA, R. G.; GALVANIN, E. A.; NEVES, S. **Aplicação do índice de transformação antrópica na análise multitemporal da bacia do córrego do Bezerra Vermelho em Tangará da Serra - MT**. **Rev. Árvore** [online]. 2013, vol.37, n.6, pp. 1045-1054. ISSN 0100-6762.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte: Ed. Da autora, 2003, 294p.

OKABE, A., BOOTS, B. and SUGIHARA, K., 1992. **Spatial tessellations: Concepts and applications of Voronoi diagrams**. New York: John Wiley & Sons.

SANTOS, L. S.; GUIMARÃES, L. H.; **Banco de dados geográfico aplicado à gestão de informação do Corpo de Bombeiros Militar do estado do Pará**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de pós-graduação em Geotecnologias: Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como requisito para a obtenção do Título de Especialista em Geotecnologias. Belém, 2009.

SILVA, Christian Nunes da. **A representação espacial e a linguagem cartográfica**. GAPTA/UFGA, Belém, 2013.

STRAHLER, Arthur N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, Ven Te (Ed.). **Handbook of applied hydrology: a compendium of water resources technology**. New York: Mc-Graw Hill, 1964. Section 4-II Part II, 4-39 – 4-75.

STIPP, Nilza Aparecida Freres; CAMPOS, Ricardo Aparecido; CAVIGLIONE, João Henrique. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – Uma contribuição para o estudo das ciências ambientais**. Portal de Cartografia das Geociências, v. 3, n. 1, p. 105-124, 2010.

TUCCI, C. E. M. **Curso de avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente / SQA. – Brasília: MMA, 2006.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.